

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**Efecto de diferentes dosis de fertilización (N,P,K) vía
cintilla de riego en el rendimiento de papa (*Solanum
tuberosum L.*)**

POR:

SÓCRATES DEMETRIO SAQUELARES OLEA

TESIS

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Noviembre del 2001**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN (N,P,K)
VÍA CINTILLA DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO DE PAPA
(*Solanum tuberosum* L.)**

**POR:
SÓCRATES DEMETRIO SAQUELARES OLEA**

TESIS

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**A P R O B A D A
EL PRESIDENTE DEL JURADO**

**_____
M.C. RICARDO REQUEJO LÓPEZ**

VOCAL

VOCAL

**_____
M.C. LUIS MIGUEL LASSO MENDOZA**

**_____
Ing. BLAS A. RIOS BURCIAGA**

EL COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**_____
M.C. LUIS EDMUNDO RAMÍREZ RAMOS**

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Ricardo Requejo López con respeto y admiración por la oportunidad que me brinda para realizar la presente investigación, invaluable asesoría, revisión y sugerencias en el desarrollo de la misma.

Al M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza por su paciencia y gran ayuda desinteresada en la elaboración de éste trabajo de investigación.

Al Ing. Blas Alberto Ríos Burciaga por su incondicional apoyo, y su valiosa ayuda en la realización del trabajo de campo.

A mí “ALMA MATER” por la oportunidad brindada para la realización de mis estudios de licenciatura.

Al Ing. Ramón Sánchez de Saltillo, Coah. Por su invaluable cooperación para la realización de este trabajo en el rancho de su propiedad.

Con respeto y admiración a todos los profesores quienes en el trayecto de mi vida estudiantil me transmitieron los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

A todas aquellas personas que de una manera u otra me brindaron su amistad, apoyo y ayuda a lo largo de mi carrera y realización de la presente investigación.

DEDICATORIA

Con todo mi respeto y cariño a mis padres:

Sra. Leonor Guadalupe Olea de Saquelares
† Sr. Sócrates Adán Saquelares López

Por sus buenos ejemplos, amor y gran confianza, valores que me alientan a seguir adelante en este camino de la vida.

A mi hermana:

María Nelly

Por su gran ternura y cariño, a quien trataré de darle mi mejor ejemplo como hermano y amigo.

A Ruth Vanessa:

Con quién comparto mis sentimientos y sueños, por el cariño y apoyo que ha sabido brindarme.

A todos mis amigos:

Por los triunfos y amarguras en que hemos coincidido, y que de alguna forma, al final, siempre serán buenos recuerdos.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- LITERATURA REVISADA.....	3
2.1 Origen histórico.....	3
2.2 Importancia económica.....	3
2.3 Clasificación botánica.....	4
2.4 Sistema radical.....	5
2.5 Tallo.....	5
2.6 Tallos subterráneos.....	6
2.7 Hojas.....	6
2.8 Flores.....	6
2.9 Fruto.....	7
2.10 Condiciones ambientales.....	7
2.11 Necesidades nutricionales.....	9
2.12 Nitrógeno.....	12
2.13 Fósforo.....	13
2.14 Potasio.....	14
III.- MATERIALES Y METODOS.....	15
3.1 Localización del área experimental.....	15
3.2 Clima.....	15
3.2.1. Precipitación.....	15
3.2.2. Temperatura.....	16
3.3 Suelo.....	16
3.4 Agua.....	16
3.5 Descripción de materiales.....	17
3.5.1. Planta.....	17
3.5.2. Fertilización.....	17

3.6 Descripción de tratamientos.....	18
3.7 Diseño experimental.....	19
3.7.1 Descripción del sitio experimental.....	20
3.7.2 Aplicación de los tratamientos.....	20
3.8 Prácticas culturales.....	20
3.9 Manejo del cultivo.....	21
3.9.1 Siembra y fertilización.....	21
3.9.2 Cultivos.....	21
3.10 Riegos.....	22
3.11 Plagas y enfermedades.....	23
3.11.1 Control de plagas.....	23
3.11.2 Control de enfermedades.....	24
3.12 Desvare y cosecha.....	25
3.13 Evaluación de tratamientos.....	26
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Rendimiento total.....	27
4.2. Rendimiento por categorías.....	30
4.2.1. Papa de primera.....	30
4.2.2. Papa de segunda.....	31
4.2.3. Papa de tercera.....	33
4.2.4. Papa de cuarta.....	34
4.3. Relación Beneficio – Costo.....	35
V.- CONCLUSIONES.....	36
VI.- BIBLIOGRAFIA.....	37
VII.- APÉNDICE.....	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.:

1...Fertilizantes sólidos utilizados al momento de la siembra en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	17
2...Fertilizantes líquidos aplicados vía riego en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	18
3...Tratamientos y su distribución en el ciclo de producción en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	19
4...Clasificación de tubérculos para la región de Coah. y N. L.....	26
5a...Rendimiento total comercial en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)	44
6a...ANVA Rendimiento total comercial en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	45
7a...ANVA Rendimiento de papa de primera en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	45
8a...ANVA Rendimiento de papa de segunda en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)	45
9a...ANVA Rendimiento de papa de tercera en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	46

10a..ANVA Rendimiento de papa de cuarta en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	46
11a..Relación Beneficio – Costo	47

INDICE DE FIGURAS

Figura No.:

1...Comportamiento del rendimiento medio total en relación a las dosis de fertilización de N,P y K aplicadas en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	27
2... Comportamiento del rendimiento medio total comercial en relación a las unidades de nitrógeno aplicadas en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	28
3... Comportamiento del rendimiento medio total comercial en relación a las unidades de fósforo aplicadas en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)	29
4... Comportamiento del rendimiento medio total comercial en relación a las unidades de potasio aplicadas en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	30
5... Comportamiento de los tres mejores rendimientos medios de papa de primera en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	31
6... Comportamiento de los tres mejores rendimientos medios de papa de segunda en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	32
7... Comportamiento de los tres mejores rendimientos medios de papa de tercera en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	33
8... Comportamiento de los tres mejores rendimientos medios de papa de cuarta en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).....	34

I. INTRODUCCIÓN

La papa *Solanum tuberosum* L., es uno de los productos alimenticios más importantes en el mundo, y su producción solamente es superada por la de los cultivos de arroz, trigo y maíz.

El área cultivada de papas en el mundo, es alrededor de 22 millones de hectáreas con un rendimiento medio de 13.3 ton/ha. La producción mundial de papa en 1985 fue de 299'134,000 ton, de las cuales Rusia, China, Polonia, Estados Unidos, India y Alemania produjeron el 65.9 % del volumen total. (SAGAR, 1997).

Estadísticas registradas de 1988 a 1990 indican que en el país se siembran anualmente un promedio de 73,497 ha y se cosechan 72,381 ha con una producción de 1'044,375 ton; los principales estados productores son: Sinaloa, México, Veracruz y Chihuahua, los mismos que en conjunto aportan el 63% de la producción nacional (SAGAR, 1997)

En la zona productora de papa de los estados de Coahuila y Nuevo León, normalmente ocupa una superficie superior a las 3,000 ha. En el año de 1998 tan solo en la región de Coahuila se sembraron 2,009 hectáreas bajo condiciones de riego y 8 hectáreas de temporal con un rendimiento promedio de 33.24 ton/ha, cantidades que para el año de 1999 se vuelven a esperar. En esta zona las características físicas y químicas de los suelos agrícolas, constituyen una limitante importante para la obtención de altos rendimientos. El agricultor papero se

ve obligado a utilizar altas dosis de fertilizante, especialmente fosfatado, lo que causa una salinización progresiva del suelo.

En esta zona el rendimiento promedio de papa es de aproximadamente 35 ton/ha, y aunque ha aumentado progresivamente, se considera bajo en función de la cantidad de insumos utilizados. Parte de este problema se debe a una insuficiente nutrición de las plantas, que se asocia con las características de los suelos que generan una baja disponibilidad en nutrimentos.

Hipótesis

La aplicación en forma fraccionada de la dosis de fertilización, mediante la aplicación a la siembra y complementando por medio del uso de un sistema de riego por goteo, genera eficiencia en el uso de fertilizantes, e induce a un aumento en cuanto al rendimiento de tubérculo.

Objetivos

Evaluar el desarrollo y nutrición del cultivo de papa, para conocer la respuesta en rendimiento a diferentes dosis de aplicación de N P K.

Fraccionar la aplicación de fertilizante en una aplicación de siembra y complementando la fertilización de acuerdo a las necesidades nutricionales del cultivo a través de un sistema de riego por goteo.

II. LITERATURA REVISADA

2.1 Origen histórico

Destinada a ser alimento fundamental y de gran importancia en el mundo, la papa es una planta anual cuyo origen geográfico se ubica en las regiones frías y montañosas en la cordillera de los andes del Perú. (Parsons, 1983).

Los españoles la introdujeron a España en el siglo XVI después del descubrimiento de América meridional y se extendió a Portugal, Italia, Alemania e islas británicas y mas tarde a Francia. Por sus condiciones climáticas Holanda fue el país más interesado en su cultivo, y sus genetistas obtuvieron un gran numero de variedades de alta calidad y producción (Parsons, 1983).

Los principales lugares donde se cultiva en forma extensiva en México son los valles altos de la mesa central, región de León, Guanajuato, distrito de Guerrero, en el estado de Chihuahua, y en Navidad, Nuevo León (Cumbres, 1976)

2.2 Importancia económica

En los Estados de Coahuila y Nuevo León, el cultivo de papa representa una de las más importantes fuentes de ingresos agropecuarios, llegando a generar hasta 390,000 jornales por ciclo. Esta región a pesar de no contribuir con una gran proporción de la superficie sembrada a escala nacional, participa dentro de este ámbito con una fracción importante de la producción presentando los mejores rendimientos. (SAGAR, 1997)

En la actualidad es la hortaliza cuyo cultivo es de mayor importancia por su alto rendimiento unitario, por su alto valor nutritivo y por el elevado contenido de carbohidratos, proteínas y vitamina C, debido a esto la papa es uno de los alimentos más importantes tanto en Europa como en América. (Sánchez, 1988).

