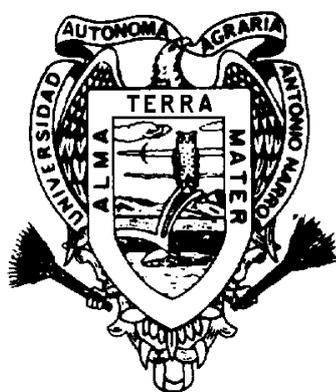


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



**Respuesta del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) a la Aplicación de Fósforo Foliar y en Riego Localizado en la Sierra de Arteaga, Coahuila.**

**Por:**

**ROBERTO ARTEAGA ALONSO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila. México.**

**Junio de 2005**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÒN DE INGENIERIA**

Respuesta del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) a la Aplicación de Fósforo Foliar y en Riego Localizado en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

Por:

ROBERTO ARTEAGA ALONSO

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

APROBADA POR:

Presidente del Jurado

Asesor

\_\_\_\_\_  
M.C. RICARDO REQUEJO LÓPEZ

\_\_\_\_\_  
DR. SERGIO JAVIER GARCÍA GARZA

Asesor

Asesor

\_\_\_\_\_  
M.C. LETICIA ESCOBEDO BOCARDO

\_\_\_\_\_  
M.C. ARMANDO RODRÍGUEZ GARCÍA

Coordinador Interno de la División de Ingeniería

\_\_\_\_\_  
DR. SALVADOR MUÑOZ CASTRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Junio de 2005

## AGRADECIMIENTOS

**Al M.C. RICARDO REQUEJO LÓPEZ por su valiosa participación en la realización de este trabajo, por sus sugerencias, sus puntos de vista.**

Al Dr. SERGIO GARCÍA GARZA por su valiosa colaboración y apoyo durante la realización de este trabajo.

Al M.C. ARMANDO RODRIGUEZ GARCÍA por su valiosa colaboración, apoyo y observaciones en la realización de este trabajo.

Al M.C. LETICIA ESCOBEDO BOCARDO por su colaboración y sugerencias aportadas en la realización de este trabajo.

Al Ing. BENITO CANALES y a la Empresa PALAÚ BIOQUIM S.A., por su apoyo y colaboración en esta tesis.

Al Sr. MIGUEL PEREZ. Por su apoyo durante la realización de este trabajo en campo.

Al Ing. JOSE LUIS DURAN por su apoyo y colaboración.

Al Ing. ALEXIS VERDUZCO por su apoyo y colaboración.

Al Ing. EDUARDO SANCHEZ por su apoyo y colaboración.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) sede “Saltillo” y a la fundación Produce de Coahuila, A.C. por el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto.

A mi Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), por prestarme la oportunidad de estudiar en sus Aulas y Departamentos para mi formación profesional y superación personal.

# DEDICATORIAS

## A Mi Madre

**María Lourdes, por su cariño y paciencia, y por darme la oportunidad de convertirme en un hombre de bien y en un profesional. Por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento aun en las circunstancias más difíciles y penosas, por su valor de ser padre y madre, por su ejemplo diario de tenacidad, responsabilidad, honestidad y de recordarme siempre quien soy y de donde vengo, y por enseñarme que hay que llegar a ser alguien importante en este sendero de penas y alegrías que llamamos vida.**

## A Mi Hermana

**Ana Leticia, por sus consejos y palabras de fe que me dan fuerza para seguir adelante, por todos los días que hemos disfrutado juntos en familia, por sentir el orgullo de ser su ejemplo a seguir. Por su admiración y respeto. Gracias.**

## A Mi Familia

A mis familiares maternos que sin ellos no hubiera entendido lo importante de estudiar y ser alguien, a mi Abuela Ana María, a mis tíos y mis tías, por sus consejos y su confianza. Gracias.

## A Mi Segunda Familia

A la Familia Salazar Cázares, a Doña Anita y Don Francisco, que me abrieron las puertas de su casa y me albergaron en su seno familiar, a Edgardo y Patricia, por compartir alegrías y tristezas.

## A Karina

**No intentes tocarme pues solamente te llenaras de amargura al saber que estoy lejos de tu alcance y estaras triste por que solo podrás admirar a este ^angelkaido^, pues lo único que me puede ayudar y**

**dar-me el valor de levantar el vuelo, es tu amor; ya que tus lagrimas devolverán la suave tersura a mis alas marchitas y me levantara como lo que siempre he sido; un ángel radiante, que regresara con todo el esplendor del sol, pero ahora lo haré contigo...juntos hasta la eternidad.**

**A Mis Compañeros.**

**De generación, a los Ingenieros: Vargas, Barrios e Isidro. A los C.C.I. (casi casi ingenieros), chaparro, el güero, Elías, Marquéz. A los de generaciones anteriores: gela, xochitl, pipo, memo, leonel, toro.**

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	xi

I. INTRODUCCIÓN.....	1
----------------------	---

<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>3</b>

II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
---------------------------------	---

2.1. PAPA.....	4
2.1.1. ASPECTOS GENERALES.....	4
2.1.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	4
2.1.3. IMPORTANCIA NACIONAL.....	5
2.1.4. IMPORTANCIA REGIONAL.....	6
2.1.5. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA.....	6
2.1.6. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	7
2.1.6.1. TALLOS.....	7
2.1.6.2. HOJAS.....	8
2.1.6.3. TUBÉRCULOS.....	8
2.1.6.4. RAÍZ.....	9
2.1.6.5. FLOR E INFLORESCENCIA.....	9
2.1.6.6. FRUTO.....	9
2.1.7. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO.....	9
2.1.8. REQUERIMIENTO EDÁFICO.....	9
2.2. SUELOS CALCÁREOS.....	10

2.3. FÓSFORO.....	11
2.3.1. ASPECTOS GENERALES .....	11
2.3.2. CICLO DEL FÓSFORO .....	12
2.3.3. FÓSFORO EN EL SUELO.....	13
2.3.4. FORMAS DE FÓSFORO EN EL SUELO.....	14
2.3.5. REACCIONES DE FÓSFORO EN EL SUELO .....	15
2.3.6. FIJACIÓN DE FÓSFORO EN EL SUELO.....	16
2.3.7. FÓSFORO EN PLANTA.....	16
2.4. FERTILIZACIÓN FOLIAR .....	17
2.4.1. FACTORES QUE AFECTAN LA ABSORCIÓN FOLIAR DE NUTRIMENTOS .....	18
2.5. RIEGO POR GOTEO Y FERTIRRIGACIÓN .....	18
2.6. MICORRIZAS.....	19
2.6.1. BENEFICIOS DE LOS HONGOS MICORRÍMICOS .....	20
2.6.2. BENEFICIOS PARA EL AGRICULTOR .....	21
2.6.3. PROBLEMAS EN LA UTILIZACIÓN DE MICORRIZAS.....	21
2.7. ALGAENZIMS.....	22
2.7.1. ALGAENZIMS INCORPORADO AL SUELO.....	23
2.7.2. ALGAENZIMS INCORPORADO FOLIARMENTE.....	24

2.8. ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS.....	24
2.9. NUTRI PHITE P + K.....	26
2.10. STARTTERFEED .....	26
2.10.1 VENTAJAS DEL STARTTERFEED .....	26
2.11. MAP TÉCNICO .....	27
<b>2.11.1. VENTAJAS DEL MAP TÉCNICO.....</b>	<b>27</b>
2.11.2. CARACTERÍSTICAS REPRESENTATIVAS .....	28
2.12. EFICIENCIA DE ABSORCIÓN DE FÓSFORO .....	28

<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
3.1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL .....	30
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA .....	30
3.2.1. SUELOS .....	30
3.2.2. TIPO DE CLIMA.....	30
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD .....	31
3.4. PREPARACIÓN DEL TERRENO .....	32
3.5. FECHA Y MÉTODO DE SIEMBRA .....	32
3.6. PARCELA EXPERIMENTAL.....	32
3.7. FERTILIZANTES UTILIZADOS .....	33
3.8. TRATAMIENTOS .....	33
3.9. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	34
3.10. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO .....	34
3.11. INSTALACIÓN DE LOS MEDIDORES DE HUMEDAD.....	34
3.12. RIEGOS .....	35
3.13. CONTROL DE MALEZAS .....	35
3.14. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	35
3.15. ANÁLISIS FOLIAR.....	35
3.16. COSECHA.....	35
3.17. VARIABLES A ANALIZAR.....	36
3.18. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	36
3.19. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	36
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>37</b>
4.1. RENDIMIENTO EXPERIMENTAL .....	37

4.1.1. RENDIMIENTO PRIMERA CATEGORÍA .....	38
4.1.2. RENDIMIENTO SEGUNDA CATEGORÍA.....	39
4.1.3. RENDIMIENTO TERCERA CATEGORÍA.....	40
4.1.4. RENDIMIENTO CUARTA CATEGORÍA .....	42
4.2. CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO FOLIAR .....	42
4.2.1. CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO FOLIAR (PRIMER MUESTREO).....	42
4.2.2. CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO FOLIAR (SEGUNDO MUESTREO) .....	44
4.3. KILOGRAMOS POR HECTÁREA DE FÓSFORO ABSORBIDO .....	45
4.4. EFICIENCIA DE FÓSFORO ABSORBIDO.....	48
4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	49
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>54</b>
6.1.BIBLIOGRAFÍA EN INTERNET .....	61
<b>VII. APÉNDICE .....</b>	<b>62</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag.
2.1. Valor de la producción en millones de pesos.....	5
2.2. Principales estados productores de papa.....	6
2.3. Composición del tubérculo de papa.....	8
2.4. Compuestos que existen a diferentes valores de pH y grado de solubilidad.....	15
2.5. Análisis garantizado del producto algaenzims.....	24
2.6. Análisis garantizado del producto nutri phite P + K.....	27
2.7. Análisis garantizado del producto starterfeed (Composición porcentual).....	27
3.1. Lista de tratamientos, concentración de los productos, forma de aplicación, dosis aplicada y número de aplicaciones. Ciclo P-V 2003.....	33
4.1. <b>Análisis de varianza para rendimiento de papas (1ª, 2ª y 3ª), variedad Gigant Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.....</b>	<b>37</b>
.....	
4.2. <b>Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa variedad Gigant (1ª, 2ª y 3ª). Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V</b>	<b>38</b>

2003.....

- 4.3. **Análisis de varianza para rendimiento (T/ha) de papa primera categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V** 38

2003.....

.....

- 4.4. **Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa de primera categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V** 39

2003.....

- 4.5. **Análisis de varianza para rendimiento (T/ha) de papa segunda categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V** 39

2003.....

.....

- 4.6. **Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa de segunda categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V** 40

2003.....

- 4.7. **Análisis de varianza para rendimiento (T/ha) de papa segunda categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V** 40

	<b>2003.....</b>	
	.....	
4.8.	<b>Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa de tercera categoría, variedad Gigant. Campo experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.....</b>	41
4.9.	<b>Análisis de varianza para rendimiento (T/ha) de papa cuarta categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.....</b>	41
	.....	
4.10.	<b>Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa de cuarta categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.....</b>	42
4.11.	<b>Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.....</b>	43
	.....	
4.12.	<b>Comparación de medias de datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra para</b>	

**variedad Gigant a los 82 días después de la siembra para 43**  
**cada uno de los tratamientos evaluados. Campo**  
**Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V**  
**2003.....**

- 4.13. Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de Fósforo foliar en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003..... 44
- 4.14. Comparación de medias de datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003..... 45
- 4.15. Análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003..... 46
- 4.16. Comparación de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003..... 46
- 4.17. Análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003..... 47
- 4.18. Comparación de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003..... 47
- 4.19. Eficiencia de absorción de fósforo en por ciento en el cultivo de papa

	variedad Gigant a los 82 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.....	49
4.20.	<b>Eficiencia de absorción de fósforo en por ciento en el cultivo de papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.....</b>	49
4.21.	<b>Costos de producción del cultivo de papa variedad Gigant en la región papera de Arteaga, Coahuila, Galeana y Navidad N.L. Ciclo P-V 2003.....</b>	50
	.....	
4.22.	<b>Análisis de relación costo beneficio del cultivo de papa variedad Gigant en la región papera de Arteaga, Coahuila; Galeana y Navidad N.L. Ciclo P-V 2003.....</b>	51
A.1.	Kilogramos de primera categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.....	62
A.2.	<b>Kilogramos de segunda categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.</b>	62
A.3.	Kilogramos de tercera categoría de papa para cada uno de los	

tratamientos Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.. 62

A.4.	Kilogramos de cuarta categoría de papa para cada uno de los tratamientos Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.....	63
A.5.	Concentración foliar de fósforo en por ciento a los 82 días después de la siembra.....	63
A.6.	Concentración foliar de Fósforo en por ciento a los 108 días después de la siembra.....	63
A.7.	Contenido de materia seca en gramos por planta a los 82 días después de la siembra.....	64
A.8.	Contenido de materia seca en gramos por planta a los 108 días después de la siembra.....	64

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Pag.
2.1	Diagrama de ilustración de una planta completa de papa.....	7
2.2	Ciclo del fósforo en el sistema suelo.....	12

## I. INTRODUCCIÓN

En México la papa se cultiva en 24 Estados debido a la diversidad de condiciones climáticas, es de los pocos países que disponen de tubérculo todo el año. Valdéz (1989), menciona que los principales Estados productores son: Estado de México, Puebla, Sinaloa y Veracruz que en conjunto aportan el 67 por ciento de la producción total. En cuanto a su uso de porcentajes del consumo en fresco que a corresponde a 70.8%; destinado a semilla, 19.0%; se exporta el 0.2% y se pierde el 10%.

Desde otra perspectiva, la superficie sembrada con semilla de alta calidad (certificada) ocupa un porcentaje ligeramente superior al 13 por ciento del área total de cultivo nacional, mientras que la papa de auto-abastecimiento (agricultura de subsistencia y de tecnología media) ocupa el resto de la superficie (87%).

Actualmente en México se siembran alrededor de 67 mil hectáreas, de las que se obtiene una producción aproximada de 1 millón 350 mil toneladas, mismas que permiten satisfacer las demandas del consumo interno. La papa ocupa el cuarto lugar en importancia superado solamente por los básicos (maíz, arroz y trigo). Entre las hortalizas solo el jitomate y el chile verde ocupan una mayor superficie, en cuanto a la producción es solo superada por el chile verde (Jiménez, 2004).

Cerca del 35 por ciento de la superficie nacional es sembrada con papa de variedades criollas o mejoradas, las cuales son cultivadas principalmente en las Sierras y Valles Altos de la Meseta Central de México en donde se ubica el mayor número de productores de papa en el país.

Los suelos que constituyen la zona papera de la región, (Sierra de Arteaga, Coahuila; Galeana, N.L.; Navidad, N.L) presentan características físico-químicas poco favorables para el desarrollo del cultivo de la papa como pH alcalino, altos contenidos de calcio donde éste reacciona con el fósforo disminuyendo su disponibilidad, así como la alta compactación con reducido espacio poroso.

El cultivo de papa en la región es de gran importancia, ya que actualmente se siembra una superficie anual de 6, 000 hectáreas, demanda una fuerte cantidad de mano de obra y se llegan a generar de 70 a 80 jornales por hectárea durante todo el desarrollo agrícola. El rendimiento de los suelos a pesar de la gran cantidad de insumos utilizados, está por debajo de 30 T/ha.

Los productores de esta región sabiendo que las condiciones de los suelos son las que limitan la producción de papa, están usando dosis de fertilización química muy elevadas, pero hasta ahora solo están logrando elevar el costo del cultivo y lo que es peor, están incrementando el aporte de sales al suelo (Esquivel, 1995).

El fósforo es el elemento que con mayor frecuencia resulta poco disponible para las plantas en suelos de uso agrícola, por lo cual, la aplicación de fertilizantes fosforados es necesaria para obtener un rendimiento satisfactorio en el cultivo de papa (Loya, 2003).

La respuesta del aporte de fósforo en cuanto a rendimiento puede ser grande, especialmente en suelos con bajo contenido de este elemento en los que se considera una aportación mínima de 200 Kg/ha de  $P_2O_5$ , necesitando incluso mayores cantidades en aquellos suelos que presentan problemas de fijación.

En la zona de Navidad N.L. y Sierra de Arteaga, Coahuila, se utilizan altas cantidades de fertilizantes fosforados para el cultivo de papa. Las técnicas de aplicación son en banda o línea, al momento de la siembra y los fertilizantes utilizados por lo general son granulados y poco solubles, esta forma de aplicación contrarresta de cierta manera el problema de la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Recientemente se ha iniciado la práctica de aplicar fertilizaciones fosforadas foliares o en el sistema de riego, con la finalidad de mejorar la eficiencia de aprovechamiento del fósforo por el cultivo de papa.

## OBJETIVOS

1. Determinar la eficiencia de aprovechamiento de fósforo por el cultivo de la papa variedad Gigant en el ejido Emiliano Zapata, Municipio de Arteaga, Coahuila.
2. Evaluar el rendimiento experimental total y por categorías (tamaño) de los tubérculos de papa variedad Gigant en los tratamientos de fertilización fosfórica foliar y al suelo.
3. Realizar un análisis económico para determinar la rentabilidad de cada tratamiento de fertilización.

## HIPÓTESIS

1. Los tratamientos de suministro de fósforo ha probar en el experimento generarán eficiencias de absorción diferentes.
2. El rendimiento experimental total y la producción de tubérculos de papa por categoría se asocian con las eficiencias de absorción de fósforo.
3. Los tratamientos de fertilización evaluados generarán relaciones costo – beneficio diferentes.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### **2.1. Papa.**

#### **2.1.1. Aspectos generales.**

La papa, (*Solanum tuberosum* L.) destinada a ser alimento fundamental y de gran importancia en la mayor parte del mundo es una planta anual. Candolle (1983), citado por Peña (1995), afirma que nadie puede dudar que la papa sea originaria del Continente Americano, lo que se necesita determinar es de que parte del vasto continente. Desde su lugar de origen, la papa ha sido llevada a casi todos los países del mundo (Juscafresa, 1966).

La papa, está considerada como uno de los alimentos más importantes del mundo y ha sido clasificada en cuarto lugar en importancia mundial debido a la elevada obtención de proteínas por superficie, ya que solo es superada por el trigo, maíz y arroz (Botello, 1993).

Por sus altos rendimientos por hectárea y sus características alimenticias, diversas naciones del viejo mundo incorporan su cultivo con el fin de evitar los rigores de las hambrunas entre sus pueblos.

Los primeros lugares donde se cultivó en forma extensiva en México fueron: los valles altos de la Meseta Central, Región de León, Guanajuato; Distrito de Guerrero, en el Estado de Chihuahua; y en Navidad, N.L. (Cumbres 1976) En la actualidad la mayor parte de los Estados de la República Mexicana son productores de papa.

La papa comercial corresponde a las especies *Solanum tuberosum* L., el género *Solanum* tiene alrededor de 2,000 especies extendidas sobre el mundo (Correl, 1952).

#### **2.1.2. Importancia económica.**

La papa es uno de los alimentos más importantes tanto en Europa como en América (Parsons, 1982). En la actualidad, es la hortaliza cuyo cultivo da mayor importancia por su alto rendimiento unitario, por su alto valor nutritivo y por el elevado contenido de carbohidratos, proteínas y vitamina C. (Sánchez, 1988) Bajo condiciones adecuadas, este cultivo tiene mayor contenido de nutrientes que los cereales. La papa sigue en importancia a la soya, la cual ocupa el primer lugar en cuanto a rendimiento de proteínas por hectárea, pero en cuanto a kilos de producción por hectárea, la papa proporciona mayor rendimiento que la soya (Parsons, 1982) .

La superficie destinada a este cultivo se justifica por el valor alimenticio del tubérculo, ya que ocupa el primer lugar en la producción de calorías diarias por unidad de superficie cosechada, considerando además que es una excelente fuente del grupo vitamínico E. (Agüero, 1977)

Cuadro 2.1. Valor de la producción en millones de pesos.

Año	1996	1997	1998	1999	2000
Papa	\$3, 112	\$2, 847	\$4, 068	\$5, 384	\$4, 926

Fuente: SAGARPA, 2001.

Por otro lado, se acentúa la demanda de mano de obra durante todo su desarrollo agrícola (70 a 80 jornales por hectárea). En algunos países europeos y en Estados Unidos presenta un consumo per cápita anual de 180 Kg. por año, (CIP, 1985). Para México se reporta un consumo per cápita de 16 Kg. (DGEA, 1982)

### **2.1.3. Importancia nacional.**

En México, la papa es la segunda hortaliza más consumida después del jitomate. Parga (1989), indica que México, con aproximadamente ochenta y cuatro millones de habitantes y una tasa de natalidad de 2.9 por ciento, no ha sido autosuficiente en alimentos básicos en los últimos quince años, por lo que tiene que depender de la importación para llenar las necesidades alimenticias de su población. La tendencia puede agravarse, puesto que la tasa de crecimiento agrícola (0.5% por año) es menor cinco veces que el crecimiento poblacional, reportado en 1989.

Cuadro 2.2 Principales estados productores de papa.

Estado	Ha	T/ha
Puebla	22, 756	6.8
Edo. De México	11, 102	13.0
Veracruz	9, 935	11.3
Chihuahua	6, 625	10.7
Sinaloa	4, 466	21.0
Tlaxcala	2, 161	13.2
Michoacán	2, 084	16.7
B.C.N.	1, 683	26.0
Sonora	1, 583	22.7
Guanajuato	1, 294	17.0
Nuevo León	3,692	30.2
Coahuila	2,308	31.4

Fuente: infoacerca, 2003

#### 2.1.4. Importancia regional.

Particularmente en los Estados de Coahuila y Nuevo León se siembran aproximadamente 6, 000 hectáreas con un rendimiento medio comercial de 30 T/ha, los rendimientos más altos que se reportan de la zona son de hasta 45 T/ha y solamente lo obtienen los agricultores altamente tecnificados. Económicamente la papa se considera como uno de los cultivos más remunerables y beneficiosos (Edmond, 1976).

#### 2.1.5. Clasificación botánica (Báez, 1983).

Reino: Plantae.

Sub-reino: Embryophyta.

División: Spermatophyta.

Clase: Angiospermae.

Orden: Tubiflora.

Familia: Solanaceae.

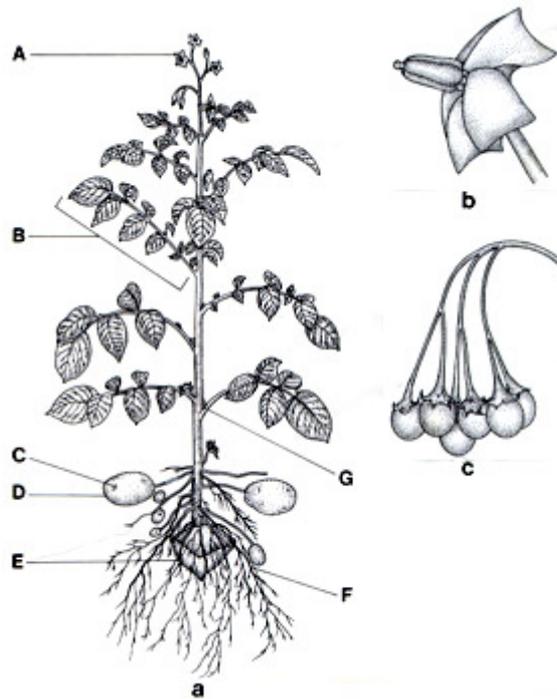
Tribu: Solaneae.

Género: *Solanum*.

Especie: *tuberosum*.

### 2.1.6. Descripción botánica.

La papa es una planta suculenta, anual en su parte aérea, herbácea, dicotiledonea. Es potencialmente perenne, debido a su habilidad de reproducirse vegetativamente por medio de tubérculos (Campos, 1989).



<http://www.apsnet.org>

Figura. 2.1. Diagrama de ilustración de una planta completa de papa (a): A.- Inflorescencia., B.- Hoja compuesta., C.- Ojo., D.- Tubérculo., E.- Pieza de papa usada como semilla., F.- Raíz., G.- Yema.; b) Flor.; c) Fruta.

#### 2.1.6.1. Tallos.

Los tallos son de dos tipos: aéreos y subterráneos; los tallos son de sección angular, huecos y ramificados, son de color verde oscuro en ocasiones con coloraciones rojizo violáceos.

Los tallos subterráneos se forman por estolones y tubérculos, los cuales son depósitos de sustancias amiláceas (almidón) provistos de yemas, donde la forma,

tamaño, número y color de éstos varía de acuerdo al suelo, clima y variedad (Tamaro, 1981).

El tallo aéreo es de tipo herbáceo, erecto en sus primeras etapas de desarrollo. Posteriormente se expanden los diversos tallos. Alcanzan una altura de cuarenta a setenta centímetros o más. Por lo general, se producen tallos axilares, considerándose un promedio de ocho tallos por planta como aceptablemente bueno (Tamaro, 1981).

### **2.1.6.2. Hojas.**

Las hojas son compuestas imparipinadas, (alternadas) formadas por folíolos largos de forma ovoide. La forma, el tamaño y el ángulo de inserción de las hojas en el tallo varían según la especie y la variedad.

### **2.1.6.3. Tubérculos.**

El tubérculo es un tallo altamente adaptado, organizado para el almacenamiento de alimento y para reproducción vegetativa, para lo cual están previstas las yemas y lenticelos. La formación del tubérculo empieza aproximadamente al finalizar o coincidiendo con la primera floración de la planta. En estos períodos es muy importante que no falte el agua, ya que produciría crecimiento irregular del tubérculo (Campos, 1989).

Cuadro 2.3. Composición del tubérculo de papa.

materia seca.	15 – 36%
almidón. (féculas)	10 – 30%
azúcares.	0 – 5%
pentosas.	1%
proteínas y aminoácidos.	0.6 – 3.5%
lípidos. (grasas)	0.1%
cenizas.	0.6 – 1.1%

Fuente: <http://www.apsnet.org>

Las partes más importantes de la papa son las ramas subterráneas de los rizomas estoloníferos, que al engordar forman los tubérculos, estos constituyen la parte comestible de la planta. Estos tubérculos contienen riquezas alimenticias de reserva en

forma de almidón y proteínas, los cuales proporcionan nutrientes que dan lugar a una nueva planta al año siguiente (Parsons,1982).

#### **2.1.6.4. Raíz.**

La papa tiene un sistema radicular fibroso. Si la planta ha nacido del tubérculo, tendrá un sistema radicular fibroso consistente de raíces adventicias formadas en grupos de tres, justamente arriba de los nudos del tallo subterráneo. Aunque la mayor parte del sistema radicular ésta localizado en los primeros treinta centímetros de profundidad, las raíces pueden penetrar más de un metro del suelo (Loya, 2003).

#### **2.1.6.5. Flor e Inflorescencia.**

La inflorescencia es cimosa y normalmente dividida en dos ramas. Las flores son bisexuales y completas. El cáliz y la corola son pentameras, puede ser de distintos colores e intensidades, el androceo consta de 5 estambres y el gineceo de un solo pistilo. El ovario es súpero y bilocular.

#### **2.1.6.6. Fruto.**

El fruto es una baya pequeña normalmente esférica y de color verde, en cuyo interior se encuentran semillas planas, ovaladas y más pequeñas que las de tomate. Puede haber cerca de doscientas semillas contenidas en una baya.

#### **2.1.7. Requerimiento climático.**

El principal factor climático que interviene en el crecimiento y los rendimientos es la temperatura. La planta de papa prospera mejor en tiempo uniformemente fresco. En general, la variación de temperatura óptima se considera que está entre 7.2°C y 18.3°C, con una media de aproximadamente 15.5°C. (Edmond, 1976)

#### **2.1.8. Requerimiento edáfico.**

El suelo ideal para su desarrollo es un suelo profundo y bien drenado, franco limoso o areno limoso (Loya, 2003). Este tipo de suelos puede almacenar mucha agua sin presentar encharcamientos, son fáciles de trabajar y duran produciendo mucho tiempo (Campos, 1989).

Richard, (1954), citado por Villa (2004), indica que la papa está clasificada como tolerante a la acidez, teniendo valores de pH de 6.5 a 5.0. Es una hortaliza tolerante a la salinidad, con valores que van de 4 a 10 mmhos.