Se ha cultivado extensivamente en los últimos cien años. Se produce en mas países que cualquier otro cultivo a excepción del maíz. Su volumen de producción mundial tiene el cuarto lugar después del arroz trigo y maíz. El valor económico de la papa tiene el quinto lugar en los países productores.

Bajo condiciones apropiadas, la papa tiene un contenido mayor de nutrimentos 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 kilos de producción por hectárea, la papa proporciona mayor rendimiento que la soya (Parsons, 1983).

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

2.3 Clasificación botánica

La papa pertenece a la familia *Solanaceae*, tribu *Solaneae*, genero *Solanum*, especie *tuberosum*. (Barkley, 1973)

La papa comercial corresponde a las especies *Solanum Tuberosum*, y *Solanum Andigena* y otras especies que se cultivan en América del sur. El género *Solanum* contiene alrededor de 2,000 especies extendidas sobre el mundo.

Las papas cultivadas de mayor importancia pertenecen a la especie *tuberosum* (Lozoya, 1971).

Posiblemente el nombre de papa se origina del nombre indio "Batatas". Este tubérculo es una de las especies cultivables de la familia Solanáceas (Kerh *et al.*, 1967)

La papa es una planta anual de tipo herbácea arbustiva reproducida asexualmente por tubérculos o sexualmente por el desarrollo de semillas en los frutos. Alcanza una altura entre 0 y 80 cm.

2.4 Sistema radical

Las raíces son fibrosas y no tienen posibilidad de producir tubérculos; si la planta nació del tubérculo tendrá un sistema radical fibroso que consiste de raíces adventicias formadas en grupos en tres, usualmente arriba de los nudos del tallo subterráneo. Aunque la mayor parte del sistema radical de la planta se localiza en los primeros 30 cm de profundidad, pueden llegar a alcanzar de 90 a 120 cm, tanto vertical como lateralmente, lo que permite tener un eficiente sistema de absorción de agua y nutrimentos (Tamaro, 1974).

2.5 Tallo

El tallo existe por arriba del nivel del suelo, es de tipo herbáceo, erecto en sus primeras etapas de desarrollo; alcanza una altura aproximada de 40 a 60 cm o más, y tiene un promedio de 4 a 8 tallos por planta. En un corte transversal, los tallos son redondos o cuadrangulares, de color verde, y en ocasiones huecos en la parte inferior (Mainardi, 1987).

2.6 Tallos subterráneos

Son aproximadamente del tamaño de un lápiz y crecen lentamente entre 2.5 a 10 cm. En su extremo terminal o estolones, nacen los tubérculos que son de color blanquecino, más gruesos que las raíces; en ellas hay un momento en el que el estolón deja de crecer y empieza un engrosamiento para la formación del tubérculo que son depósitos de almidón y constituyen la parte comestible de la planta (Peña y Bermudes, 1948).

2.7 Hojas

Las hojas son de tipo compuestas, pecioladas, alternas en forma de espiral y están formadas por folíolos y hojas, las cuales alternan con otras más pequeñas llamadas folíolos intermedios; según la variedad, existen de tres a cuatro pares de hojas grandes, ovaladas y pubescentes. (Moreno, 1970)

2.8 Flores

Las flores nacen en racimos de la extremidad de los tallos; las flores individuales son perfectas, la corola tiene tres lóbulos y pueden ser blanco, amarillo, rosada, lila y morada fuerte según la variedad. Esta es una de las características más utilizadas para la identificación de variedades. El cáliz es tubular y lobulado, los cinco estambres están colocados en la corola y convergen alrededor del pistilo. El pistilo consta de dos carpelos que forman un ovario con un solo estilo y estigma. La flor de la papa no produce néctar por lo cual no es de gran atracción para los insectos. Aunque el polen se disemina por el aire, la polinización cruzada es muy rara y la auto polinización es natural (Mainardi, 1987)

2.9 Fruto

El fruto es una baya carnosa y redonda de 1.25 a 2.5 cm de diámetro, de color verde al principio y amarillo cuando madura; el fruto contiene en su interior la verdadera semilla de la papa o semilla botánica en grandes cantidades que van de 100 a 300 semillas, unidas a la pulpa del fruto (Ruiz *et al.*, 1975).

2.10 Condiciones ambientales

La papa posee una gran capacidad de adaptación a los diversos climas; prospera mejor en climas frescos, pero aunque es resistente a bajas temperaturas, no soporta las heladas y puede cultivarse en lugares calurosos no muy cálidos. Por su adaptabilidad es un cultivo de invierno, de verano; invernol-primaveral u otoñal-primaveral, dependiendo de la región donde se cultive. (Parsons, 1983)

El fotoperiodo es importante, y numerosos cultivares son sensitivos a él; Thompson (1965) condujo una serie de estudios sobre el efecto de la temperatura y el fotoperiodo en la producción de tubérculos y concluyó que con altas temperaturas aumenta la tuberización.

Parsons. (1983) indican que el cultivo de la papa requiere de 10 a 12 hr. de luz diarias, sin embargo Ewing (1981), señala que días largos con altas temperaturas tienen efecto sobre la distribución del material elaborado; existen significativas diferencias genéticas en relación con la respuesta a ambos factores, los cuales también afectan a la morfología de la planta.

Boldaender (1967) citado por Ewing (1981), menciona que cuando se excede el fotoperiodo crítico, los estímulos más importantes están presentes en la cutícula que es requerida para la formación del tubérculo.

Ewing (1981) menciona que el cultivo de la papa requiere latitudes que van de intermedias a altas. Se considera que la temperatura óptima para su desarrollo varía entre 7.2 y 18.3°C con una media de 16.5°C y además se produce desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm.

Parsons (1983), concluye que el cultivo no es capaz de soportar temperaturas menores de 0°C sin tener daños en cualquier parte de la planta.

Ewing (1981), señala que el estrés térmico puede disminuir el rendimiento de tubérculos de la planta, puede reducir la cantidad neta de material fotosintetizado disponible para el total desarrollo de la planta y reducir su distribución a los tubérculos.

Burton (1981), indica que a temperaturas mayores su producción disminuye considerablemente, porque a temperaturas altas aumenta el consumo de hidratos de carbono y como consecuencia disminuye el almacenamiento de reservas en los tubérculos. Se considera que el estrés fisiológico más importante en las regiones productoras de papa es el estrés hídrico.

Harris (1978), refiere que Mc Dermott e Ivins, demostraron que el rendimiento correlaciona con la aplicación de agua al suelo. Para obtener altos rendimientos, el agua del cultivo (evapotranspiración máxima) para un ciclo de 120 a 150 días, varía de 500 a 700 mm y la Eto (referencia), esta dada por el coeficiente del cultivo (Kc) el cual es de 0.4 a 0.5 en un lapso de 20 a 30 días para la etapa inicial para el estado de desarrollo de 0.70 a 0.80 para un periodo de 30 a 40 días, y para el estado medio del ciclo valores de 1.05 a 1.2 durante 30 60 días, en la etapa de formación de los tubérculos de 0.85 a 0.95 en un periodo de 20 30 días y finalmente en la maduración de 0.70 a 0.75.

Smith (1968), indica que en un cultivo de papa en Idaho pierde 10 mm de agua diarios debido a la evapotranspiración lo cual significa que un cultivo

de papa, bajo esas condiciones desarrolla un estrés hídrico en menos de un día si estos 10 mm no se recuperan.

2.11 Necesidades nutricionales

Talavera (1983) menciona que los minerales mas requeridos por el cultivo son: N,P,K y Mg, esto debido a experiencias efectuadas en México (concretamente en León, Zamora y Huatabampo) y han concluido en recomendaciones que fluctúan entre 200 a 320 unidades de N/ha, 200 a 280 unidades de P_2O_5 /ha, 300 unidades de K_2O /ha y de 20 a 50 kg/ha de Mg.

Según S.E.P. (1982) las papas requieren altos niveles de fertilización al suelo para una buena producción. Una cosecha que tiene un rendimiento de 40 ton/ha, extrae del suelo aproximadamente las siguientes cantidades de los elementos: 130 kg de nitrógeno, 21 kg de fósforo, 165 kg de potasio, 8 kg de calcio, 15 kg de azufre, 15 kg de magnesio y cantidades similares de elementos menores.

Remy citado por Fabiani (1967) menciona que el cultivo de papa absorbe entre otros: N (nitrógeno) 97 kg/ha, P_2O_5 (anhídrido fosfórico) 44.6 kg/ha, K_2O (óxido potásico) 200 Kg/ha; además menciona que los requerimientos de fertilizantes químicos por hectárea son: Nitrógeno 60-140 kg, Ácido fosfórico 40-70 kg, Potasio 80-180 kg. Añade que la máxima extracción de estos principios nutritivos tiene lugar en un cultivo que inicie en abril-mayo, en el mes de julio, es decir, en la época de floración y cuando la tuberización es incipiente. En dicho mes, el cultivo recoge a grandes rasgos, la mitad del porcentaje total de principios útiles: 40.6 kg de nitrógeno; 18.6 de pentóxido de fósforo, 100.3 de óxido potásico y de 20-30 kg de óxido de magnesio. La cantidad ponderal necesaria en SO_4 parece ser igual a la que se necesita en P_2O_5 .

La condición nutrimental de los cultivos, en un agrosistema determinado, debe ser óptima si se aspira a alcanzar los rendimientos mas cercanos a los máximos posibles. La única manera de lograr esto es mediante la

formulación y aplicación de un plan nutrimental. La nutrición de los cultivos no puede ser entendida y atendida como un factor aislado, sino que debe ser vista en el contexto de un sistema en el cual hay numerosas variables que interactúan paralelamente y que son determinantes de las acciones que se deben tomar para mantenerla. (Etchevers, 1997)

Los productores de la región de Arteaga, Coah., han tenido éxito en la explotación de este cultivo gracias a la adaptación de mejores técnicas de producción referentes al manejo de plagas y enfermedades, sistemas de labranza y aspectos nutricionales. Sin embargo las condiciones áridas de la región presentan la limitante del recurso agua, ya que se han obtenido valores negativos en estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua en la sierra de Arteaga en cuanto a la disponibilidad del recurso; dichos valores nos indican un déficit hidráulico provocado por la explotación desmedida de los mantos acuíferos de la región.

Mendoza y Robles(1998) toman en cuenta los siguientes puntos al realizar un programa de fertilización para el cultivo de papa: a) Asegurar una nutrición adecuada al cultivo que permita explorar su potencial de rendimiento, b) identificar problemas de disponibilidad nutrimental y proponer alternativas, c) reducir costos de producción, d) Optimizar la resistencia del cultivo a los factores ambientales, e) Optimizar la calidad del tubérculo, f) Contribuir a disminuir riesgos de contaminación del agua, alimento y aire, al utilizar en forma correcta los fertilizantes.

La adopción de técnicas que nos conduzcan a un mejor aprovechamiento del recurso agua podría ser una alternativa viable en el manejo del recurso hídrico en esta zona de producción, como es el caso de un sistema de riego por cintilla. La técnica de fertirrigación representa una muy buena alternativa para bajar costos a base de un uso más eficiente de los elementos nutritivos para la planta.

Las ventajas del uso de un sistema de riego por cintilla son muy altas en cuanto a eficiencia y bajo gasto de agua, provee una excelente uniformidad de distribución, hace posible la irrigación en campos con algún grado de pendiente. Sus requerimientos de energía son bajos debido a que este sistema opera a bajas presiones. Este sistema es también muy aproximado en cuanto al volumen y aplicación del agua, y a su vez muy aproximado en la eficiencia de aplicación de fertilizantes y algunos insecticidas.

A través de esta tecnología proporcionamos directamente al área de la raíz los productos químicos disueltos y de fácil absorción para la planta, logrando de ésta manera la mayor eficiencia posible en cuanto al aprovechamiento de los fertilizantes y del recurso agua. (García et. al., 1996)

El riego por cintilla en este cultivo presenta un mejor comportamiento comparado con los métodos tradicionales en lo relacionado en la eficiencia en el uso del agua, minimiza el desarrollo de las malezas y los requerimientos operacionales durante la aplicación del riego. (Pascual y Dumaoal, 1992)

Se ha obtenido una reducción del 40 por ciento del agua y del 40 al 50 por ciento del nitrógeno mediante este mismo sistema en la variedad de papa Norkotah, comparado con los sistemas de riego por aspersion utilizados normalmente. (Neibling y Brooks, 1994)

Las dosis recomendadas para cierta región reflejarán la eficiencia con la que se maneja el cultivo en general, así como las condiciones ambientales a las que está sometido debido a que las necesidades de fertilización pueden variar de acuerdo a las características del suelo, la variedad del cultivo, las condiciones climáticas, formas de aplicación del fertilizante, fuentes utilizadas, la incidencia de plagas y enfermedades etc. (Rubio, 1988)

Badillo et.al. (1999) obtuvo la demanda nutricional de la variedad Alpha en el cultivo de papa a través del seguimiento secuencial de los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, utilizando fuentes tradicionales de fertilización de la región donde se hizo la evaluación.

2.12 Nitrógeno

La cantidad de Nitrógeno aplicada a un cultivo de papa normalmente varía entre 100 y 200 kg/ha, aunque a veces dependiendo de la fertilidad del suelo, clima, ciclo de producción y destino de la misma, puede ser necesaria una mayor cantidad (Alonso, 1996), sin embargo, las aplicaciones excesivas de este elemento tienden a estimular un excesivo crecimiento vegetativo, retraso de la maduración del tubérculo, bajo peso específico, e incrementa problemas en la calidad del tubérculo (Westermann, 1993).

Las aplicaciones de nitrógeno al suelo pueden ser complementadas con inyecciones en el sistema de riego, pudiendo de esta forma mantener o inclusive incrementar el rendimiento y calidad del tubérculo, al mismo tiempo que se minimizan las pérdidas de N-NO_3^- , por lixiviación (Westermann, 1993 y Stark, *et al.* 1993); esto es reportado además por Rolston, *et al.* (1982) citados por Haynes (1985); el cuál considera que la alta frecuencia de aplicaciones de este elemento bajo el sistema de riego por cintilla incrementa la eficiencia de los fertilizantes utilizados.

La dosis recomendada de Nitrógeno para la región sureste de Coahuila de acuerdo a la SAGAR (1986) citada en la guía técnica para el cultivo de la papa (1997) editada por la UAAAN es de 200 kg/ha, al respecto Rubio (1988) considera que la dosis para suelos que se han cultivado por varios años y que han recibido previamente fertilizantes nitrogenados es de 120 kg/ha y de 180 kg/ha para suelos que no han recibido previamente aportes significativos de fertilizante.

Cantidades muy semejantes a las anteriores acompañadas con sustancias húmicas presentaron los mejores rendimientos de acuerdo con Flores (1993).

Investigaciones realizadas por García *et al.* (1996) en el manejo de este cultivo mediante fertirrigación reportan 300 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O para cada uno de ellos, como la cantidad por medio de los cuales se obtuvieron los máximos rendimientos y beneficios netos por hectárea en la variedad Alpha.

2.13 Fósforo

La respuesta del rendimiento de tubérculo a la aplicación de fósforo puede ser grande, especialmente en suelos con un bajo contenido en este elemento, considerándose una aportación mínima de 200 kg/ha de P₂O₅, siendo necesario cantidades mayores en aquellos que presentan problemas de fijación (Alonso, 1996), como los suelos calcáreos típicos de la región productora de papa de Coahuila y Nuevo León, donde se recomienda 400 kg/ha de P₂O₅ (UAAAN, 1997, Flores, 1993 y Rubio, 1988).

El fósforo tiene muy poca movilidad dentro del suelo, así que pérdidas por lixiviación no representan un problema. Mediante el riego por goteo se obtiene el mayor desplazamiento que en cualquier otro sistema de aplicación, debido a que al aumentar su concentración se sobrepasa la fijación del suelo (Burgueño, 1996), incrementando de esta forma la absorción por la planta al concentrar el fertilizante en la zona de mayor desarrollo de raíces (Lazcano, 1998).

Las soluciones de fosfato amónico y el ácido fosfórico son las fuentes más comunes de fósforo usadas en fertirrigación. Su principal limitación es la susceptibilidad de estos productos para formar precipitados en aguas con altos contenidos de calcio. El uso de fuentes como fosfato monoamónico, fosfato diamónicos, fosfato de potasio monobásico, etc., puede amortiguar este efecto, sin

embargo, en aguas demasiado duras pueden mantener este tipo de problemas (Burt, 1997).

2.14 Potasio

En la región de Coahuila y Nuevo León la cantidad de K_2O recomendada es de 200 kg/ha de acuerdo la UAAAN (1997). A lo anterior, Rubio (1988) encontró que cuando se ha sembrado un suelo con papa sin recibir fertilización potásica es necesario aplicar 100 kg/ha más que la dosis normal de 100 kg/ha. Flores (1993) con el uso de sustancias húmicas mencionan que la mejor respuesta se presentó con 185 y 278 kg/ha.

La influencia del abonado potásico se aprecia más en la calidad de la producción que en el rendimiento (Alonso, 1996) al incrementarse el contenido de potasio en el tubérculo (Singh, 1996), sin embargo, Sud *et al.* (1994) reportan incrementos en rendimiento de papa al dividir las aplicaciones de este elemento. Por el contrario, Rubio (1988) no ha encontrado respuesta en los suelos de la región de Navidad, N. L. y Arteaga, Coahuila en el rendimiento de tubérculo al aplicar todo el potasio a la siembra ó en forma fraccionada.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área experimental

La presente investigación se realizó en el ejido Jame el cual pertenece al Municipio de Arteaga, Coahuila, en el rancho propiedad del Sr. Ramón Sánchez localizado al suroeste de la ciudad de Saltillo Coahuila.

Dicho sitio tiene su ubicación geográfica a los 25°21'29" latitud norte y 100°37'11" longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 2,280 msnm.

Este trabajo fue establecido durante el ciclo primavera verano de 1999, iniciando el 2 de junio con la siembra y llegando el 15 de noviembre a la cosecha.

3.2 Clima

Las condiciones climáticas que predominan según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), para esta región son: Cx´b(e´)g que corresponde a un clima templado, subhúmedo, con lluvias escasas todo el año, verano fresco largo, muy extremo, el mes más cálido (temperatura media 15.8°C.) se presenta antes de junio.

3.2.1. Precipitación

La precipitación media anual es de 470.6 mm presentando un régimen de lluvias en el que llueve todo el año aunque con lluvias escasas, los meses mas lluviosos son julio y agosto, y las precipitaciones más escasas se presentan en invierno.

3.2.2. Temperatura

La temperatura media anual para la región de Jame es de 12.7°C con una temperatura media máxima de 15.8°C la cual se presenta antes de Junio.

3.3 Suelo

En la unidad cartográfica de suelos, según la clasificación de la FAO / UNESCO, predominan los Castañozem, los cuales son suelos desmenuzables de color pardo oscuro sobre un subsuelo pardo, con acumulaciones de cal a profundidades de 45 a 135 cm. Estos suelos tienen permanentemente subsuelos secos. La capa de acumulación de cal esta cerca de la profundidad media a la que penetra el agua de lluvia.