La papa prefiere suelos permeables que compactos; aunque se da en todos los suelos, se obtienen producciones mayores en los ligeros, pero siempre que contengan cantidad adecuada de elementos nutritivos. En suelos arcillosos, calizos o húmiferos los tubérculos que se obtienen de estos son de gran desarrollo, pero resultan insípidos y se conservan mal (García, 1959).

## 2.2. Suelos calcáreos.

Los suelos calcáreos contienen grandes cantidades de calcio intercambiable y limitadas cantidades de caolinitas u óxidos hidratados de hierro y aluminio, en los cuales el calcio juega un papel dominante en la solución del fosfato (Burd, 1948).

El suelo funciona como fuente de alcalinidad de aquellas sustancias que al reaccionar con el agua originan iones hidroxilo ( $\text{OH}^{-1}$ ), el  $\text{Al}^{+3}$  y  $\text{H}^{+1}$  absorbidos por el complejo de cambio y se reemplazan por elementos alcalinos y alcalino térreos, como calcio, magnesio, potasio y sodio. La concentración de  $\text{H}^{+1}$  en la solución del suelo disminuye y aumenta la concentración de  $\text{OH}^{-1}$  por medio del equilibrio que existe entre el complejo de cambio y la solución del suelo. Cuanto mayor es la participación de los elementos alcalinos y alcalino térreos en la cubierta del complejo, mayor será el pH del suelo (Fassbender, 1980).

Los principales problemas que se presentan en los suelos calcáreos cultivados, están relacionados con la disponibilidad de ciertos nutrimentos para las plantas. Los elementos que normalmente presentan baja disponibilidad en estas condiciones son: fósforo, hierro, zinc, magnesio, cobre y boro (Mortvedt, 1983; Rusell y Rusell, 1986; Sprague, 1964).

Rone y Cajuste (1980), citados por Loya (2003), mencionan que la disponibilidad del fósforo en suelos calcáreos es baja debido a que el  $\text{CaCO}_3$  produce inmovilización temporal o permanente de ion fosfato; los fosfatos aplicados en fertilizantes son cambiados a formas menos solubles, debido a la precipitación y adsorción.

### **2.3. Fósforo.**

#### **2.3.1. 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 mas frecuencia a una falta de fósforo que a la deficiencia de cualquier otro elemento, a 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).

El fósforo procede de las rocas ígneas y de los meteoritos en los que se encuentra como apatita cristalina. El contenido de estas rocas puede variar desde el 0.2%  $\text{P}_2\text{O}_5$  (granular) hasta el 30%  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Kola-apatitas). En las rocas sedimentarias se producen depósitos que constituyen los yacimientos de fosforita o fosfato roca cuya explotación es el origen de la fabricación de los fertilizantes fosfatados. El contenido de fósforo en el suelo es inferior al 0.2% (Jiménez, 2004).

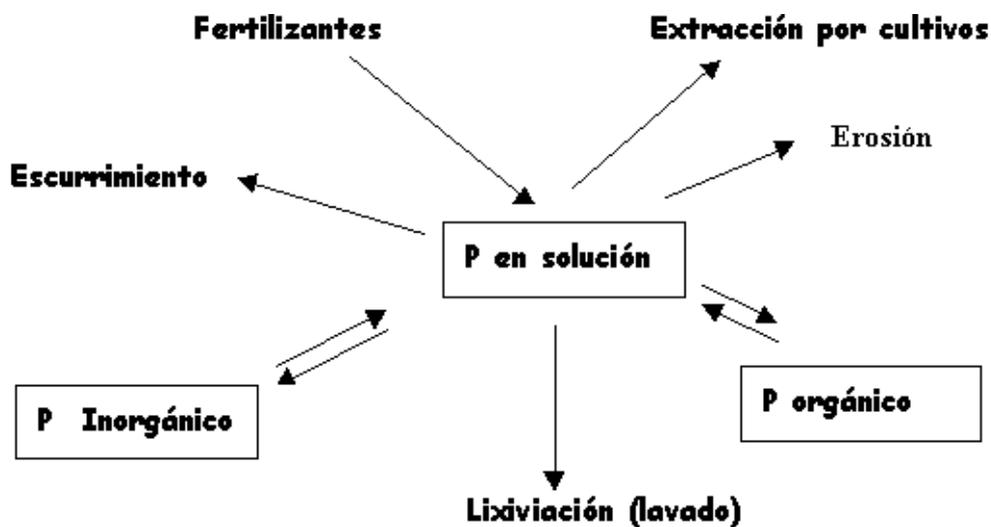
El nitrógeno, fósforo y azufre forman aniones complejos con el oxígeno, pero la solubilidad de los fosfatos es baja, lo cual disminuye prácticamente su disponibilidad, constituyendo una desventaja. El pH que favorece la disponibilidad del fósforo se encuentra a la neutralidad o ligera acidez. En condiciones débilmente alcalinas, existe calcio en abundancia en el suelo, lo cual favorece la conversión de fósforo soluble en Hidroxiapatito ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ) u otros fosfatos de calcio poco solubles. En pH cercano a

8 o levemente superior, la solubilidad de estos materiales es tan baja, que con frecuencia se presentan deficiencias (Thompson y Troeh, 1980).

La concentración normal de fósforo en la solución del suelo es casi insignificante (0.03 - 0.3ppm), de modo que en los suelos pobres debe renovarse miles de veces para cubrir las necesidades de la planta (Domínguez, 1977). No obstante, una parte importante del fósforo en el suelo (30 al 85%) se halla en forma orgánica, asociado a la materia orgánica, como componentes de los organismos vivos del suelo, especialmente los microorganismos (Jiménez, 2004).

### 2.3.2. Ciclo del fósforo.

**Stewart y Kercher (1983), reportan que diferentes fracciones de fósforo en el suelo han podido ser identificados, esto ha sido posible cuantificando el fósforo presente en esta fracción y midiendo el flujo entre ellos. En general se presenta en forma mineral y orgánica pudiendo ser más o menos aprovechable.**



**Figura.2.2. Ciclo del fósforo en el sistema suelo (Loya, 2003).**

<http://www.aspent.org>

Desde un punto de vista práctico interesa conocer las entradas y salidas del sistema suelo y la movilidad del nutriente en el suelo. Como se desprende de la observación del ciclo del fósforo (P), la única entrada al sistema proviene del agregado

de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden por extracción en la cosecha, erosión, escurrimiento y lixiviación. A medida que el P disponible en la solución del suelo es absorbido por las plantas, es repuesto a partir de la mineralización del humus, de las fracciones más simples de las arcillas y en forma mucho más lenta, desde la mineralogía primaria. Este reaprovisionamiento de P hacia la solución del suelo, se realiza mediante un equilibrio químico dinámico. Por todo lo mencionado previamente, la disponibilidad de P se va reduciendo en forma progresiva, a diferencia de nutrientes como el nitrógeno (N), en donde además del agregado de N vía fertilizante puede existir fijación biológica del N atmosférico a través de la simbiosis entre ciertas bacterias (por ejemplo, del género *Rhizobium*) y leguminosas.

En sistemas agrícolas sin problemas de erosión, la principal salida de P se efectúa por la extracción en las cosechas, ya que la lixiviación es prácticamente nula debido a la reducida movilidad del P en el suelo.

### 2.3.3. Fósforo en el suelo.

**Solis y Cajuste (1992), mencionan que las grandes variaciones en el contenido total de fósforo en el suelo se deben a la heterogeneidad de las rocas parentales, al desarrollo de los suelos y a otras condiciones edafológicas y ecológicas. Aparentemente los suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas presentan un mayor contenido de fósforo que los desarrollados de sedimentos meteorizados y depositados en las áreas tropicales bajas. Así mismo, la disponibilidad del fósforo depende de ciertos factores como textura, profundidad, contenido de materia orgánica, pH, aireación, compactación, humedad y contenidos de carbonato.**

**Fassbender (1980), menciona que la distribución de fósforo en suelos agrícolas es muy variable por que depende fundamentalmente de la distribución de las fuentes naturales de este elemento, del manejo de los suelos y de las condiciones ambientales.**

**El fósforo añadido con los fertilizantes se fija en los suelos, en su mayor parte es asimilado lentamente por las plantas en forma de  $\text{PO}_4\text{H}^-$  o  $\text{PO}_4\text{H}_2$ . En la**

**solución del suelo, la concentración de fósforo suele ser del orden de 1ppm o menos. A medida que es consumido por la planta, debe solubilizarse para asegurarse las necesidades del desarrollo de la cosecha (Jiménez, 2004).**

**Cajuste (1997), reporta que la cantidad de fósforo en la capa arable de los suelos agrícolas varía de 0.01 a 0.15 por ciento (aproximadamente de 100 a 1500mg de P/Kg de suelo). Normalmente, la cantidad de fósforo que es aprovechada por los cultivos en el período de un año, siguiendo el abonado con fertilizantes fosforados solubles, no excede del 25 por ciento de la cantidad total añadida, siendo generalmente inferior a 15 por ciento. Prácticamente todo el fósforo no absorbido queda fijo en los suelos, siendo muy poco el que se pierde por lavado. El fósforo fijado puede ser utilizado paulatinamente por los cultivos en años sucesivos, pero en cantidades decrecientes (Primo y Carralo, 1981).**

**El contenido de fósforo de la litosfera se ha calculado en 0.12 por ciento. Los suelos derivados de las calizas tienden a contener más fósforo que las rocas que los forman. El fósforo contenido en la profundidad arable de los suelos, oscila normalmente entre 0.025 y 0.125 por ciento, siendo el valor medio de 0.06 por ciento. Que equivale aproximadamente a 1,350 kilos del elemento por hectárea arada (Firma, 1963).**

#### **2.3.4. Formas de fósforo en el suelo.**

**El fósforo que se encuentra en el suelo, se clasifica en general como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza química de los componentes de los que forma parte. El primero procede de los residuos vegetales y animales del terreno y la fuente original del segundo proviene, sobre todo, del mineral apatito ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ) el cual es un constituyente común de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas (Buckman y Brady, 1977; García y García, 1982; León, 1984).**

**El apatito es un compuesto casi insoluble, que constituye el principal mineral fosfatado en los suelos de regiones áridas, donde el contenido de calcio se mantiene elevado y la reacción del suelo es alcalina, mientras que en los suelos de**

regiones húmedas, el fósforo se encuentra principalmente como variscita ( $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y strengita ( $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (Thompson y Troeh, 1980).

### 2.3.5. Reacciones de fósforo en el suelo.

En suelos calizos, alcalinos o aproximadamente neutros, los fertilizantes fosforados, ricos en fósforo asimilable, (superfosfatos, fosfatos amónicos) pueden revertirse a formas insolubles, no asimilables como fosfato dicálcico o tricalcico que rápidamente se transforman en hidroxiapatito y en presencia de fluoruro pasa a fluapatito (Jiménez, 2004).

Rivero (1988), señala que algunos investigadores, indican que en éstos suelos los fosfatos pueden reaccionar en la superficie de carbonatos de calcio para formar una superficie de precipitados cálcicos o pueden reaccionar con el calcio soluble o intercambiable formando hidroxiapatita, cal o  $(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ .

En suelos calcáreos las reacciones responsables de la fijación de fósforo se dividen en dos grupos:

1. Reacciones de absorción.- los iones fosfatos son absorbidos por partículas de carbonato de calcio y forman una cubierta de fosfato que con el tiempo puede formar carbonato de calcio, como consecuencia hay una baja disponibilidad de fósforo y se presenta acumulación de fosfato en las superficies de las partículas de carbonato de calcio.
2. Reacciones de precipitación.- el fósforo reacciona con el suelo para formar productos menos solubles.

Cuadro 2.4. Compuestos que existen a diferentes valores de pH y grado de solubilidad.

PH	Fosfatos combinados	Solubilidad
----	---------------------	-------------

3 – 4	hierro y aluminio	insoluble
5 – 6	hierro	prácticamente insoluble
6 – 7.8	calcio ( $\text{CaHPO}_4$ )	fácilmente soluble
> 8	calcio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	prácticamente insoluble

### 2.3.6. Fijación de fósforo en el suelo.

**El termino fijación es el proceso en el suelo en que ciertos elementos químicos o nutrimentos esenciales para el desarrollo de las plantas son convertidos de una forma soluble o intercambiable a una forma menos soluble o no intercambiable (Ortiz, 1990).**

**Determinamos fijación de fósforo del suelo a la reacción o intercambio de formas solubles de este elemento como compuestos orgánicos e inorgánicos del suelo, a formas mas o menos reversibles. En términos generales, la fijación del fósforo se lleva a cabo de modo progresivo mediante reacciones sucesivas que van dando como resultado compuestos cada vez más insolubles y por lo tanto, menos susceptibles de volver a formar parte de la fracción de fósforo asimilable para las plantas a corto plazo (Jiménez, 2004).**

**La fijación de fósforo puede realizarse mediante su adsorción en las superficies coloidales, (arcillas, materia orgánica, hidróxidos de hierro y aluminio, caliza, etc) o bien, formando compuestos mas o menos insolubles. También puede ser inmovilizado temporalmente por los organismos vivos en cantidades notables (Ortiz, 1990).**

**Jiménez (2004), reporta que el envejecimiento del fosfato se debe a la reacción inicial del fosfato monocalcico, que es la adsorción superficial en la caliza a baja concentración del fosfato, seguida de la reacción con el carbonato cálcico para formar fosfato bicálcico amorfo que, en sucesivas fases, dependiendo de la concentración del fósforo, se va transformando en fosfatos cristalinos diversos, engrosando su tamaño. (fosfato octocalcico, hidroxiapatita, etc)**

### 2.3.7. Fósforo en plantas.

**Odlan (1956), menciona que el fósforo desempeña un papel principal en la nutrición vegetal, ejerce un rol importante en la síntesis de carbohidratos y en el metabolismo de las grasas en general, éste elemento al igual que el nitrógeno, aumenta el crecimiento de las raíces, influyendo así en la producción de tubérculos por la planta, pero no en el tamaño de los mismos.**

**Este elemento se acumula principalmente en los tejidos que realizan síntesis en general, la respiración celular, los meristemos (puntos de división celular), en las semillas y fruto.**

**Una planta de papa puede desarrollar la siguiente sintomatología si presenta una deficiencia de fósforo:**

- 1. Lento crecimiento y desarrollo de las plantas.**
- 2. Floema y xilema poco desarrollados.**
- 3. Menor peso y tamaño.**
- 4. Pobre floración y fructificación.**
- 5. Retraso de la maduración.**
- 6. Las hojas toman un color verde oscuro y matices rojizos, (antocianina).**

**Los efectos que conllevan a una buena disponibilidad de fósforo son:**

- 1. Mayor desarrollo radicular.**
- 2. Mayor crecimiento y desarrollo de la planta en general.**
- 3. Aceleración de la floración y fructificación.**
- 4. Mayor resistencia a las condiciones adversas.**

### 2.4. Fertilización foliar.

Los nutrimentos requeridos para el desarrollo de las plantas son absorbidos principalmente por la raíz, sin embargo existen evidencias de una importante absorción de nutrimentos y otras sustancias a través de las hojas, tallos, frutos y otras partes de las plantas.