Son ricos en elementos nutritivos para las plantas y tienen una riqueza moderada en materia orgánica . El factor limitante es la humedad.

Los suelos de la región de Jame son del tipo poco profundos, donde sobresale material calcáreo con textura media y tienen un valor de pH de 7 a 8.

3.4 Agua

El agua utilizada, es extraída principalmente de un pozo profundo y se considera de buena calidad.

Es conducida por tubería hasta el sitio experimental para distribuirse por un sistema de riego por goteo por medio de cintilla, con la cual se riega perfectamente el terreno.

Por motivos de comodidad, para la aplicación de los fertilizantes, se usó una toma de agua ubicada en el centro de la parcela experimental, para de

esta manera poder reducir los tiempos entre las aplicaciones a los catorce tratamientos.

3.5 Descripción de materiales

3.5.1. Planta

El material vegetal usado como semilla para realizar la evaluación, fue papa de tamaño segunda de la variedad Gigant, de acuerdo a las preferencias del productor cooperante.

Dicho material es de maduración semitemprana a semitardía de muy altos rendimientos, cuya producción es destinada a mercado fresco o industria.

3.5.2. Fertilización

Las fuentes que se utilizaron como fertilizantes en el experimento, fueron las normalmente utilizadas por los productores de la región:

Cuadro 1.-Fertilizantes sólidos utilizados al momento de la siembra en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)

Fertilizante	Fórmula	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)
Sulfato de Amonio	SO ₄ (NH ₄) ₂	20.5	0	0
Superfosfato Simple	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	0	20	0
Sulfato de Potasio	SO ₄ K ₂	0	0	50

Tomando en cuenta el efecto que tiene en el rendimiento de tubérculo en el cultivo, se seleccionaron las siguientes fuentes de fertilizantes para su aplicación mediante fertirrigación (Weixing y Theodore, 1993, Burt, 1997, Alonso, 1996, Westermann, 1993 y Berger *et al.*, 1961).

Cuadro 2.-Fertilizantes líquidos usados para fertirrigación en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)

Fertilizante	Formula	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Densidad (kg/lit)
Urea nitrato de Amonio	CO(NH ₂) ₂ NH ₄ NO ₃	32	0	0	1.33
Fosfato de Amonio	NH ₄ H ₂ PO ₄	9	28	0	1.35
Thiosulfato de Potasio	K ₂ S ₂ O ₃	0	0	25	1.46

3.6 Descripción de tratamientos

Los tratamientos estudiados en el presente experimento se plantearon de la siguiente manera:

Basados en la matriz San Cristóbal III, la cual nos indica que el valor cero, en kilogramos por hectárea de nitrógeno es igual a 90, para fósforo (P₂O₅) 180, y 90 para potasio (K₂O).

Dichos valores representan la dosis de fertilización de la región en un 45 por ciento de 200-400-200. de esta manera pretendemos analizar el nivel de respuesta del cultivo en kilogramos por hectárea de 90 a 200 en nitrógeno, 180 a 400 de fósforo en forma de P₂O₅ y de 90 a 200 de potasio en forma de K₂O. Todo esto basado en los resultados reportados por varios autores en la región (SARH, 1986; Rubio, 1988; Flores, 1993).

En el trabajo también se incluye un tratamiento número 15 con ausencia de aplicación de fertilizantes para de esta manera conocer la eficiencia de aplicación de los demás tratamientos.

El cuadro siguiente nos muestra el arreglo de los tratamientos en kilogramos por hectárea y distribución de las dosis aplicadas al momento de la siembra y las complementarias por medio de fertirrigación.

Cuadro 3.-Tratamientos y su distribución en el ciclo de producción en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).

Tratamientos		Unidades a evaluar			Siembra			Fertirrigación		
	Niveles Codificados	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	00-00-00	90	180	90	18	90	36	72	90	54
2	00-00-10	90	180	200	18	90	80	72	90	120
3	00-10-00	90	400	90	18	200	36	72	200	54
4	00-10-10	90	400	200	18	200	80	72	200	120
5	10-00-00	200	180	90	40	90	36	160	90	54
6	10-00-10	200	180	200	40	90	80	160	90	120
7	10-10-00	200	400	90	40	200	36	160	200	54
8	10-10-10	200	400	200	40	200	80	160	200	120
9	11.3-05-05	214.3	290	145	42.86	145	58	171.44	145	87
10	05-11.3-05	145	428.6	145	29	214.3	58	116	214.3	87
11	05-05-11.3	145	290	214.3	29	145	85.72	116	145	128.5
12	00-05-05	90	290	145	18	145	58	72	145	87
13	05-00-05	145	180	145	29	90	58	116	90	87
14	05-05-00	145	290	90	29	145	36	116	145	54
15		0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.7 Diseño experimental

Para evaluar la respuesta en rendimiento de tubérculo del cultivo en cuanto a la forma fraccionada en que se aplicó la dosificación de diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones.

3.7.1 Descripción del sitio experimental

El lote donde se estableció el experimento, cuenta con una superficie de 10 hectáreas que el productor tiene destinadas para la producción de este cultivo.

La parcela experimental está formada por cinco surcos de cinco metros de largo con un área inicial de 23 m² tomando en cuenta que la distancia entre surcos es de 0.92 metros, y una distancia entre plantas de 0.25 metros. Considerando como parcela útil los tres surcos del centro, obviando el primero y el último para minimizar el efecto de orilla, de esta manera tenemos como resultado una parcela útil 8.28 m².

3.7.2. Aplicación de tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó al momento de la siembra, depositando el fertilizante al fondo del surco a las dosis respectivas para cada tratamiento, después se colocó la semilla y fue cubierta con una capa de aproximadamente 15 cm de espesor de suelo para luego sobre la cama colocar la cintilla.

3.8. Prácticas culturales

El cultivo se manejó de acuerdo a las técnicas agrícolas que practica el agricultor, mediante una minuciosa preparación del terreno, que empieza con labores de presiembra, con un rastreo para romper los terrones y trozar las hierbas y residuos de cosecha anteriores, seguida de un barbecho, el cual se llevó a cabo con un arado de discos para voltear y roturar el terreno, después se dio otro paso de rastra para desmenuzar los terrones que se forman con el barbecho.

3.9 Manejo del cultivo

3.9.1. Siembra y fertilización

La fertilización se llevó a cabo con sulfato de amonio, superfosfato simple y sulfato de potasio, aplicando a cada tratamiento sus dosis respectivas.

La siembra se realizó a una profundidad aproximada de 20 cm, con una densidad de población de 45,000 plantas por hectárea. Una vez colocada la semilla, recibió un tratamiento químico para después ser tapado por el tractor.

Cubierta la semilla, se colocaron y se cubrieron con suelo las cintas de riego: una para la aplicación de los riegos y otra para la inyección de los fertilizantes.

3.9.2. Cultivos

El cultivo o aporque se hace para formar camellones mediante implementos manuales o con maquinaria, como surcadores o alomadores, la operación consiste en amontonar la tierra arriba del tubérculo.

El aporque tiene los siguientes objetivos:

- Eliminar malezas.
- Obtener buen control de la humedad.
- Facilitar el riego por surcos.
- Proteger los tubérculos contra los rayos del sol.

El objetivo más importante es el control de la humedad en la zona de raíces y tubérculos. La papa requiere bastante agua, pero un ambiente muy

húmedo causa enfermedades. El suministro de agua debe de ser uniforme y no excesivo. Esto se logra mediante la profundidad de siembra y el siguiente aporque.

El control mecánico de las malezas se realiza también en gran parte durante las repetidas operaciones de aporque. Al mover la tierra hacia las plantas, se cubren las malas hierbas.

Las labores culturales que se realizaron fueron: dos aporques, el primero se efectuó a los cuarenta días, el segundo a ochenta días; con el objetivo de inducir la tuberización y de arropar la raíz y parte del tallo. Para el control de malas hierbas se utilizaron herbicidas, con la finalidad de evitar la competencia entre las malezas y el cultivo.

3.10 Riegos

Durante el ciclo el cultivo de papa exige abundante agua, especialmente durante la floración y la formación de los tubérculos. La papa puede aguantar una sequía transitoria, pero esta no debe ocurrir durante la formación de los tubérculos, porque resultaría una reducción significativa en el rendimiento de los mismos.

Los riegos deben ser frecuentes y ligeros. Es preferible un riego con relativamente poca agua cada dos semanas en vez de un riego más fuerte cada mes, para evitar rajaduras. El último riego se aplica dos o tres semanas antes de la cosecha.

Los riegos se aplicaron mediante un sistema de riego por cintilla, y los intervalos fueron realizados de acuerdo al criterio del productor.

Para las aplicaciones de los fertilizantes se utilizó un sistema de inyección que cuenta con un tanque de 200 lts, una bomba eléctrica, sistema de filtro, medidor de presión y tres salidas para conectar los inyectores a las tres

repeticiones. (para hacer funcionar la bomba se utilizó una planta de energía de gasolina)

La cantidad de fertilizante de las tres repeticiones se diluían en 100 lts de agua y se aplicaron en un tiempo estimado de 45 min.

3.11 Plagas y enfermedades

3.11.1. Control de plagas

Existen muchos animales que dañan la papa. Algunas plagas se pueden controlar, antes o en el momento de la siembra, mediante un debido control sanitario. Los nematodos, pulgones y gusanos subterráneos se eliminan en el momento de la siembra.

Durante el crecimiento de la papa, es conveniente poner atención a las señales de plagas animales, tales como huevos, excrementos, nidos y daños en las plantas. El productor debe inspeccionar su cultivo por lo menos una vez a la semana.

Como plagas más importantes para el cultivo de papa tenemos las siguientes:

Dorífora o escarabajo de la papa: El adulto y larva se alimentan de las hojas de las plantas, por lo que toda la planta puede llegar a ser destruida. El adulto pasa el invierno enterrado en el suelo a una profundidad de 20 a 25 cm. El control químico se realiza mediante Malatión o Paratión metílico y Aldicarb. También una adecuada aradura elimina estos animales.

Palomilla de la papa: La larva de esta mariposa nocturna causa el daño como minador de la hoja y del tallo y posteriormente pasa a los tubérculos,

por medio de túneles. Las larvas son de color blanco rosado. Para controlarse se aplica Azinfos metílico, Carbaryl, Monocrotofos y Paration etílico.

Picudos: Estos insectos perforan las hojas. El estado larval lo pasan en el suelo y dañan el tubérculo. El control se debe realizar temprano, cuando las larvas emergen del suelo se aplica Malatión, Carbaryl o Mevinfos.

3.11.2 Control de enfermedades

Los agentes patógenos que causan enfermedades en la papa, pueden ser varias clases de hongos, bacterias y virus. Las enfermedades fungosas son particularmente destructivas.

Las enfermedades más peligrosas y su control son las siguientes:

Tizón tardío: Esta enfermedad empieza con pequeñas manchas de color café oscuro en hojas y tallos. En ataques fuertes, las hojas empiezan a secarse, defoliando la planta. En los tubérculos aparecen manchas semihundidas de color café que provocan pudrición. Para contrarrestar el peligro de este hongo se utilizan variedades resistentes. El tizón tardío se combate con Maneb, Zineb, Captán, Captafol o Clorotalonil. La aplicación debe hacerse después de un periodo de 48 horas, con una temperatura de más de 10° C y con una humedad relativa de más del 75%. Una cosecha temprana evitará el peligro de la aparición del tizón tardío.

Tizón temprano: La enfermedad inicia con manchas circulares en las hojas. Al crecer forman círculos concéntricos de color oscuro, que causan la defoliación. El tizón tardío se diferencia del tizón temprano, porque en éste último no aparecen esporas cuando prevalece la humedad. Los métodos de control son parecidos a los del tizón tardío.

Rhizoctonia: Esta enfermedad causa pudrición. Se forman lesiones negras en la base de los tallos. También se forman costras negras en los tubérculos. Para el control de ésta enfermedad se debe evitar la siembra bajo condiciones frías, se trata a las semillas de papa con funguicidas, y se usa una rotación de cultivos de cuatro hasta cinco años.

Marchitamiento del tallo: Enfermedad bacteriana, que se manifiesta bajo condiciones de alta humedad y temperatura. La base del tallo y las raíces se tornan negras. Eventualmente la bacteria ataca también el tubérculo, provocando manchas negras y lesiones hundidas. Al cortar el tejido infectado, se presentan exudados viscosos que consisten en masa grises bacterianas. Para controlar las bacterias se debe emplear una adecuada rotación.

El combate de plagas y enfermedades fue hecho por técnicas propias del agricultor cooperante.

3.12 Desvare y cosecha

La aplicación de herbicida se realizó a los 120 días después de la siembra, el 29 de octubre; el herbicida fue aplicado por medio de una máquina aspersora propiedad del agricultor. Los tubérculos permanecieron enterrados 17 días, para cosecharse el 15 de noviembre a los 136 días después de la siembra.

Posteriormente los tubérculos se llevaron a una bodega para seleccionarlos por categorías, tomando en cuenta para esto el diámetro de estos de acuerdo a la clasificación establecida en la región, la cual se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.- Clasificación de tubérculo para la región de Coah. y N.L.

CATEGORIA	DIAMETRO mm
primera	85 a 55
segunda	55 a 35
tercera	35 a 28
cuarta	menor de 28

3.13 Evaluación de tratamientos

Para la evaluación de los tratamientos en estudio, se realizaron mediciones y conteos de las variables.

Las variables que se evaluaron son: rendimiento total del tubérculo y calidad del tubérculo (papa de primera, papa de segunda, papa de tercera y papa cuarta).

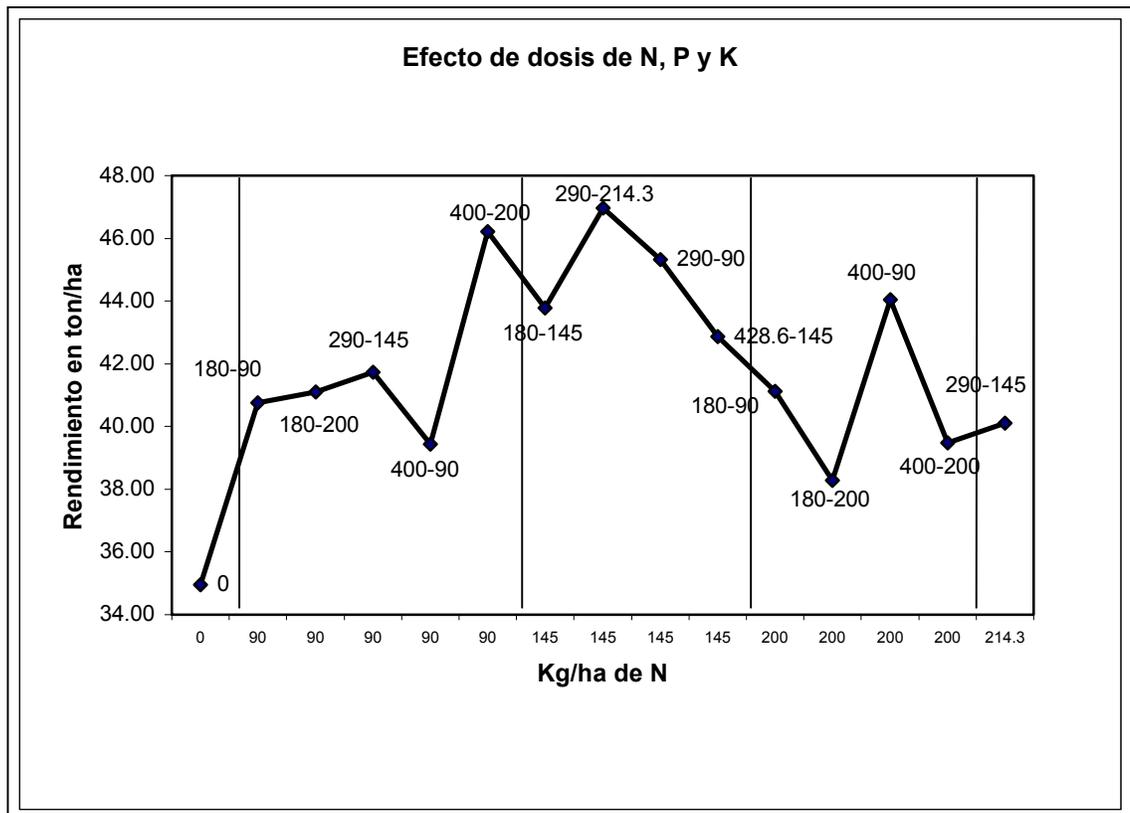
Para el procesamiento de los datos se efectuaron los análisis de varianza de las mismas variables.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Rendimiento total

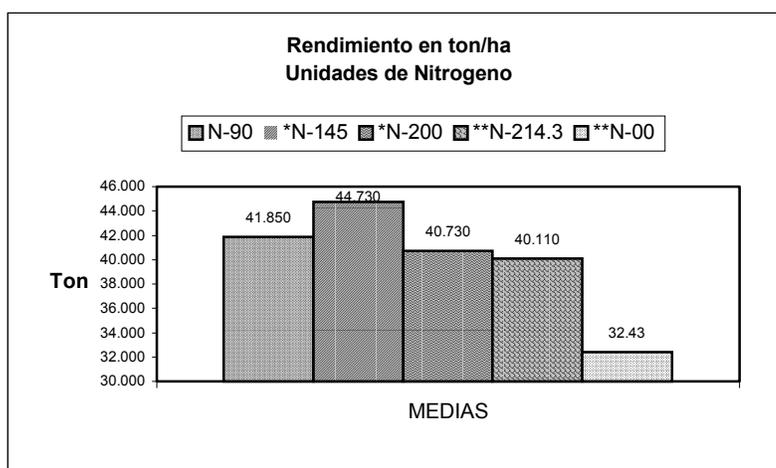
Al realizarse el análisis de varianza (cuadro 6a del apéndice) se encontró diferencia significativa solo para tratamientos, al realizar la prueba de medias (D.M.S.) se encontró que los tratamientos que resultaron mejores son: El que contiene la dosis de fertilización (145-290-214.3) , el que contiene (145-290-90), y el que contiene (90-400-200), mientras que los tratamientos con valor bajo son: el testigo con (00-00-00), y el que contiene (200-180-200); los dos últimos tratamientos superaron al testigo.

Figura 1 .- Comportamiento del rendimiento medio total comercial en relación a las dosis de fertilización de N,P y K aplicadas en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).



De acuerdo a los resultados obtenidos, los mejores tratamientos son aquellos a los que se les aplicaron las dosis bajas y medias de nitrógeno (90 y 145), siendo estas cantidades similares a las obtenidas por Rubio (1988) en condiciones de continuas aportaciones de fertilizantes. También puede ser atribuido a que las plantas de papa que crecen en sobreabundancia de nitrógeno muestran un crecimiento excesivo de la parte aérea, con tubérculos pequeños bajo el suelo. Salisbury y Ross(1994).