La fertilización foliar consiste en aportar pequeñas cantidades de nutrimentos en forma asimilable al follaje de las plantas. Es una práctica utilizada sobre todo, cuando existen problemas importantes para que las plantas los puedan tomar adecuadamente del suelo, esto ocurre especialmente con el fósforo y los metales pesados, (hierro, zinc, cobre y manganeso) por esto deben estar en forma de quelatos para su fácil absorción por las plantas. Los fertilizantes foliares se aplican como soluciones nutritivas, las cuales penetran a la planta principalmente a través de estomas y cutícula. Los procesos de penetración foliar son fenómenos puramente físicos y la absorción requiere de energía metabólica para atravesar las membranas celulares.

Varios trabajos han demostrado la bondad de la fertilización foliar en la respuesta positiva de los cultivos. Los incrementos de rendimiento por el uso de esta práctica han sido a veces mayores del 100 por ciento, comparados con los rendimientos de los cultivos sin fertilización foliar, sin embargo, los incrementos más frecuentes oscilan entre 10 a 30 por ciento para la mayoría de los cultivos (Santos y Aguilar, 1999).

La fertilización foliar no sustituye a la del suelo, sino que la suplementa, se utiliza para corregir deficiencias nutrimentales y problemas de fijación de nutrimentos en el suelo, aunque en algunos casos es utilizada para mejorar la calidad de producto a cosechar. Es común aplicar los fertilizantes foliares con reguladores de crecimiento, con la finalidad de activar la transformación de los elementos nutritivos.

#### **2.4.1. Factores que afectan la absorción foliar de nutrimentos.**

La eficiencia en la absorción de nutrimentos vía foliar esta afectada por varios factores, entre los que están:

1. Area de contacto.
2. Edad de la hoja.
3. Temperatura y la presión de vapor.

#### 2.5. Riego por goteo y fertirrigacion.

**Un sistema de riego por goteo está diseñado para aplicar agua con fertilizante (solución), en forma de gotas a una planta, ya sea sobre la superficie del suelo o a determinada profundidad.**

**Este sistema debe conducir la solución necesaria para los cultivos mediante tuberías especiales que pueden variar de calibre según el tipo de cultivo y calidad de material, con una distribución en forma de red diseñada por todo el terreno ya que su función principal es llevar el agua a la base de la planta y descargarla por medio de emisores o goteros.**

**Un sistema de riego por goteo consiste en un sistema de carga y una red de tuberías de distribución. El sistema de carga generalmente lo constituyen la bomba, el filtro, el medidor de gasto, los manómetros de presión, el inyector de fertilizante, la válvula de control, el regulador de presión y la unidad de control automática. La red de distribución consiste de un sistema de tuberías, ajuste de tuberías, y un circuito de válvulas (García y Briones, 1977).**

**Con un sistema de riego por goteo, el agua puede ser suministrada al cultivo con base en una baja y una alta tensión, con lo cual se crea un medio óptimo de humedad necesaria al suelo. Debido a la frecuencia de riegos se pueden obtener muy altas eficiencias (García y Briones, 1977). La eficiencia en el uso del agua, podría ser aumentada en un 50 por ciento o más usando un sistema de riego por goteo en lugar de un sistema de riego por superficie (Hilel y Howell, 1972).**

**El ahorro de agua se realiza al evitar las grandes pérdidas de evaporación del suelo, ya que el mojado del mismo es parcial, (zona radicular) y no total como en los sistemas de aspersión y en los riegos por surcos. Además evita los arrastres de agua por el desnivel del terreno y la pérdida de percolación. Las plantas usan la**

**cantidad necesaria para su crecimiento y desarrollo, evitando los períodos críticos en que las carencias de este recurso originan abortos y caída de fruto (Rodríguez, 1997).**

## 2.6.Micorrizas.

**Nombre que hace referencia a la simbiosis hongo - raíz ("myces-rhiza").**

**Esta simbiosis es un fenómeno en los vegetales. Las micorrizas son órganos formados por la raíz de una planta y el micelio de un hongo. Funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente) a la planta y proteger las raíces contra algunas enfermedades. Allen (1991), menciona que en general los hongos obtienen la energía de los fotosintatos provenientes de las plantas y a su vez las plantas obtienen P, N y otros minerales esenciales principalmente a través de los hongos micorrícicos.**

Esta asociación provee de grandes beneficios a la planta, físicamente se puede considerar que el hongo es una extensión de la raíz, con lo que se mejora la búsqueda y absorción de agua y sales minerales. Se ha observado también que las plantas micorrizadas muestran mayor resistencia al ataque por patógenos y depredadores. El hongo, coloniza biotróficamente su corteza y llega a ser parte integrante de ella, desarrollando un micelio extenso que a modo de sistema radical y altamente efectivo, ayuda a la planta a adquirir nutrientes minerales y agua del suelo, a cambio, la planta le proporciona al hongo que es heterótrofo por naturaleza incapaz de producir su propio alimento, un nicho ecológico y los nutrientes necesarios para su existencia.

Considerando que el hongo micorrícico es una extensión de la raíz, se tiene una mejor absorción de agua y minerales; es esta la ventaja más distintiva de las plantas micorrizadas. Entre los minerales de mayor movilización hacia la planta se encuentra el fósforo.

Los mecanismos utilizados por lo hongos micorrícicos, para aumentar la capacidad de absorción, pareciera ser la producción de gran cantidad de micelios, lo que aumenta el volumen del suelo explorado. También es importante la capacidad para

acumular fósforo de forma intracelular en forma activa, contra fuertes gradientes de concentración. Esto permite a las micorrizas extraer fósforo en forma más eficiente, especialmente de soluciones de muy baja concentración. Un factor adicional de eficiencia de extracción, es que con micorrizas se mantienen las plantas funcionales durante más tiempo (Silveira, 1992).

Otra característica sobresaliente es la menor incidencia de enfermedades en las raíces, ocurre gracias a un fenómeno de competencia del hongo micorrícico que ya ha colonizado a la raíz. Diversas especies de hongos han evolucionado mecanismos de tolerancia que son compartidos con la planta; cabe señalar que diversas plantas del desierto poseen raíces micorrizadas.

Con frecuencia la influencia de las micorrizas sobre el consumo de nutrientes inorgánicos es bastante importante, las raíces micorrícicas asimilan el fosfato con mayor facilidad que las raíces sin hongos, permitiendo que la planta se desarrolle en terrenos deficientes de fósforo (Alexander, 1981).

#### 2.6.1. Beneficios de los hongos micorrícicos.

1. Incrementan el área fisiológicamente activa en las raíces.
2. Incrementan la captación por las plantas de agua y nutrientes como fósforo, nitrógeno, potasio y calcio del suelo.
3. Incrementan la tolerancia de las plantas a las temperaturas del suelo y acidez extrema causadas por la presencia de aluminio, magnesio y azufre.
4. Proveen protección contra ciertos hongos patógenos y nemátodos.

**5. Inducen relaciones hormonales que producen que las raíces alimentadoras permanezcan fisiológicamente activas por períodos mayores que las raíces no micorrizadas.**

#### 2.6.2. Beneficios para el agricultor.

Las características de la simbiosis repercuten en beneficios para el agricultor, los cultivos necesitan menor adición de fertilizantes ya que se aprovechan mejor los nutrientes del suelo; en promedio se reduce la adición de fertilizante en 25% y de

fósforo en 50%. La reducción del uso de fungicida y bactericida es también importante, considerando que la planta es menos susceptible a infecciones. En cuanto a la calidad y cantidad de flores o frutos, ésta es mayor, ya que el hongo potencia el crecimiento de la planta.

Los hongos micorrícicos al provocar modificaciones en la morfología del sistema radical durante el proceso de infección, provocan gran impacto en ciertos mecanismos, como el mejorar la absorción del agua y adquisición de nutrimentos en los sistemas naturales ó manejados. Esto pone de manifiesto el potencial que representa manipular los sistemas radicales en beneficio de las plantas (Hooker y Atkinson, 1992).

En Guanajuato, el cultivo de chile enfrenta etapas de sequía, la literatura reporta que algunos hongos micorrícicos pueden ayudar a la planta a tolerar las condiciones de sequía, ya que mejora las relaciones hídricas de las plantas; este efecto se debe en principio a que el hongo extiende sus hifas fuera de la raíz, explorando una gran cantidad de volumen de suelo.

### 2.6.3. Problemas en la utilización de micorrizas.

A pesar de la importancia de esta asociación, no todas las plantas están micorrizadas. La principal causa es la rotación de cultivos que disminuye la cantidad de inóculo compatible con el nuevo cultivo. Otra causa puede ser la introducción de hongos comerciales no nativos que están en desventaja competitiva con el resto de microorganismos del suelo. Para solucionar estos problemas es necesario realizar la identificación de cepas nativas particulares de cada cultivo, sea éste hortaliza, planta de ornato, árbol frutal o de reforestación. En adición, la disponibilidad de inoculante es limitada y costosa debido a que el hongo micorrícico depende de la planta para su crecimiento (Xoconostle y Ruiz, 2002).

En una sociedad en la que cada día se tiene en cuenta más la conservación del medio ambiente, la introducción de manera controlada de esta simbiosis contribuye a la conservación y establecimiento de los sistemas sostenibles; además del control de enfermedades de la planta basada en el antagonismo entre organismos con el consiguiente menor uso de sustancias químicas (Sempere y Santamarina, 2001).

## 2.7. Algaenzims.

Algaenzims es un producto orgánico elaborado por Palaú Bioquim S.A. de C.V. está conformado por extractos líquidos uniformes de algas marinas (microalgas) cuyo nombre científico es *Sargassum acinarium* L.

Las algas marinas sin duda preceden al hombre por un considerable período de tiempo. El hombre ha estado utilizando las algas marinas como alimento y para el crecimiento de las plantas. Las algas son utilizadas de muchas maneras, para la obtención de agar, alimentos para el hombre y como fertilizantes en suelos agrícolas (Talamás, 1998).

Mooney y Van Staden (1985), citados por Talamás (1998), indican que para la agricultura, la mayoría de los productos comerciales provienen de las algas pardas las que se cosechan en agua templadas. Las especies más comúnmente utilizadas son: *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* y *Fucus vesiculosus*. Las menos usadas son: *Laminaria* y *Sargassum*, aunque todas pertenecen a las Phaeophyceae.

Stephenson (1974), menciona que estas algas marinas contienen todos los elementos mayores y menores, así como carbohidratos que pueden actuar como agentes quelatantes como son: ácidos alginicos, laminaria y manitol. Tiene un alto rango de aminoácidos y vitaminas que pueden ser utilizadas por las plantas (Senn, 1987). Cuenta con cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y Van Staden, 1992).

Los extractos de algas que contienen componentes quelatantes hacen disponible para las plantas algunos micronutrientes ya existentes en el suelo. Los elementos quelatados pueden ser aplicados foliarmente o al suelo. Los micronutrientes en las algas están en forma quelatada, que además contienen manitol, que ayuda en una quelatación adicional (Talamas, 1998).

Las enzimas algaenzims son agentes catalíticos sintetizados por algas. Su reacción biológica reversible y vertiginosa propicia la hidrólisis que causa cambios, en

el caso de los suelos arcilla, libera los nutrientes y cuando se trata de suelos arenosos, los retiene, evitando su lixiviación (Canales, 1987).

Al disolver los carbonos, produciendo ácido carbónico y anhídrido carbónico, Algaenzims descompone el suelo pesado, haciéndolo friable, formando poros y facilitando la difusión y penetración del aire, agua y raíces. Como es muy soluble, su acción penetra en el suelo hasta donde llega el agua (Canales, 1987).

**Cuadro 2.5. Análisis garantizado del producto algaenzims.**

<b>Elemento</b>	<b>Mg/L (Ppm)</b>	<b>Elemento</b>	<b>Mg/L (Ppm)</b>	<b>Elemento</b>	<b>Mg/L (Ppm)</b>
<b>potasio (K)</b>	<b>14, 800</b>	<b>cobre (Cu)</b>	<b>174</b>	<b>estaño (Sn)</b>	<b>&lt; 0.10</b>
<b>nitrogeno (N)</b>	<b>14, 500</b>	<b>manganes o (Mn)</b>	<b>72</b>	<b>plata (Ag)</b>	<b>&lt; 0.10</b>
<b>sodio (Na)</b>	<b>13, 600</b>	<b>aluminio (Al)</b>	<b>23.50</b>	<b>talio (Ta)</b>	<b>&lt; 0.10</b>
<b>magnesio (Mg)</b>	<b>1, 320</b>	<b>estroncio (Sr)</b>	<b>22.70</b>	<b>plomo (Pb)</b>	<b>&lt; 0.05</b>
<b>fósforo (P)</b>	<b>750</b>	<b>silicio (Si)</b>	<b>4</b>	<b>níquel (Ni)</b>	<b>&lt; 0.05</b>
<b>calcio (Ca)</b>	<b>620</b>	<b>cobalto (Co)</b>	<b>2.075</b>	<b>cadmio (Cd)</b>	<b>&lt; 0.01</b>
<b>zinc (Zn)</b>	<b>505</b>	<b>bario (Ba)</b>	<b>0.20</b>	<b>molibdeno (Mo)</b>	<b>&lt; 0.01</b>
<b>hierro (Fe)</b>	<b>440</b>	<b>antimonio (Sb)</b>	<b>&lt; 0.10</b>		

Fuente Palaú Bioquim 2005.

### **2.7.1. Algaenzims incorporado al suelo.**

Acosta (1990), reporta que en plantas de trigo y cebada al aplicar extractos de *Sargassum* en el suelo se incrementó el 20 por ciento de proteínas en el grano de trigo y 50 por ciento en el grano de cebada.

González (1993), realizó un experimento en Navojoa, Sonora, en el cual aplicó extractos de algas en plantas de cártamo de la variedad “San Ignacio”. Los extractos se aplicaron en dos ocasiones, la primera se efectuó en el momento de la siembra y la segunda se realizó cuando aparecieron los primeros brotes foliares. El rendimiento fue de 5 T/ha lo que incrementó un 40 por ciento más con relación al promedio de producción de la región que es de 3.5 T/ha.

### **2.7.2. Algaenzims incorporado foliarmente.**

Koo (1991), reporta que en árboles jóvenes de tangerina y naranja valenciana injertados en Citrange carrizo y limón respectivamente, se les aplicaron extractos de algas marinas vía foliar en tres periodos; la primera aplicación fue antes de la floración, la segunda 40 días después de la aplicación de aceite que se da en verano, y la tercera aplicación se realizó junto con el aceite pero hasta el segundo verano. El rendimiento por árbol fue más alto tanto en el segundo como en el tercer año en los árboles que se asperjaron con extractos de algas, el color de la cascara fue más intenso, el contenido de azúcar se incrementó. La concentración de nutrientes de la hoja y la calidad del jugo no fue afectada.

Al aplicar foliarmente extractos de algas marinas, las enzimas que éstas contienen refuerzan en las plantas su sistema inmunitario (mayor defensa), su sistema alimentario (mejor nutrición) y activan sus funciones metabólicas (más vigor) (Fox y Cameron, 1961. López et al, 1995).

## **2.8. Ácidos húmicos y fúlvicos.**

Los ácidos húmicos son grupos de sustancias químicas orgánicas, formadas a partir de la descomposición de residuos de origen vegetal y por la acción de los microorganismos del suelo; sin embargo, los ácidos húmicos comerciales se extraen a partir de la lignita-leonardita y de turbas (Palomares, 1990).

Las sustancias húmicas son macromoléculas orgánicas constituidas por un complejo ligno-proteico de gran capacidad de absorción e intercambio iónico. Las

sustancias húmicas incluyen al ácido húmico, al ácido fúlvico y al ácido úlmico o himatomelanico (G.B.M. 1992).

Durante la primera etapa de la humificación se forma el ácido húmico; en la segunda etapa de la humificación vuelve la oxidación química y/o enzimática para degradar el ácido húmico en ácido fúlvico, el cual queda en solución cuando el extracto alcalino es acidificado. Las huminas son la fracción que no puede ser extraída del suelo por álcalis diluido o ácidos (G.B.M. 1992).

Los ácidos húmicos no son sustancias compactas sino mas bien tienen constitución porosa. Gracias a esta constitución los ácidos húmicos tienen una alta capacidad para absorber y retener humedad (Cepeda, 1982).

Los ácidos húmicos solubles pueden reemplazar las aplicaciones de grandes volúmenes de materia orgánica, puesto que, en aplicaciones eficientes el rendimiento de los cultivos incrementa por el beneficio que tienen sobre algunas características físico-químicas y biológicas del suelo, además por ser sustancias que tienen la facultad de quelatar moléculas orgánicas e inorgánicas y pueden eliminar residuos tóxicos de productos químicos para el desarrollo de los cultivos (Fernández, 1968).

Los ácidos húmicos presentan ciertos efectos en la planta, como el traslado de nutrientes desde las raíces hasta la parte aérea y del exterior de las hojas hasta los sitios de acumulación; incrementan la permeabilidad de las membranas y favorecen los procesos energéticos de las plantas relacionados con la respiración, estimulan algunas reacciones, procesos y funciones bioquímicas y fisiológicas de las plantas, aumentando la biomasa total de la planta, peso fresco y peso seco, entre otras (Palomares, 1990). Ayudan a un desarrollo temprano de las plantas, recuperando el estrés de trasplante, mayor expansión foliar, incremento del sistema radicular (G.B.M. 1992). Se debe tener en cuenta que concentraciones muy elevadas de ácido húmicos pueden tener efectos desfavorables debido al desbalance fisiológico (Omega, 1989).

Los ácidos húmicos regulan el estado óxido-reductor del medio en que se desarrollan las plantas. Cuando el oxígeno es insuficiente, los humatos facilitan la respiración de la planta debido a la presencia de oxígenos en las sustancias húmicas, que

aceptan el hidrogeno en la oxidación de sustancias en los tejidos vegetales (Kononova, 1982).

García (1992), reporta que tras la aplicación de ácido húmico al suelo aumentó a un 4.4 por ciento la producción de papa de primera categoría, también incrementó la uniformidad en cuanto a la calidad de los tubérculos considerados como papa comercial gigantes, primeras, segundas, además encontró que la producción general de papa fue mayor con respecto al testigo.

### 2.9. Nutri phite P + K.

**Es una solución concentrada de nutriente foliar que contiene en forma altamente soluble elementos benéficos para el crecimiento de la planta, desarrollo, calidad y rendimiento del cultivo, cuando es aplicado a tiempo como rocío foliar, nutri phite P + K puede ser aplicado en forma separada o en combinación con otros productos.**

**Cuadro 2.6. Análisis garantizado del producto nutri phite P + K.**

Elemento	% en peso
nitrógeno total (N)	0
ácido fosfórico disponible. (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	30
potasio soluble. (K <sub>2</sub> O)	26

### 2.10. Startterfeed.

**Es un complejo soluble NPK mas micronutrientes quelatados, los cuales son una excelente herramienta para aplicaciones foliares y producción de plántulas en invernaderos o almácigos (Jiménez, 2004).**

**Cuadro 2.7 Análisis garantizado del producto startterfeed (Composición porcentual).**

N	P	K	B	Zn	Mo	Fe	Mn	Cu
10	50	10	0.05	0.07	0.004	0.1	0.05	0.05

### **2.10.1. Ventajas del Starterfeed.**

1. Alta solubilidad al momento de preparar la solución se disuelve inmediatamente.
2. Elaborado con materiales de grado técnico 100% libres de cloro, sulfatos y sodio.
3. Bajo índice salino.
4. Contenido de nitrógeno nítrico y microelementos quelatados, lo cual permite una mayor asimilación y translocación dentro de la planta.
5. No causan taponamiento o corrosión de los equipos.
6. La solución se acidifica, lo cual permite una mayor asimilación, tanto de la raíz como de las hojas.
7. Compatible con la mayoría de insecticidas y fungicidas.
8. Se puede aplicar tanto vía foliar como en fertirriego.

### **2.11. Map – técnico.**

Es un abono complejo 12 – 61 – 00 (fosfato monoamónico), de aspecto sólido cristalino, de color blanco con ligera tonalidad verde o marrón (según el ácido fosfórico de donde proceda), e inodoro.

#### **2.11.1. Ventajas del map – técnico.**

1. Completamente soluble en agua.
2. Fácilmente miscible con otros productos cristalinos como nitrato potásico, nitrato de calcio, etc.
3. Contiene nitrato amoniacal que ayuda a estabilizar el pH en fertirriego en cultivo hidropónico.
4. Puede ser usado en pequeñas dosis en cultivo hidropónico en zonas de aguas duras.

### **2.11.2. Características representativas.**

Nitrógeno, (N): N – total 12% (N amoniacal 12%), fósforo, (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): anhídrido fosfórico total 61% soluble en citrato amónico neutro y agua; pH en disolución acuosa al 10%, humedad máxima 0.1 – 0.3%; densidad aparente 650 – 800g/L; grado de solubilidad total 99.6%; solubilidad en agua a 21°C - 384g/L.

### **2.12. Eficiencia de absorción de fósforo.**

La eficiencia de absorción y utilización de un nutriente se ha evaluado por diferentes parámetros, como concentración en los tejidos, contenido en las plantas, rendimiento en materia seca y su relación de eficiencia, la cual consiste en la razón existente entre biomasa seca y la cantidad del nutriente en estudio en la biomasa (Furlani y Fulho, 1990).

Morales (1996), en un estudio realizado en la Sierra de Arteaga, donde se estableció un experimento con 7 tratamientos, en los cuales a los tres primeros tratamientos se les aplicaron fertilizantes líquidos ácidos, tres con fertilizantes sólidos y el testigo absoluto. Aplicándose una dosis de fertilización de 200 – 450 – 200 de N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O. Resultando una eficiencia de absorción de fósforo de – 0.37 por ciento, lo cual se calculó a través de la siguiente fórmula.

$$E = \left[ \frac{(X - Y)}{Z} \right] 100$$

Donde:

E= Eficiencia de absorción de Fósforo.

X= Contenido de Fósforo en la planta fertilizada (Kg/ha).

Y= Contenido de Fósforo en la planta no fertilizada (Kg/ha).

Z= Dosis de Fósforo aplicada (Kg/ha).

Al sustituir los valores obtuvo el siguiente resultado:

$$E = \left[ \frac{(10.5 - 11.38)}{450} \right] 100$$

E= -0.37 por ciento.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### **3.1. Localización del sitio experimental.**

**El estudio se realizó en la Sierra de Arteaga, en los terrenos del Campo Experimental “Saltillo” del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias que se localiza en las inmediaciones del ejido Emiliano Zapata, a 25° 16’ de latitud norte y 100° 46’ de longitud oeste, a una altura de 2, 040msnm.**

#### **3.2. Características del área.**

##### **3.2.1. Suelos.**

En su totalidad la Sierra de Arteaga, Coahuila, está formada de rocas sedimentarias lutitas-areniscas, lo que provoca en los terrenos con pendientes pronunciadas y suelos delgados en su mayoría.

Jiménez (2004), reporta que los suelos que predominan en esta región de acuerdo a las cartas de CETENAL son los siguientes:

1 + E/2 litosoles en intrusión de rendzinas de textura media.

Son suelos poco profundos, donde sobreyace inmediatamente material calcáreo con equivalente de carbonato de calcio mayor de 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 reducidas, generalmente en pequeños valles o mesetas son:

Hg/2 xerosoles gípsicos de textura media. Suelos que presentan un horizonte A ócrico profundo, y con presencia de un horizonte gípsico en los primeros 125cm del perfil del suelo. Presenta fase física y petrocalcica profunda.

### **3.2.2. Tipo de clima.**

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

### **3.3. Características de la variedad (Loya, 2003).**

Progenitores: Elvira X AM66- 42.

Variedad: Gigant.

Tallo: poco numerosos, bastante gruesos, de color rojo a morado pálido, foliolos primarios bastante grandes y ovals con nervios superficiales.

Follaje: desarrollo rápido, cubriendo bien el terreno.

Floración: flores blancas y muy escasas.

Brote: al principio elipsoidal, al término coniforme, de color rojo morado pálido poco peloso; yema terminal grande, abierto con yemas laterales.

Tubérculo: oval, de color amarillo, parcialmente áspero, carne amarilla clara y ojos superficiales.

Maduración: semitemprana a semitardia.

Rendimiento: arriba del promedio de la zona (35 T/ha).

Enfermedades: medianamente sensible a *Phytophthora* de la hoja, poco sensible al virus "Y", inmune a los virus "A" y "X" y a la sarna verrugosa, resiste al patotipo A del nemátodo dorado.

Calidad culinaria: bastante firme al cocer, propenso a decolorarse después de la cocción.

### **3.4. Preparación del terreno.**

El terreno en el cual se estableció el experimento tuvo descanso el ciclo anterior y la preparación se hizo mediante un barbecho, rastra y surcado.

### **3.5. Fecha y método de siembra.**

El cultivo se desarrolló durante el ciclo primavera – verano (P-V) del 2003, la siembra se realizó el 12 de junio de 2003, la preparación del terreno se hizo con maquinaria y la aplicación de fertilización de fondo fue de forma manual, a los tubérculos se les aplicaron los siguientes productos químicos: monceren, PCNB, amistar, furadan y confidor de acuerdo a la dosis que marca la etiqueta y fueron depositados a 20 centímetros de distancia y se cubrieron con arado de doble vertedera. El cultivo emergió el 3 de julio de 2003.

### **3.6. Parcela experimental.**

**La parcela experimental fue de 54 metros cuadrados formada por 6 surcos a 90 centímetros de distancia y 10 metros de largo. La parcela útil fue de 21.6 metros cuadrados formada por 4 surcos a 90 centímetros de distancia y 6 metros de largo. Entre repeticiones se dejó una calle de 1.8 metros y un pasillo de 1.5 metros, la superficie total del experimento fue de 2, 518.7 metros cuadrados.**

### **3.7. Fertilizantes utilizados.**

Los fertilizantes que se utilizaron fueron: urea, superfosfato simple, sulfato de potasio, map-técnico, sulfato de amonio, micorrizas, algaenzims, ácidos húmicos y fúlvicos, nutraphite y starterfeed.

### **3.8. Tratamientos.**

En el cuadro 3.1. se presenta la dosis aplicada y número de aplicaciones para cada uno de los tratamientos evaluados. Todos los tratamientos a excepción del testigo absoluto recibieron una dosis de 200 – 400 – 200 Kg. N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O/ha, aplicándose un 30 por ciento del N, 60 por ciento del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 30 por ciento de K<sub>2</sub>O al momento de la siembra utilizando las fuentes urea, superfosfato simple y sulfato de potasio el mismo día de la siembra. El porcentaje restante se aplicó durante el ciclo del cultivo a través

del sistema de riego y correspondió a map - técnico 5.20 Kg. sulfato de amonio 7.00 Kg. haciéndose 7 aplicaciones y sulfato de potasio 7.00 Kg. por aplicación haciéndose 5 aplicaciones durante la madurez del cultivo.

**Cuadro 3.1. Lista de tratamientos, concentración de los productos, forma de aplicación, dosis aplicada y número de aplicaciones. Ciclo P-V 2003.**

No. Tratamiento	Tratamiento	Concentración	Forma de aplicación	Dosis aplicada	No. De aplicaciones
1	map Técnico	12 – 61 – 00	Foliar	5Kg/ha	6
2	ácidos húmicos y fúlvicos	12%	Foliar	5Kg/ha	6
3	nutri phite P + K	4 – 30 – 8	Foliar	5Kg/ha	6
4	starterfeed	5 – 30 – 0	Foliar	2Kg/ha	6
5	micorrizas	1 propagúlo/cc	Sistema de Riego	30L/ha	1
6	testigo comercial	-	Fertilización de Fondo y Sistema de Riego	200 – 400 – 200	-
7	testigo absoluto	0 – 0 – 0	-	0 – 0 – 0	-
8	algaenzims	-	Foliar Suelo	1L/ha 2L/ha	2

### 3.9. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento. El modelo que describe al diseño es el siguiente.

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

Donde:

$i = i$  – esimo nivel de tratamientos.