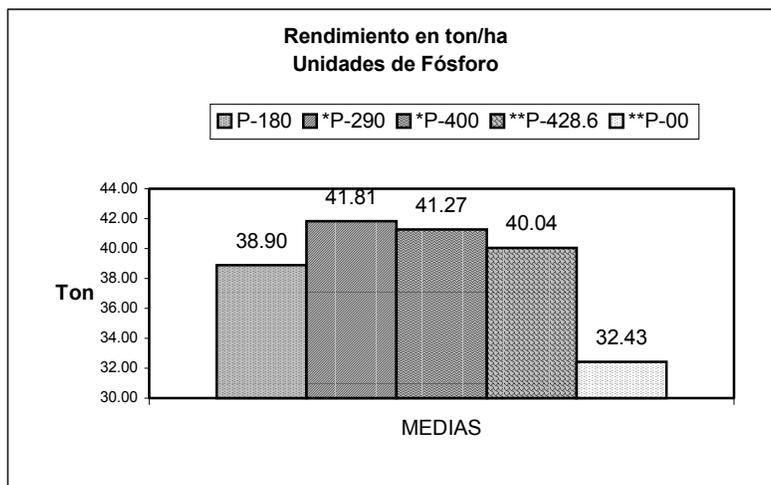
Figura 2 .- Comportamiento del rendimiento medio total comercial, en relación a las unidades de nitrógeno aplicadas en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999).



*Evaluación de 12 repeticiones, **Evaluación de 3 repeticiones

En contraste con el nitrógeno, los mejores tratamientos se presentaron en dosis medias y altas de fósforo (200 y 400 Kg. de P_2O_5), ya que con altas aplicaciones de este elemento se estimula un crecimiento mayor del sistema radical en relación con la parte aérea de la planta. Estos resultados concuerdan con la dosis recomendada para la región de 400 kg/ha (Rubio, 1988 y Flores, 1993); sin embargo, se presentan valores sobresalientes con cantidades inferiores de fertilización fosforada (290 kg/ha), la cual es semejante a la de 300 kg/ha reportada por García *et al.* (1996) obtenida mediante fertirrigación.

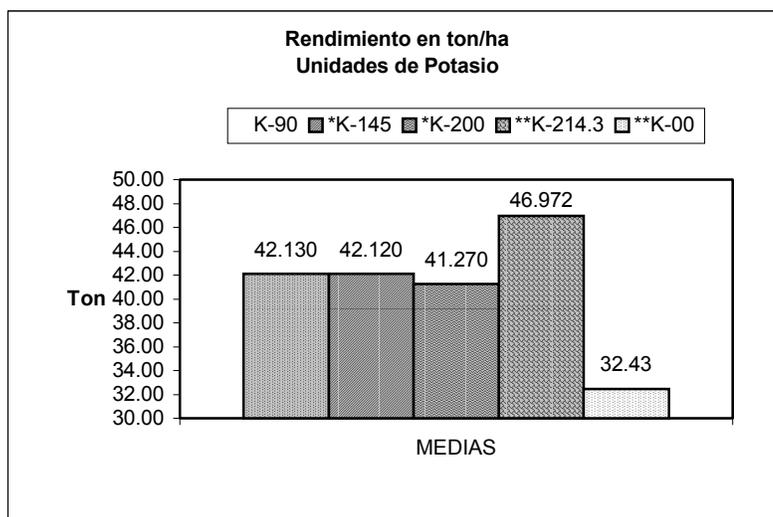
Figura 3.- Comportamiento del rendimiento medio total comercial, en relación a las unidades de fósforo aplicadas en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)..



*Evaluación de 12 repeticiones, **Evaluación de 3 repeticiones

El potasio se comportó de una manera uniforme en cuanto al rendimiento total de los mejores tratamientos, tomando en cuenta los resultados que señalan alta producción en todas las dosificaciones del elemento a excepción del testigo que siempre fue menor. En relación a este elemento y al rendimiento total podemos decir que el abonado potásico no tiene tanta influencia en el rendimiento de tubérculo y que su participación se ve reflejada más en la calidad de la producción. (Alonso, 1996, Singh, 1996)

Figura 4 .- Comportamiento del rendimiento medio total comercial en relación a las unidades de potasio aplicadas en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)..



*Evaluación de 12 repeticiones, **Evaluación de 3 repeticiones

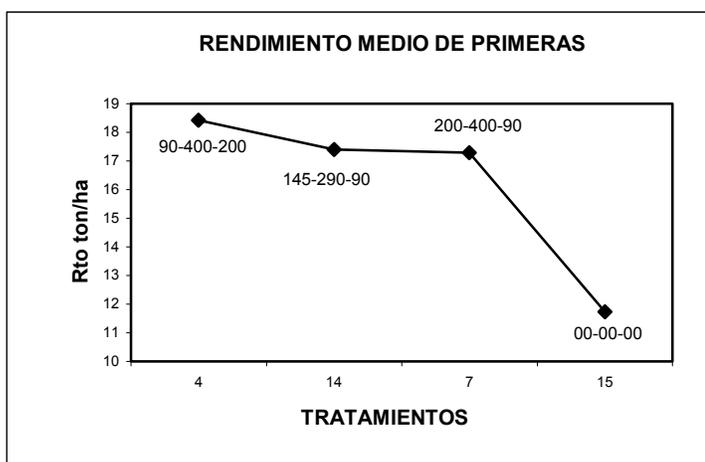
4.2 Rendimiento por categorías

Como ya se mencionó anteriormente, la calidad del tubérculo se integra por diferentes categorías. Para el procesamiento de los datos se realizaron análisis de varianza, los cuales se presentan en el apéndice.

4.2.1. Papa de primera

Al procesarse los datos estadísticamente (cuadro 7a del apéndice) solo se encontró diferencia significativa para tratamientos, y al realizarse la prueba de medias (D.M.S.) se encontró que los tratamientos que tienen mayor respuesta son los que se presentan en la siguiente figura:

Figura 5 .- Comportamiento de los tres mejores rendimientos medios de papa de primera en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)..



En donde podemos notar que en las aplicaciones de nitrógeno con respecto a las papas de primera no hubo diferencia ya que los mejores rendimientos medios se presentan en tratamientos con dosis bajas, medias y altas (90, 145 y 200 kg/ha).

En el caso de las aplicaciones de fósforo, los altos rendimientos medios se presentan con dosis medias y altas (290 y 400 kg/ha), lo que nos indica que con estas dosis de aplicación se obtienen los mejores resultados en cuanto a rendimiento de primeras.

Y con respecto a potasio, resultando los mejores rendimientos medios con dosis altas y bajas (90 y 200 kg/ha).

El tratamiento que no tuvo ninguna aplicación de fertilizante y que fue tomado como testigo, fue el que obtuvo el valor mas bajo.

4.2.2. Papa de segunda

Tomando en cuenta el cuadro 8a del apéndice, no se encontró diferencia significativa estadísticamente, pero al realizarse las pruebas de medias (D.M.S.) se registró que los tratamientos con mejor rendimiento medio y el que posee el valor más bajo, son los que aparecen en la siguiente figura:

Figura 6 .- Comportamiento de los tres mejores rendimientos medios de papa de segunda en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)..

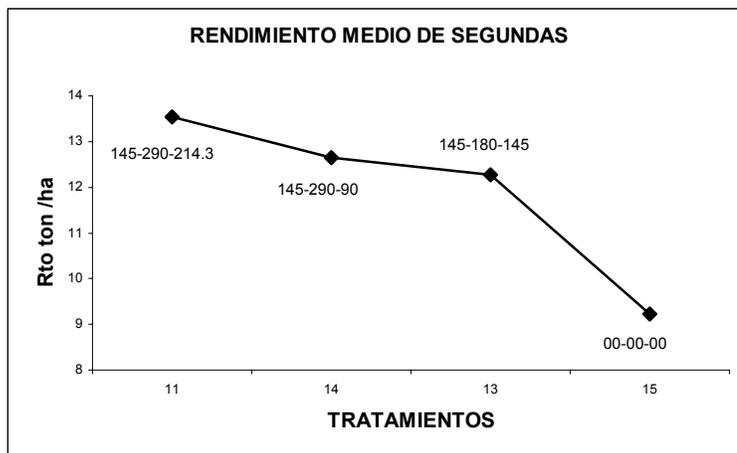


Figura en la cual podemos apreciar claramente que la dosis de nitrógeno con la que se obtuvieron los mejores rendimientos medios es la de 145 kg/ha, clasificada como dosis media de acuerdo a las aplicadas de éste elemento, lo cual coincide con lo que menciona Westermann (1993), que al fraccionar las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados se logra una eficiencia de aplicación que se ve reflejada en el rendimiento del cultivo.

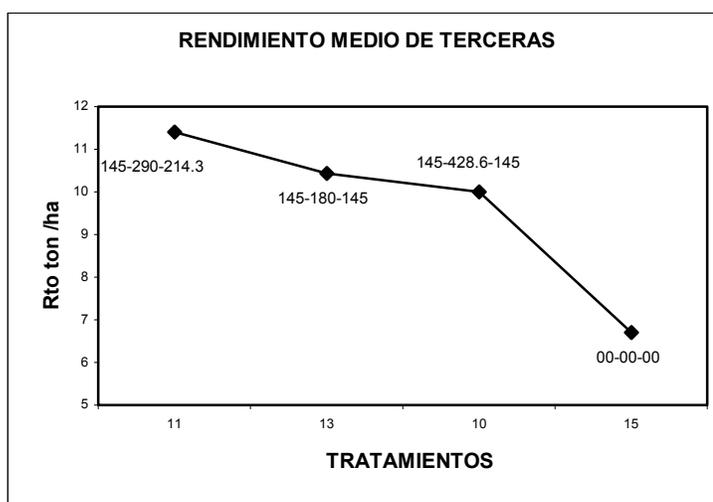
En el caso del fósforo se presentan como mejores rendimientos medios, dosis que están en el orden de medias y bajas (180 y 290 kg/ha) en relación a la recomendada para la región de 400 kg/ha, ésta reducción puede deberse según Burgueño (1996) a que se obtiene el mejor desplazamiento en el suelo de este elemento (25 a 30 cm.) mediante un sistema de riego por goteo.