$j = j$  – esimo 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. (ij)

### **3.10. Instalación del sistema de riego.**

El sistema se instaló del 14 al 26 de junio de 2003, el cual constó de una cintilla de las siguientes características: marca Toro, cuatro milésimas de pulgada de grosor, separación entre emisores de 12 pulgadas, gasto del emisor 5.6 litros por minuto por cada 100 metros, presión de operación 8 psi.

### **3.11. Instalación de los medidores de humedad.**

Se instalaron 8 sensores en el suelo a una profundidad de 30cm, dejándose saturar durante 24 horas antes de llevar a campo.

### **3.12. Riegos.**

Se dio un riego de establecimiento los días 13 y 14 de junio; con la información de los sensores de humedad, se consideró tener siempre 25 centi-bares (cb). Los riegos se realizaron cuando el sensor marcaba arriba de 25cb.

### **3.13. Control de malezas.**

El control se realizó con una aplicación preemergente de Sencor 70PH a 600 gramos por hectárea. Dos semanas después una aplicación postemergente, 500 gramos específicamente para malezas de hoja ancha y angosta, principalmente para combatir quelite, por lo que el cultivo no tuvo problemas.

### **3.14. Control de plagas y enfermedades.**

Los insecticidas usados fueron Agromet Met 600 para combatir principalmente mosquita blanca y palomilla de la papa haciéndose tres aplicaciones. Se aplicó Previcur para controlar tizón tardío y Cloratolonil para el tizón temprano de las cuales se hicieron cuatro aplicaciones de acuerdo a la dosis que marca el producto.

### **3.15. Análisis foliar.**

Se realizaron 2 muestreos para determinar la concentración de fósforo foliar a los 82 días (4 de Septiembre) y 108 días (2 de Octubre) después de la siembra, tomándose 30 pecíolos de la cuarta hoja de arriba hacia abajo de la planta para cada tratamiento. En el laboratorio se lavaron y pusieron a secar por un día al ambiente, se metieron a la estufa para eliminar el contenido de humedad restante y se molieron, pasando la muestra por un cedazo para obtener material finamente molido para analizar. El análisis se realizó por el método de vía húmeda.

### **3.16. Cosecha.**

El desvare de la planta fue a los 116 días (10 de Octubre), se realizó mecánicamente. La cosecha se llevó a los 137 días (31 de Octubre), utilizando maquinaria (para desenterrar las papas), se tomó el peso de los tubérculos en las categorías primeras, segundas, terceras y cuartas. Se estimó el rendimiento experimental y calidad del tamaño del tubérculo para cada uno de los tratamientos evaluados.

El rendimiento experimental se obtuvo mediante la suma de medias de primeras, segundas, terceras y cuartas categorías, considerándose la superficie de terreno experimental.

### **3.17. Variables a analizar.**

1. Rendimiento comercial.
2. Rendimiento por categorías: primeras, segundas, terceras y cuartas.
3. Absorción de fósforo (Kg/ha).

4. Eficiencia de absorción de fósforo (%).

### **3.18. Análisis estadístico.**

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete de la Universidad Autónoma de Nuevo León, diseñado por Olivares en 1994.

### **3.19. Análisis económico.**

Para el análisis económico se realizó una relación costo – beneficio donde se reporta la utilidad bruta por hectárea, obtenida de acuerdo al precio del mercado para las distintas categorías y el rendimiento en ton/ha, contra los costos del cultivo considerando la aplicación de los productos en investigación.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Rendimiento experimental.**

Se realizó el análisis de varianza para el rendimiento en general con las categorías primera a tercera, excluyendo la cuarta. En el análisis particular esta categoría (cuarta) se incluye en este trabajo ya que es un dato útil para el análisis de la relación costo – beneficio.

En el Cuadro 4.1 se presenta el análisis de varianza de rendimiento experimental de papa (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup>) donde se observa que no hay diferencia significativa entre tratamientos ni entre bloques.

**Cuadro 4.1. Análisis de varianza para rendimiento de papas (1ª, 2ª y 3ª), variedad Gigant Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	162.433594	23.204800	0.4844N.S.	0.836
Bloques	3	210.282227	70.094078	1.4631N.S.	0.253
Error	21	1006.041992	47.906761		
Total	31	1378.757813			

C.V. = 35.85%

N.S. Diferencia no significativa.

\* Diferencia significativa.

\*\* Diferencia altamente

significativa.

En el Cuadro 4.2 se presenta la comparación de rendimiento en toneladas por hectárea para el cultivo de papa variedad Gigant. De acuerdo con el análisis de varianza no existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que no se llevó a cabo la prueba de medias. Se observa que el tratamiento de ácidos húmicos y fúlvicos presenta el mayor rendimiento de 33.75 T/ha, y el menor rendimiento lo presenta el testigo absoluto con 20.33 T/ha. Esto no concuerda con lo reportado por Jiménez (2004), que encontró, que el mejor tratamiento fue micorrizas con un rendimiento de 47.14 T/ha, se observa que existe una diferencia de 19,78 T/ha con el rendimiento micorrizas realizado en este trabajo, la primera causa de la disminución en rendimiento puede ser debido a la alta concentración de fósforo en suelo, la literatura reporta que a altas concentraciones de este elemento, existe efecto de inhibición en el hongo, la segunda causa puede ser la introducción de hongos comerciales no nativos que están en desventaja competitiva con el resto de microorganismos del suelo (Xoconostle y Ruiz, 2002). Una última puede ser la conjugación de ambas causas.

**Cuadro 4.2. Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa variedad Gigant (1ª, 2ª y 3ª). Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

No.	Tratamiento	Rendimiento (T/ha)
1	map técnico	31.62
2	ácidos húmicos y fúlvicos	33.75
3	nutri phite P + K	32.45
4	startterfeed	33.19
5	micorrizas	27.36

6	testigo convencional	27.13
7	testigo absoluto	20.33
8	algaenzims	29.35

#### 4.1.1. Rendimiento primera categoría.

En el Cuadro 4.3 se presenta el análisis de varianza de rendimiento de papa variedad Gigant de primera categoría, donde se puede observar que no existen diferencias significativas entre tratamientos ni entre bloques.

**Cuadro 4.3. Análisis de varianza para rendimiento (T/ha) de papa primera categoría, variedad Gigant. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	29.332184	4.190312	0.7816N.S.	0.611
Bloques	3	28.473480	9.491160	1.7704N.S.	0.183
Error	21	112.579071	5.360908		
Total	31	170.384735			

C.V. = 62.11%

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

En Cuadro 4.4 se presenta la comparación de rendimiento en toneladas por hectárea para el cultivo de papa variedad Gigant de primera categoría. De acuerdo con el análisis de varianza no existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que no se llevó a cabo la prueba de medias. Se muestra al tratamiento ácidos húmicos y fúlvicos con el mejor rendimiento de 10.23T/ha y el menor rendimiento lo presenta el testigo absoluto con 4.63 T/ha.

**Cuadro 4.4 Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa de primera categoría, variedad Gigant. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

No.	Tratamiento	Rendimiento (Ton/ha)
1	map técnico	6.99

2	ácidos húmicos y fúlvicos	10.23
3	nutri phite P + K	7.55
4	startterfeed	8.70
5	micorrizas	4.91
6	testigo convencional	6.11
7	testigo absoluto	4.63
8	algaenzims	6.11

#### 4.1.2. Rendimiento segunda categoría.

En el Cuadro 4.5 se presenta el análisis de varianza de rendimiento de papa variedad Gigant de segunda categoría, donde se puede observar que no existen diferencias significativas entre tratamientos ni entre bloques.

**Cuadro 4.5. Análisis de varianza para rendimiento (T/ha) de papa segunda categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	42.334656	6.047808	0.6712N.S.	0.695
Bloques	3	47.140903	15.713643	1.7439N.S.	0.188
Error	21	189.221497	9.010548		
Total	31	278.697083			

C.V. = 54.18%

N.S. Diferencia no

significativa.

\* Diferencia

significativa.

\*\* Diferencia altamente

significativa.

En Cuadro 4.6 se presenta la comparación de rendimiento en toneladas por hectárea para el cultivo de papa variedad Gigant de primera categoría. De acuerdo con el análisis de varianza no existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que no se llevó a cabo la prueba de medias. Se muestra al tratamiento map técnico con mejor rendimiento de calidad segunda con un rendimiento de 14.07Ton/ha y el menor rendimiento lo presentó el testigo absoluto con 6.02 T/ha.

**Cuadro 4.6 Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa de segunda categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

No.	Tratamiento	Rendimiento (T/ha)
1	map técnico	14.07
2	ácidos húmicos y fúlvicos	11.30
3	nutri phite p + k	9.72
4	startterfeed	9.86
5	micorrizas	9.40
6	testigo convencional	10.23
7	testigo absoluto	6.02
8	algaenzims	11.48

#### 4.1.3. Rendimiento tercera categoría.

En el cuadro 4.7 se presenta el análisis de varianza de rendimiento de papa variedad Gigant de tercera categoría, donde se puede observar que no existen diferencias significativas entre tratamientos ni entre bloques.

**Cuadro 4.7. Análisis de varianza para rendimiento (T/ha) de papa tercera categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	31.263919	4.466274	0.4405N.S.	0.886
Bloques	3	90.026489	30.008829	2.9596N.S.	0.055
Error	21	212.928467	10.139451		
Total	31	334.218872			

C.V. = 48.20%

N.S. Diferencia no significativa.

\* Diferencia significativa.

\*\* Diferencia altamente significativa.

En el Cuadro 4.8 se presenta la comparación de rendimiento en toneladas por hectárea para el cultivo de papa variedad Gigant de tercera categoría. De acuerdo con el análisis de varianza no existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que no se llevó a cabo la prueba de medias. Se muestra al tratamiento nutri phite P + K con el mayor rendimiento de 15.19 T/ha y el menor rendimiento lo presentó el testigo absoluto con 9.68 T/ha.

**Cuadro 4.8. Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa de tercera categoría, variedad Gigant. Campo experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

No.	Tratamiento	Rendimiento (Ton/ha)
1	map técnico	10.56
2	ácidos húmicos y fúlvicos	12.22
3	nutri phite p + k	15.19
4	startterfeed	14.63
5	micorrizas	13.06
6	testigo convencional	10.79
7	testigo absoluto	9.68
8	algaenzims	11.76

#### 4.1.4. Rendimiento cuarta categoría.

En el Cuadro 4.9 se presenta el análisis de varianza de rendimiento de papa variedad Gigant de cuarta categoría, donde se puede observar que no existen diferencias significativas entre tratamientos ni entre bloques.

**Cuadro 4.9. Análisis de varianza para rendimiento (T/ha) de papa cuarta categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	66.539551	9.505651	0.9498N.S.	0.508
Bloques	3	90.100586	30.033529	3.0010N.S.	0.053
Error	21	210.161865	10.007708		
Total	31	366.802002			

C.V. = 38.51%

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

En el Cuadro 4.10 se presenta la comparación de rendimiento en toneladas por hectárea para el cultivo de papa variedad Gigant de cuarta categoría. De acuerdo con el análisis de varianza no existe diferencia significativa entre

tratamientos, por lo que no se llevó a cabo la prueba de medias. Se observa que el tratamiento que generó mayor cantidad de papa de cuarta calidad fue nutri phite P + K con un rendimiento de 18.66 T/ha y el menor rendimiento lo presentó startterfeed con 11.16 T/ha.

**Cuadro 4.10. Comparación de rendimiento experimental (T/ha) para el cultivo de papa de cuarta categoría, variedad Gigant. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

No.	Tratamiento	Rendimiento (Ton/ha)
1	map técnico	17.22
2	ácidos húmicos y fúlvicos	13.52
3	nutri phite p + k	18.66
4	startterfeed	11.16
5	micorrizas	17.22
6	testigo convencional	16.30
7	testigo absoluto	16.34
8	algaenzims	11.30

#### 4.2. Concentración de fósforo foliar.

En los análisis los valores de por ciento de fósforo foliar se transformaron, debido a que cuando se manejan datos en porcentaje la distribución no es normal, sino que frecuentemente se tienen distribuciones Poisson o binomiales, por ello se realizó dicha transformación de  $\text{arcoseno} \sqrt{\text{porcentaje}}$  lo que permitió la realización de los análisis de varianza y prueba de medias.

Donde:

Porcentaje = 0.458

$$\text{arcoseno} \sqrt{\frac{0.458}{100}} = 3.880$$

##### 4.2.1. Concentración de fósforo foliar. (primer muestreo)

En el Cuadro 4.11 se muestra el análisis de varianza de los datos transformados de por ciento de fósforo foliar en el cultivo de papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra donde se observa que hay diferencia altamente significativa entre tratamientos y diferencia significativa entre bloques.

**Cuadro 4.11. Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

<b>FV</b>	GL	SC	CM	F	P>F
<b>Tratamientos</b>	7	0.366638	0.052377	13.2849**	0.000
Bloques	3	0.014954	0.004985	1.2643**	0.312
Error	21	0.082794	0.003943		
Total	31	0.464386			

**C.V. = 1.72%**

**significativa.**

**significativa.**

**significativa.**

**N.S. Diferencia no**

**\* Diferencia**

**\*\* Diferencia altamente**

En el Cuadro 4.12 se muestra la comparación de medias mediante Tukey al 5 por ciento de los datos transformados de concentración de fósforo foliar a los 82 días después de la siembra, en el cual existe diferencia entre tratamientos, siendo el mejor tratamiento el de map técnico con un dato de concentración de fósforo foliar transformado de 3.8612 que equivale a una media de 0.454 de por ciento de fósforo.

**Cuadro 4.12. Comparación de medias de datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

No.	Tratamiento	Fósforo foliar transformado	Tukey 5%
1	map técnico	3.8612	A
2	ác. húmicos y fúlvicos	3.7140	AB
4	startterfeed	3.6885	B
3	nutri phite	3.6718	B
5	micorrizas	3.6448	B
6	testigo comercial	3.6220	B
7	testigo absoluto	3.5795	BC
8	algaenzims	3.4617	C

#### 4.2.2. Concentración de fósforo foliar. (segundo muestreo)

En el Cuadro 4.13 se muestra el análisis de varianza de los datos transformados de por ciento de fósforo foliar en el cultivo de papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra, donde se observa que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos y bloques.

Cuadro 4.13. Análisis de varianza de los datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2003.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	7	1.076447	0.153778	3.4987**	0.012
Bloques	3	0.608459	0.202820	3.4987**	0.012
Error	21	0.923004	0.043953		
Total	31	2.607910			

C.V. = 6.81%

significativa.

significativa.

significativa.

N.S. Diferencia no

\* Diferencia

\*\* Diferencia altamente

En el Cuadro 4.14 se muestra la comparación de medias mediante Tukey al 5 por ciento de los datos transformados de concentración de fósforo foliar a los 108 días después de la siembra, en el que existe diferencia entre tratamientos, siendo el mejor tratamiento algaenzims con un dato de concentración de fósforo foliar transformado de 3.3788 que equivale a una media de 0.347 de por ciento de fósforo.

Cuadro 4.14. Comparación de medias de datos transformados de concentración de fósforo foliar en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.

<b>No.</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Fósforo foliar transformado</b>	<b>Tukey 5%</b>
<b>1</b>	<b>map técnico</b>	<b>3.1532</b>	<b>AB</b>
<b>2</b>	<b>ác. húmicos y fúlvicos</b>	<b>2.9803</b>	<b>AB</b>
<b>3</b>	<b>nutri phite</b>	<b>2.9973</b>	<b>AB</b>
<b>4</b>	<b>startterfeed</b>	<b>3.1863</b>	<b>AB</b>
<b>5</b>	<b>micorrizas</b>	<b>3.1482</b>	<b>AB</b>
<b>6</b>	<b>testigo comercial</b>	<b>3.0735</b>	<b>AB</b>
<b>7</b>	<b>testigo absoluto</b>	<b>2.7035</b>	<b>B</b>
<b>8</b>	<b>algaenzims</b>	<b>3.3788</b>	<b>A</b>

#### **4.3. Kilogramos por hectárea de fósforo absorbido.**

Los kilogramos por hectárea de fósforo absorbido se obtienen al multiplicar los gramos de materia seca de una planta por la densidad total del cultivo, luego por la concentración de fósforo foliar (por ciento) de cada tratamiento y dividirlo entre mil

Donde:

Gramos de materia seca = 28.60

Densidad total del cultivo = 55, 500.

Concentración de fósforo foliar = (0.458/100)

$$\text{Kilogramos} = \left( \frac{(28.6 \text{ grsMs}) * (55,500) * \left( \frac{0.458}{100} \right)}{1000} \right) = 7.269 \text{ Kg.}$$

En el Cuadro 4.15 se muestra el análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbidos en el cultivo de papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra donde se observa que no existe diferencia significativa entre tratamientos ni entre bloques.

**Cuadro 4.15. Análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra. Campo Experimental "Saltillo", INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

<b>FV</b>	GL	SC	CM	F	P>F
<b>Tratamientos</b>	7	21.200073	3.028582	1.2322N.S.	0.329
Bloques	3	0.848938	3.028582	0.1151N.S.	0.950
Error	21	51.613647	2.457793		
Total	31	73.662659			

**C.V. = 33.33%**

**significativa.**

**significativa.**

**significativa.**

**N.S. Diferencia no**

**\* Diferencia**

**\*\* Diferencia altamente**

En el Cuadro 4.16 se presentan los kilogramos por hectárea de fósforo absorbido a los 82 días después de la siembra en el cultivo de papa variedad Gigant en el que no

existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo tanto no se llevó a cabo la prueba de medias, se muestra al tratamiento micorrizas con la mejor absorción de fósforo con 24.129 kilogramos absorbidos, y la menor absorción lo presentó el testigo absoluto con 13.606 kilogramos absorbidos.

**Cuadro 4.16. Comparación de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

No.	Tratamientos	grs/materia seca	Kg/ha fósforo absorbido
1	<b>map técnico</b>	78.8	19.689
2	ácidos húmicos y fúlvicos	82.7	19.286
3	nutri phite	94.3	21.547
4	starterfeed	82.6	19.040
5	micorrizas	107.4	24.129
6	testigo comercial	86.1	18.993
7	testigo absoluto	62.7	13.605
8	algaenzims	70.8	14.235

En el Cuadro 4.17 se muestra el análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbidos en el cultivo de papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra donde se observa que no existe diferencia significativa entre tratamientos ni entre bloques.

**Cuadro 4.17. Análisis de varianza de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de la papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

<b>FV</b>	GL	SC	CM	F	P>F
<b>Tratamientos</b>	7	6.710999	0.958714	0.3692N.S.	0.910
Bloques	3	5.706848	1.902283	0.7326N.S.	0.547
Error	21	54.531433	2.596735		
Total	31	66.949280			

C.V. = 31.20 %

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

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

**\*\* Diferencia altamente  
significativa.**

En el Cuadro 4.18 se presentan los kilogramos por hectárea de fósforo absorbido a los 108 días después de la siembra en el cultivo de papa variedad Gigant en el que no existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que no se llevó a cabo la prueba de medias se muestra al tratamiento micorrizas con la mejor absorción de fósforo con 24.79 kilogramos absorbidos, y la menor absorción lo presentó el testigo absoluto con 18.49 kilogramos absorbidos.

**Cuadro 4.18. Comparación de kilogramos de fósforo absorbido en el cultivo de papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

No.	Tratamientos	Grs/materia seca	Kg/ha fósforo absorbido
1	<b>map técnico</b>	118.0	19.74
2	ácidos húmicos y fúlvicos	140.9	21.22
3	nutri phite	138.57	20.86
4	starterfeed	126.03	21.19
5	micorrizas	149.0	24.79
6	testigo comercial	125.15	20.11
7	testigo absoluto	146.8	18.49
8	algaenzims	97.18	18.85

#### **4.4. Eficiencia de fósforo absorbido.**

Para determinar la eficiencia de absorción de fósforo, se utilizó la siguiente formula:

$$E = \left[ \frac{(X - Y)}{Z} \right] 100$$

Donde:

E = Eficiencia de absorción de fósforo.

X = Contenido de fósforo en las plantas fertilizadas (Kg/ha).

Y = Contenido de fósforo en las plantas no fertilizada (Kg/ha).

Z = Dosis de fósforo aplicada 400 (Kg/ha).

$$E = \left[ \frac{(8.22 - 6.45)}{400} \right] 100 = \mathbf{0.442\%}$$

La dosis no es una constante ya que se le debe agregar la cantidad de fósforo extra que es suministrada por los tratamientos.

Los datos de eficiencia de absorción de fósforo expresados en por ciento se transforman debido a que cuando se manejan datos en porcentaje la distribución no es normal, si no que frecuentemente se tienen distribuciones de Poisson o binomiales , por ello se realiza dicha transformación de  $\arccoseno \sqrt{\text{porcentaje}}$  para poder hacer los análisis de varianza y prueba de medias.

$$\arccoseno \sqrt{\frac{0.442}{100}} = 3.814$$

Debido a que algunos datos de eficiencia de los tratamientos al compararlos con el testigo absoluto son negativos se prescindió del análisis de varianza debido a que no se obtendrían resultados significativos, por lo tanto, solamente se presentan los cuadros de eficiencia de absorción de fósforo en por ciento.

El Cuadro 4.19 muestra las eficiencias de absorción de fósforo en porcentaje en el cultivo de papa a los 82 días después de la siembra para los 8 tratamientos.

**Cuadro 4.19. Eficiencia de absorción de fósforo en por ciento en el cultivo de papa variedad Gigant a los 82 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	0.75	0.40	-0.14	-0.01	0.45	0.01	-	-0.27
R2	-0.31	0.64	0.64	0.65	0.34	0.91	-	-0.22
R3	0.70	0.19	0.36	0.43	1.42	0.10	-	0.51

<b>R4</b>	0.32	0.19	1.07	0.27	0.42	0.33	-	0.14
-----------	------	------	------	------	------	------	---	------

En el Cuadro 4.20 muestra las eficiencias de absorción de fósforo en porcentaje de papa a los 108 días después de la siembra para los 8 tratamientos.

**Cuadro 4.20. Eficiencia de absorción de fósforo en por ciento en el cultivo de papa variedad Gigant a los 108 días después de la siembra para cada uno de los tratamientos evaluados. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo P-V 2003.**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
<b>R1</b>	0.42	-0.60	-0.40	-0.74	-0.04	-0.48	-	-0.48
<b>R2</b>	-0.18	0.79	0.24	0.68	0.64	0.26	-	-0.14
<b>R3</b>	0.17	0.24	0.68	0.20	1.24	0.12	-	0.47
<b>R4</b>	-0.12	0.25	0.06	0.52	-0.27	0.50	-	0.23

#### 4.5. Análisis económico.

Se realizó un análisis de relación costo – beneficio para obtener la utilidad bruta por hectárea, la tasa de retorno y en función de los resultados obtenidos se determino cual es el mejor tratamiento que proporcione los mayores beneficios económicos.

**Cuadro 4.21. Costos de producción del cultivo de papa variedad Gigant en la región papera de Arteaga, Coahuila, Galeana y Navidad N.L. Ciclo P-V 2003.**

Actividad	Costo
preparación de terreno	\$6,395.00
obtención de semilla (5 ton/ ha) y flete	\$37,891.00
análisis y tratamiento de la semilla	\$305.00
siembra	\$1,475.00
agroquímicos y aplicación	\$26,579.50
cosecha	\$8,431.00
fertilizantes	\$8,600.00
costo real / ha	<b>\$89,676.50</b>





De la relación costo – beneficio se obtienen los siguientes datos: la tasa de retorno para la venta por calidades reporta que la mejor relación se da con el tratamiento ácidos húmicos y fúlvicos 1.11, esto es por cada peso de inversión se genera una ganancia de once centavos. En cambio micorrizas tiene una relación -0.16, esto es, por cada peso de inversión hay una pérdida de dieciséis centavos.

En el caso de la tasa de retorno en venta a granel reporta que la mejor relación se da con el tratamiento nutri phite P + K 1.70, esto es que por cada peso de inversión se generan setenta centavos de ganancia. En cambio, algaenzims tiene una menor relación 1.35, esto es que por cada peso de inversión se generan treinta y cinco centavos de ganancia.

## V. CONCLUSIONES

1. Se cumple el primer objetivo relacionado con la determinación de eficiencia de aprovechamiento de fósforo. A los 82 días el tratamiento micorrizas presentó el mayor valor promedio de 0.66 por ciento mientras que algaenzims generó el menor de 0.04 por ciento. A los 108 días se mantuvo la misma tendencia.
2. Se encontró que el rendimiento más alto fue para ácidos húmicos y fúlvicos con 33.75T/ha considerando las tres primeras categorías. Para primera calidad correspondió a ácidos húmicos y fúlvicos con 10.23T/ha, segunda calidad correspondió a map técnico con 14.07T/ha, tercera y cuarta calidad correspondió a nutri Phite P + K con 15.19T/ha y 18.66T/ha respectivamente. Haciendo la suma de todas las calidades el rendimiento más alto fue para nutri phite P + K con 51.11Ton/ha.
3. Desde el punto de vista económico, la mayor tasa de retorno a venta del producto asociado con su calidad se encontró lo siguiente: el mayor valor 1.11 se asocia con la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos, mientras que micorrizas presentó el menor con -0.16. Sin considerar calidad del tubérculo la generó el tratamiento nutri phite P + K, este valor fue de 1.70, mientras que algaenzims produjo un valor de 1.35.
4. Se acepta la primera hipótesis dado que el tratamiento micorrizas presentó el mayor valor de eficiencia de absorción de fósforo.
5. Se rechaza la segunda hipótesis, ya que el mayor rendimiento sin considerar calidades de tubérculo fue Nutri phite P + K, tratamiento que no generó el mayor valor de eficiencia de absorción de fósforo.
6. Se acepta la hipótesis tercera, pues se encontró que los tratamientos de fertilización evaluados generaron relaciones costo - beneficio diferentes.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C. A. 1990. Resumen de experimentos realizados con extractos de algas, UAAAN. Buenavista, Coahuila, México.
- Agüero, M.J.G. 1977, Evaluación de los fungicidas Benlate 50w, Vitabax y Dithanc M.C. en el combate de *Rizoctonia solani* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región de Derramadero, Coahuila. Tesis Licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Alexander, M. 1981. Introducción a la microbiología de suelos. AGT. Ed. Tor, S.A.
- Baéz, P.M. 1983. La papa (*Solanum tuberosum* L.) Monografía licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Botello, J.C. 1993. Reducción de la fertilización fosfórica con la adición de ácido húmico y fertilización foliar en papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Buckman, H.O. y C.N. Brady, 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos 1ª edición. Montaner y Simon España p 450-475.
- Burd, J.J. 1948. Chemistry the phosphate ion soil system. Soil Science. 65: 227 – 248.
- Cajuste, L.J. 1977. Química de suelos con enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Campos, C.A. 1989. El cultivo de la papa. Trabajo final del curso de cultivos intensivos 1. Monografía. I.T.E.S.M. Monterrey, N.L. México.
- Canales, L. B. 1987. Teoría enzimática sobre el cambio de la textura en el suelo (estudio empírico) manuscrito no publicado. 50 pag. ALGAENZIMZ, S.A. México.