En el rendimiento medio de papa de segunda, la mejor respuesta fue en el tratamiento con la dosis mayor de potasio, aunque en general los mejores tres se presentan con dosis bajas, medias y altas (90,145 y 214.3 kg/ha)

4.2.3. Papa de tercera

Al realizar el análisis de varianza a los resultados del rendimiento de papa de tercera (según el cuadro 9a del apéndice) no se encontró diferencia significativa estadísticamente, más al realizar la prueba de medias (D.M.S.), encontramos como mejores resultados los tratamientos que se muestran en la siguiente figura:

Figura 7 .- Comportamiento de los tres mejores rendimientos medios de papa de tercera en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)..



Los mejores rendimientos medios de papa de tercera se presentan en tratamientos cuyas dosis de nitrógeno fueron de 145 kg/ha, clasificada como dosis media, lo que confirmamos con Westermann (1993), que menciona que al fraccionar la aplicación de N se logra una eficiencia en la aplicación, lo cual tiene sentido al comparar la presente dosis con la recomendada para la región de 200 kg/ha.

En cuanto a las aplicaciones de fósforo, los rendimientos medios más altos fueron los de tratamientos cuyas dosis son valores bajos y medios (180 y 290 kg/ha) tomando en cuenta los recomendados para la región que van de 200 a 400

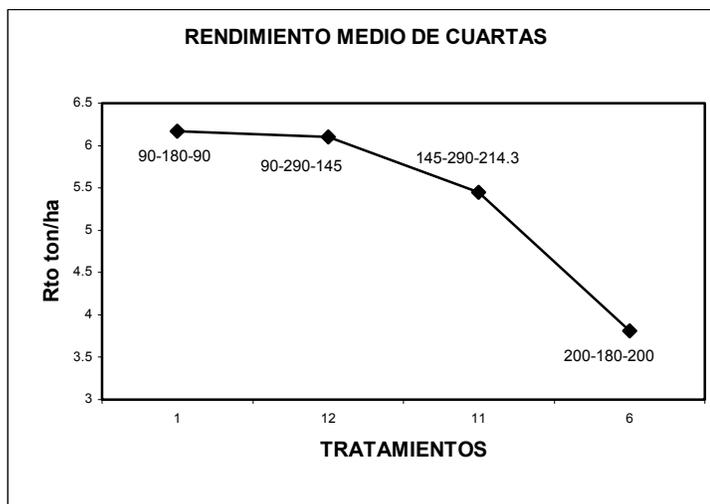
kg/ha; pero cabe mencionar que el tercer mejor tratamiento al cual se le aplicó la cantidad mayor de 428.6 kg/ha, solo se le promediaron las tres repeticiones con las que cuenta, y esto de alguna forma pudo haber influido, ya que en la evaluación de la calidad del tubérculo este tratamiento es la única vez que se presenta con altos resultados.

La cantidad de potasio aplicada a los mejores rendimientos medios en cuanto a la calidad de terceras osciló entre los valores medio y el más alto (145 y 214.3 kg/ha) siendo el segundo valor el que presentó el mayor rendimiento medio relacionado con este tamaño de tubérculo.

4.2.4. Papa de cuarta

Tal y como lo indica el cuadro 10a en el apéndice, al procesar estadísticamente los datos de esta variable, no se encontró diferencia significativa, pero tomando en cuenta las pruebas de medias de los diferentes tratamientos, los que presentan los mejores rendimientos medios se presentan en la siguiente figura:

Figura 8 .- Comportamiento de los tres mejores rendimientos medios de papa de cuarta en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)..



En la presente figura podemos apreciar que la aplicación de dosis reducidas de fertilización nos estimula un alto rendimiento medio de papa de cuarta, como podemos notar en el caso de nitrógeno, que en sus dosis mas bajas presenta altos rendimientos de este tipo de papa

4.3. Relación Beneficio - Costo

La relación Beneficio – Costo se presenta en el cuadro 11a del apéndice, el cual reporta el ingreso total por hectárea obtenido de acuerdo al precio en el mercado para las distintas categorías. El costo de la fertilización fue determinado, tomando en cuenta la dosis de fertilización, y el costo tanto de los fertilizantes líquidos como sólidos.

Los tratamientos que se evaluaron en el cuadro fueron los tres que presentaron los mayores rendimientos medios de rendimiento total comercial, los cuales fueron en orden descendente: El T-11 con la dosis 145-290-214.3, luego el T-14 con la dosis 145-290-90 y después el T-4 con la dosis 90-400-200.

V. CONCLUSIONES

1.- Existe una tendencia en la reducción de la fertilización, debido a que los tratamientos con dosis medias fueron los que presentaron mayor respuesta en rendimiento medio total comercial.

2.- Se generó un aumento en el rendimiento total comercial de tubérculo de papa, ya que el rendimiento promedio de la región es de 35 ton/ha, y el obtenido en el experimento fue de 41.7 ton/ha.

3.- Al aplicar los fertilizantes por medio del sistema de riego por goteo, se originó una eficiencia en la aplicación de nutrimentos, a la vez que se logra ahorro en el consumo de agua debido a su suministro exacta mente en la zona radicular de la planta.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Agüero M., J.G. 1997. Evaluación de los fungicidas Benlate 50w, Vitavax, y Dithano M.C. en el combate de *Rizoctonia solani* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la región de Derramadero, Coahuila. Tesis Licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Alonso A. F. 1996. El cultivo de la patata. Ediciones Mundi – Prensa. México. Pp 33-43.
- Badillo, V., J.Z. Castellanos y P. Sánchez-García, P. 1999. Demanda nutrimental del cultivo de papa cv Alpha durante el ciclo de crecimiento. IX Congreso nacional de productores de papa. León, Gto. México. Memorias Abril 15/17.
- Barkley, F.A. 1973. Outline classification of organisms, Northeastern University, Boston, 48 pp.
- Berger, K.C., Potterton, P.E., and Hobson, E.L. 1961. Yield, quality and phosphorus uptake of potatoes as influenced by placement and composition of potassium fertilizers. American potato journal. 38:272-285.
- Burgueño, H. 1996. La fertigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Bursag S. A. de C. V.
- Burt, M. C. 1997. Fertigation chemicals. Memorias segundo simposium internacional de ferti-irrigación. Querétaro, México. Pp 109-118.
- Burton, W.G. 1981. Challenges for stress physiology in potato. M. Potato J. vol. 58 No.1 : 3-10.

- Cumbres, S.A. 1976. Nueva enciclopedia temática. 19ª edición México I.E.M. 12: 236-242.
- Ewing, E. E. 1981. Heat stress and the tuberization stimulus. A. M Potato J. Vol. 58 No., 32-44
- Etchvers, B. J. D. 1997. Evaluación del estado nutrimental del suelo y de los cultivos ferti-irrigados. Memorias segundo simposium internacional de ferti-irrigación. Querétaro México. Pp 51-52.
- Fabiani, L. 1967. La patata, Editorial Aedos-Barcelona España pp. 93.
- Flores, L. J. D. 1993. Bioactivadores húmicos y fertilización en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. Pp 106
- García, G. S. J., R. Contreras, J. Francisco y J. M. Covarrubias. 1996. Fertilización complementaria con nitrógeno, fósforo y potasio a través del riego por cintilla en el cultivo de papa. Cuarta, Reunión Científica y Tecnológica Forestal, Agrícola y Pecuaria. Saltillo, Coah. (Memoria). Saltillo, Coahuila, México. INIFAP. CIR-NE. 8 p.
- García, M. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Segunda edición. UNAM. México. Pp 13-51.
- Guía técnica para el cultivo de papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de fitomejoramiento. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 1997.
- Harris, P. M. 1978. The potato crop. Chapman's Hall Ltd London.

- Haynes, R. J. 1985. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. Fertilizer research 6: 235-255.
- Kerh, A. E. , R. V. Akley y Hougoland 1967. Producción comercial de la papa U. S. D. A. Traducido del inglés por AID México.
- Lazcano, F. I. 1998. Estratificación de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos agrícolas utilizando sistemas de fertirrigación. Memorias III simposium internacional de ferti-irrigación. León Guanajuato, México. Pp 69-76.
- Lozoya, P. J. A. 1971. Obtención de la selección de la papa para fines industriales mediante pruebas de selección, adaptación y rendimiento en varias áreas de México. Tesis licenciatura UAAAN Saltillo, Coahuila, México.
- Mainardi, F. 1987. Hortalizas de bulbo, raíz y tuberculos. Editorial de vecchi. Barcelona, España.
- Mendoza, J. L. 1998. Nutrición del cultivo de papa en el norte de Sinaloa. Folleto técnico No. 13, CEVAF. CIRCO. INIFAP.
- Moreno, V. 1970. Physiological investigations of the potato plant with special reference to the effect of diferent environments, Phinthesis. Cornell University.
- Neibling, H. and R. Brooks. 1994. Water and nitrogen management in potato production using buried drip irrigation. International Summer Meeting sponsored by the ASAE, Kansas City, Missouri, USA, 19-22 June, 1994. American Society of Agricultural Engineers. Kansas City, Missouri, USA. 942141. 12 p.

- Parsons, D. 1983. Papas, Manuales para educación agropecuaria. Primera edición. Editorial Trillas. México pp. 54.
- Pascual, M. and F. Dumaol. 1992. Comparative study between drip and conventional irrigation methods on lowland potato. En: Rasco, E.T. Jr., F.B. Aromin, V.D.R. Amante and P.J.S. López (eds.). Southeast Asian Program for Potato Research and Development, Manila (Philippines). Compilation of annual reports July 1991-June 1992: potato. Manila (Philippines). SAPP RAD. Sep 1992. 1:128-145.
- Peña, M. y Bermudes, 1948. El cultivo de la papa. 2ª edición. Editorial Hispanoamericana, México, D.F.
- Rubio, C. O. A. 1988. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento y calidad de tubérculos de papa en la región de Saltillo Coah. Parte I. Efecto sobre el rendimiento. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez Chihuahua. México.
- Ruíz, O. M. y D. Nieto e I. Larios, 1975. Tratado elemental de botánica 13ª edición. Editorial Ecasa. México, D. F.
- SAGAR, 1997. Estadísticas de la producción nacional del cultivo de papa. México, D.F.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México, D. F.
- Sánchez, L. B. A. 1988. Fertilización fraccionada de fósforo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*, L) en Saltillo, Coah. Tesis licenciatura UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.

- S. E. P. – F. A. O. – P. E. N. U. D. 1982. Manuales para educación agropecuaria. Papas, primera edición, Editorial Sep/ Trillas. México D. F.
- Singh, V.N. and P. Singh P. 1996. Influence of split application of potassium on qualitative attributes of potato. Department of Horticulture, Birsa Agricultural University, Kanke, Ranchi 834006, Bihar, India. Journal of the Indian Potato Association. 23: 1-2, 72-74.
- Smith, O. 1968. Potatoes, production, starting, processing. A. V. T. Pub. Co, Westport, conn, 10-30.
- Stark, J.C., I.R. McCann, D.T. Westermann, B. Izadi and T.A. Tindall. 1993. Potato response to split nitrogen timing with varying amounts of excessive irrigation. American potato journal. 70: 765-777
- Sud, K.C., D. Kokate, S. Grewal, C. Sharma, and H. Nand. 1994. Studies on 'on farm' influence of potassium on potato yield and its uptake in Shimla hills. Central Potato Research Institute, Shimla 171001, Himachal Pradesh, India. Fertiliser News. 39 (5) 53-59.
- Talavera, R. 1983. Factores que afectan el rendimiento de un cultivo de papa, revista técnica Milciades. Vol. 1.México, D.F.
- Tamaro, D. 1974. Manual de hortalizas, 6a edición, editorial Gili. Barcelona, España.
- Thompson, L. N. 1965. El suelo y su fertilidad. Editorial Reverte, S. A., México, D. F.
- U.A.A.N., 1997. Guía técnica para el cultivo de papa. Departamento de Fitomejoramiento. Buenavista, Saltillo, Coah.

- Weixing, C. and T. Theodore. 1993. Study of various NH_4^+ / NO_3^- mixtures for enhancing growth of potatoes. *Journal of plant nutrition*. 16 (9) 1691 – 1704.
- Westermann, D.T. 1993. Fertility management. En: Randall C Rowe. *Potato health management*. Department of plant pathology Ohio State University, Wooster. 77 p.
- Worthen, E. L. 1960. *Suelos agrícolas: su conservación y fertilización*. Editorial Hispano Americana, México, D.F.

VII APENDICE

Cuadro 5a.- Rendimiento total comercial en Jame, Municipio de Arteaga, Coah (1999)

No trata	rep	1	2	3	4	Comercial	N	P	K
1	1	12.63	9.30	6.43	6.16	34.51	90	180	90
1	2	14.58	12.06	11.02	4.52	42.18	90	180	90
1	3	11.71	8.95	8.82	7.83	37.31	90	180	90
2	1	16.07	10.27	6.57	3.78	36.68	90	180	200
2	2	16.97	10.02	7.37	3.90	38.27	90	180	200
2	3	13.26	13.13	8.63	6.08	41.10	90	180	200
3	1	11.94	13.13	9.38	4.24	38.68	90	400	90
3	2	17.57	9.15	5.77	3.60	36.09	90	400	90
3	3	11.86	12.22	8.59	4.37	37.04	90	400	90
4	1	20.26	9.78	7.20	3.24	40.48	90	400	200
4	2	16.19	10.96	11.72	6.52	45.39	90	400	200
4	3	18.81	12.85	8.71	5.71	46.08	90	400	200
5	1	16.55	10.59	8.68	3.62	39.44	200	180	90
5	2	13.61	12.36	7.84	3.70	37.50	200	180	90
5	3	18.12	11.32	7.45	4.94	41.83	200	180	90
6	1	14.95	10.32	7.02	2.36	34.65	200	180	200
6	2	17.06	10.43	6.87	5.37	39.74	200	180	200
6	3	12.55	11.11	7.38	3.69	34.73	200	180	200
7	1	15.14	12.46	9.27	3.46	40.32	200	400	90
7	2	16.43	10.83	6.09	2.73	36.07	200	400	90
7	3	20.30	13.43	10.01	5.86	49.60	200	400	90
8	1	19.20	8.59	6.18	3.62	37.59	200	400	200
8	2	15.31	14.36	6.56	4.10	40.33	200	400	200
8	3	12.38	11.57	7.83	3.82	35.59	200	400	200
9	1	13.09	10.99	9.17	5.84	39.10	214.3	290	145
9	2	15.02	10.59	6.50	6.06	38.17	214.3	290	145
9	3	10.37	13.16	8.82	4.12	36.47	214.3	290	145
10	1	12.51	13.62	9.46	4.48	40.06	145	428.6	145
10	2	13.06	9.93	9.25	3.69	35.93	145	428.6	145
10	3	16.29	11.47	11.28	5.07	44.12	145	428.6	145
11	1	16.92	13.72	11.11	5.90	47.65	145	290	214.3
11	2	14.93	11.83	13.15	6.11	46.03	145	290	214.3
11	3	11.43	15.07	9.93	4.33	40.77	145	290	214.3
12	1	14.67	11.35	7.37	7.63	41.02	90	290	145
12	2	12.50	12.35	10.83	5.00	40.68	90	290	145
12	3	13.45	11.71	8.82	5.66	39.64	90	290	145
13	1	14.14	13.49	8.09	4.21	39.93	145	180	145
13	2	15.46	10.48	9.61	4.52	40.07	145	180	145
13	3	11.91	12.83	13.62	7.11	45.46	145	180	145
14	1	18.75	8.62	8.59	6.71	42.66	145	290	90
14	2	17.68	10.50	9.64	4.17	41.99	145	290	90
14	3	15.79	18.82	8.42	4.57	47.60	145	290	90
15	1	12.93	10.15	5.53	4.25	32.86	0	0	0
15	2	12.63	9.47	8.62	4.45	35.18	0	0	0
15	3	9.61	8.07	5.96	5.60	29.25	0	0	0

Cuadro 6a.- ANVA Rendimiento total comercial en Jame, Municipio de Arteaga, Coah
(1999)

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	14	463.78125	33.127232	3.0778	0.006
BLOQUES	2	14.882813	7.441406	0.6914	0.513
ERROR	28	301.367188	10.763114		
TOTAL	44	780.03125			
C.V. = 8.27%					

Cuadro 7a.- ANVA Rendimiento de papa de primera en Jame, Municipio de Arteaga,
Coah (1999)

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	14	149.853516	10.703822	2.2308	0.034
BLOQUES	2	20.629883	10.314941	2.1498	0.134
ERROR	28	134.349609	4.7982		
TOTAL	44	304.833008			
C.V. = 14.79%					

Cuadro 8a.- ANVA Rendimiento de papa de segunda en Jame, Municipio de Arteaga,
Coah (1999)

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	14	44.537109	3.181222	0.7921	0.67
BLOQUES	2	17.568359	8.78418	2.1873	0.129
ERROR	28	112.448242	4.016009		
TOTAL	44	174.553711			
C.V. = 17.43%					

Cuadro 9a.- ANVA Rendimiento de papa de tercera en Jame, Municipio de Arteaga, Coah
(1999)

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	14	74.717285	5.336949	1.99	0.059
BLOQUES	2	7.343994	3.671997	1.3692	0.27
ERROR	28	75.091797	2.68185		
TOTAL	44	157.153076			
C.V. = 19.13%					

Cuadro 10a.- ANVA Rendimiento de papa de cuarta en Jame, Municipio de Arteaga,
Coah (1999)

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	14	25.474121	1.81958	1.2563	0.293
BLOQUES	2	4.296509	2.148254	1.4832	0.243
ERROR	28	40.553711	1.448347		
TOTAL	44	70.324341			
C.V. = 24.99%					

Cuadro 11a.- Relación Beneficio – Costo

FERTILIZANTES	N-P-K	\$/ton	
Sulfato de Amonio	20.5-00-00	1,500.00	
Superfosfato Simple	00-20-00	1,300.00	
Sulfato de Potasio	00-00-50	370.00*	
Urea nitrato de Amonio	32-00-00	280.00*	
Fosfato de Amonio	9.-28-00	386.00*	
Thiosulfato de Potásio	00-00-25	585.00*	
Precios proporcionados por Agro-Delta S.A.		* precios en dólares	
CATAGORIA			
		\$/ton	
Primera		3,500.00	
Segunda		3,000.00	
Tercera y Cuarta		1,800.00	
TRATAMIENTO			
	11	14	4
DOSIS TOTAL kg/ha	145-290-214.3	145-290-90	90-400-200
DOSIS SIEMBRA kg/ha	29-145-85.7	29-145-36	18-200-80
DOSIS RIEGO kg/ha	116-145-128.5	116-145-54	72-200-120
RTO PRIMERAS ton/ha	14.43	17.41	18.42
RTO SEGUNDAS ton/ha	13.54	12.65	11.2
RTO TERCERAS ton/ha	11.4	8.88	9.21
RTO CUARTAS ton/ha	5.45	5.15	5.15
\$ RENDIMIENTO +			
	121,455.00	124,139.00	123,918.00
\$ FERTILIZACIÓN -			
	7,146.50	5,245.50	7,194.00
\$ UTILIDADES			
	114,308.50	118,893.50	116,724.00