- Canales, L.B. 1995. Fijación de nitrógeno del aire por plantas no leguminosas. Manuscrito no publicado. ALGAENZIMZ, S.A. México.
- Cepeda, D. J. M. 1982. Química de suelos. 2ª. Edición. Ed. Trillas. México.
- Centro Internacional de la Papa (CIP), 1985. Semilla botánica; un método alternativo para la producción de papa. Series CIP de diapositivas didácticas departamentales de capacitación y comunicación. Lima, Perú.
- Correl, S.D. 1952. Section tuberarium of the genus *Solanum* of North America and Central America. agriculture Monograph No. 11. Department of Agriculture. U.S.A.
- Crouch, L. Y Van Staden, J. 1992. Evidence of the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. Department of Botany, University of Natal, Republic of South Africa. Ed. Kluwer academic publishing. The Netherlands.
- Cumbres, S.A. 1976. Nueva enciclopedia formativa 1ª edición I.E.M. (12) pp. 236-242. México.
- Dirección General de Estadística Agrícola (DGEA), 1983. Anuario estadístico, la papa (*Solanum tuberosum* L.) producción y comercialización. México.
- Domínguez, V.A. 1977. Tratado de fertilizantes. Ed. Mundi prensa, España.
- Edmond, J.F. 1976. Principios de horticultura. 3ª edición. Editorial Continental, México.
- Esquivel, C.P. 1995. Reducción de la fertilización con adición de bioactivadores hímicos y fertilización foliar en el cultivo de papa. (*Solanum tuberosum* L.) Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Fassbender, H.W. 1980. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Editorial IICA. San José, Costa Rica

- Fernández, V. H. 1968. The action of humic acid of different sources on the development of plant and their effect on increasing concentration of the nutrient solution. in: study week on organic matter and soil fertility Nort-Holland publishing Co. Amsterden P 805-806.
- Firma, E.B. 1963. Suelos y sus fertilizantes. Ediciones Omega España.
- Fox, D. F. 1961. The effect of seaweed meal on the growth and development of geranium *pelarganium hortorum* cultivar improved Ricard, M. S. Thesis, Clemson Univ. Clemson. S. C pp.
- Fox, B.A. y A.G. Cameron, 1961. Food Science, nutricion and healt. Six edition Ed. Edwar Arnol, a division of hodder heardline, PLC. London NWI 3BH.
- Fuentealba, J. 2001. Revista de la papa, Año 3, No. 10. Diciembre 2001. Pag 6 – 7. Universidad Austral de Chile.
- Furlani, C.A.M. y U.J. Fulho, 1990. Eficiência ãa absorcao utilizacao de fósforo em salacao nutritiva. Bragantia Campinas 49:413-423.
- García A.J. 1992. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) Cv. Atlantic en la Región de Galeana N.L. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- García, C.I. y G. Briones, 1997. Sistemas de riego por aspersión y goteo. Editorial Trillas, UAAAN. México, pp 171-185.
- García, E.1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4ª Edición. Ed. Indianapolis. México.
- García, F.J.L. y R. García, 1982. Edafología y fertilización agrícola. 1ª edición Aedos, España.

- García, R.A. 1959. Horticultura. Salvat Editores. S.A. 2ª Ed. Barcelona España.
- G.B.M., 1992. Primera reunión para la organización y programación del desarrollo y servicio técnico. Saltillo, Coahuila, México; S.A. de C.V.
- González, L. M. 1993. Investigación y extensión. PIEX-SARH. Navojoa, Sonora.
- Hilel, E.A. y T.A. Howell, 1972. Crop, response to trickle irrigation and subsurface irrigation, ASAE. Winter Meeting. Chicago Illinois.
- Hooker, J.E. y D. Atkinson, 1992. Aplicación de computer-aided image analysis to studies of arbuscular endomycorrhizal fungi effects on plant root system morphology and dynamics. *Agromie* 12, 821-824.
- Jiménez, A.D. 2004. Eficiencia de la aplicación de fósforo foliar y en riego localizado para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Juscafresa, B. 1966. Bulbos, Tubérculos y leguminosas. Boletín técnico. SAGARPA. México.
- Kononova, M. M. 1982. Materia orgánica del suelo. Traducción del Ruso Barcelona. OIKUS-TAU.
- Koo, M. 1991 Response of citrus to seaweed-based nutrient spray. *Soil Science* (61), 8:7383.p 850.
- León, A.R. 1984. Nueva edafología, regiones tropicales y áreas templadas de México. Ed. Gaceta, México, pp. 122-142.
- López, D.A. R.M. Williams, K. Miehke y J. Mazana. 1995. Enzimas, fuente de vida. Fundación de Investigación Inmunológica (IERF), 1+ 822 Moticelo place, Evanson, Illinois, USA. Ed. En español, Edika Med. S.L. Barcelona, España.

- Loya, R.A.H. 2003. Rentabilidad de un fertilizante líquido aplicado al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Var. Gigant. Tesis licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Morales, J.A.B. 1996. Efecto de fertilizantes líquidos ácidos y sólidos sobre aprovechamiento de fósforo por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en un suelo de pH alcalino. Tesis maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Mortvedt, J.J. et. al. 1983. Micronutrientes en la agricultura. Edición en español Agt Editor, S.A., México.
- Odlan, T.E. 1956. A field comparison of eighth phosphates fertilizers. American Potato Journal.
- Omega Agroindustrial. 1989. Departamento de Investigación y Desarrollo. Saltillo, Coahuila, México. S.A.
- Ortiz V.B. 1990. Edafología. 7ª Edición. Editorial Patena. Chapingo, México.
- Palomares, R. 1990. Revista frutos. No. 12, año 4. C.N.P.H. México.
- Parga, T.V. 1990. 2º Día del agricultor. Publicación No. 1, INIFAP, Arteaga, Coahuila, México.
- Parsons, D.B. et al. 1982. Papas. Manuales para la educación agropecuaria 1ª Ed. Editorial Trillas. México.
- Peña, C.J. 1995. Introducción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la localidad de Atoyac, Jalisco. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

- Primo, J.M. y D. Carralo, 1981. Química de suelos. Suelos y fertilizantes. Editorial Alambra. España.
- Rivero, O.P. 1988. Efecto del azufre elemental y estiércol bovino sobre la disponibilidad del fósforo y hierro en suelos calcáreos de Tamaulipas. Tesis maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Rodríguez, M.I.M. 1997. Fertilización foliar en el cultivo del tomate en condiciones de invernadero. Tesis doctoral. EDAFIRENAT-CP, Montecillos, México.
- Russell, E.J. y Russell, E.W. 1986. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 4ª Ed. Editorial Aguilar. México.
- SAGARPA, 2001. Sistema de información agropecuaria de consulta 2000. (SIACON) México.
- Sánchez, L.B.A. 1988. Fertilización fraccionada de fósforo en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Saltillo, Coahuila. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Santos, A.T. y M.D. Aguilar, 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en rendimiento de los cultivos. Terra volumen 17 número 3.
- Sempere, F. y P. Santamarina, 2001. Micorrizas, revista agrícola vergel nº 232 de Abril. Pág 198-201. España.
- Senn, T.L. 1987. Seaweed, research in corp production. Econ. Dev adm.US Dep Commer Whashington
- Silveira, A.D.P. 1992. Micorrizas. In microbiologia de solo. Sociedade Brasileira de Ciencia de Solo. Campinas, Brasil.

- Solis, M.M. y Cajuste, L. 1992. Efectos de algunas características químicas del suelo sobre el fósforo extraído por cuatro métodos. Memoria XX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Guerrero. México.
- Sprague, H.B. 1964. Hungers Singns In Crops. David Mckay Co. New York. U.S.A.
- Stewart, J. y Kercher, R.B. 1983. Phosphorus cyclin in soils agronomic considerations. actes du 3 Eme Congress International Sur les Composes phosphores, IMPHOS. 551 – 565. Bruselas, Belgica.
- Talamás, H.E. 1998. Efecto de los extractos de algas marinas en la calidad y rendimiento en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Tamaro. 1981. Manual de horticultura. Editorial G. Gilis, S.A. México.
- Tamhane, R.V., D.P. Motiramón. Y.P. Bali., y R.L. Donahue. 1978. Suelo su química y fertilidad en zonas tropicales. Traductor Aurelio Romero del Valle. Editorial Diana, México.
- Thompson, L.M. y F.R. Troeh, 1980. Los suelos y su fertilidad. 4ª edición. Ed. Reverté, Barcelona, España.
- Valdéz, O.A 1989. Primera demostración agrícola para productores de papa, INIFAP, Arteaga, Coahuila, México.
- Villa, V.A. 2004. Aplicación de fertilizantes foliares aminoácidos en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de invernadero. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Xoconostle, C.B. y M.R. Ruiz, 2002. Memoria del XXX aniversario de biotecnología y bioingeniería, Cinvestav, Irapuato, Guanajuato, México.

## **6.1. Bibliografía en internet.**

<http://www.cosmocel.com>

<http://www.palautbioquim.com.mx>

<http://www.apsnet.org>

<http://www.infoacera.gob.mx>

<http://www.sagarpa.gob.mx>

<http://www.fertilizar.org.ar>

<http://www.cinvestav.mx>

**<http://www.fertiberia.com>**

## VII. APÉNDICE

Cuadro A.1 Kilogramos de primera categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo pv, 2003.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	4.0	3.8	1.2	4.7	2.1	1.0	3.0	1.1
R2	4.7	3.4	5.3	4.9	1.2	3.4	3.0	2.2
R3	4.2	3.9	3.0	3.2	6.4	3.9	3.0	0.9
R4	2.2	11.0	6.8	6.0	0.9	4.9	1.0	9.0

**Cuadro A.2 Kilogramos de segunda categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo pv, 2003.**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	13.9	5.8	3.8	1.1	6.3	4.2	4.8	2.0
R2	3.1	5.5	6.0	9.0	7.3	5.0	1.2	5.8
R3	4.2	5.1	3.2	3.2	4.8	5.1	3.2	4.0
R4	9.2	8.0	8.0	8.0	1.9	7.8	3.8	13.0

Cuadro A.3 Kilogramos de tercera categoría de papa para cada uno de los tratamientos. Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo pv, 2003.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	8.9	6.8	6.9	4.9	11.0	3.0	9.0	8.4
R2	4.1	8.1	14.2	16.2	10.2	8.1	3.0	6.8
R3	4.2	5.2	2.5	2.5	5.0	5.2	6.0	4.0
R4	5.6	6.3	9.2	8.0	2.0	7.0	2.9	6.2

Cuadro A.4 Kilogramos de cuarta categoría de papa para cada uno de los tratamientos Campo Experimental “Saltillo”, INIFAP. Ciclo pv, 2003.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	10.0	7.2	7.0	7.0	8.0	9.2	14.8	7.8
R2	10.1	8.8	20.2	5.9	10.2	8.8	6.3	7.2
R3	9.3	9.2	8.2	8.2	15.0	9.2	8.2	4.2
R4	7.8	4.0	4.9	3.0	4.0	8.0	6.0	5.2

Cuadro A.5. Concentración foliar de fósforo en por ciento a los 82 días después de la siembra.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	0.458	0.432	0.399	0.407	0.411	0.385	0.412	0.398
R2	0.438	0.416	0.419	0.431	0.402	0.397	0.374	0.358
R3	0.446	0.420	0.410	0.408	0.407	0.417	0.384	0.366
R4	0.449	0.411	0.413	0.410	0.397	0.398	0.390	0.338

Cuadro A.6. Concentración foliar de Fósforo en por ciento a los 108 días después de la siembra.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	0.295	0.212	0.281	0.281	0.245	0.232	0.243	0.318
R2	0.235	0.271	0.261	0.244	0.301	0.276	0.222	0.340
R3	0.314	0.274	0.324	0.342	0.355	0.294	0.178	0.330
R4	0.375	0.331	0.232	0.378	0.311	0.355	0.251	0.405

Cuadro A.7. Contenido de materia seca en gramos por planta a los 82 días después de la siembra.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	28.60	23.90	16.10	18.20	26.10	19.60	18.10	13.80
R2	8.80	26.00	26.10	25.40	21.60	32.10	16.60	12.90
R3	22.10	14.30	17.70	19.00	36.40	12.70	12.00	22.60
R4	19.30	18.50	34.40	20.00	23.30	21.70	16.00	21.50

Cuadro A.8. Contenido de materia seca en gramos por planta a los 108 días después de la siembra.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	50.20	34.50	30.70	22.10	46.30	35.20	47.80	25.70
R2	24.00	46.80	33.60	49.10	38.50	32.10	31.40	17.60
R3	21.30	26.10	32.30	20.10	40.50	21.50	30.50	26.80
R4	22.50	33.50	41.97	34.73	23.70	36.35	37.10	27.08



Cuadro 4.22. Análisis de relación costo beneficio del cultivo de papa variedad Gigant en la región papera de Arteaga, Coahuila; Galeana y Navidad N.L. Ciclo P-V 2003.

Tratamientos	Costo real/ha	Incremento por fertilización	Rendimiento total (T/ha)	Calidad y valor de la producción (T/ha)				Valor de venta	Venta a granel	Utilidad bruta con calidad	Utilidad bruta sin calidad	Tasa retorno con calidad	Tasa retorno sin calidad
				Primera	Segunda	Tercera	Cuarta						
				\$4.00	\$3.00	\$1.50	\$0.50		\$3.00				
testigo comercial	\$89,676.50	_____	43.43	6.11	10.23	10.79	16.30	\$79,467.59	\$130,277.78	-\$10,208.91	\$40,601.28	- 0.12	1.45
map técnico	\$90,048.41	\$ 371.91	48.84	6.99	14.07	10.56	17.22	\$94,629.63	\$146,527.78	\$4,953.13	\$56,851.28	1.05	1.63
ác. húmicos y fúlvicos	\$90,576.50	\$ 900.00	47.27	10.23	11.30	12.22	13.52	\$99,907.41	\$141,805.56	\$10,230.91	\$52,129.06	1.11	1.58
nutri phite	\$89,901.50	\$ 225.00	51.11	7.55	9.72	15.19	18.66	\$91,458.33	\$153,333.33	\$1,781.83	\$63,656.83	1.01	1.70
startterfeed	\$90,060.50	\$ 384.00	44.35	8.70	9.86	14.63	11.16	\$91,921.30	\$133,055.56	\$2,244.80	\$43,379.06	1.02	1.48
micorrizas	\$90,776.50	\$ 1,100.00	44.58	4.91	9.40	13.06	17.22	\$76,018.52	\$133,750.00	-\$13,657.98	\$44,073.50	- 0.16	1.49
algaenzims	\$91,116.50	\$ 1,440.00	40.65	6.11	11.48	11.76	11.30	\$82,175.93	\$121,944.44	-\$7,500.57	\$32,267.94	- 0.09	1.35