



17  
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



EVALUACION DE LA FERTILIZACION N-P-K PARA  
EL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum. L.) EN  
EL MUNICIPIO DE TEOCALTICHE, JAL. MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A N :

JOSE REFUGIO LIRA MEJIA  
JOSE TRUJILLO PEREZ

ASESOR : M. C. LUIS RICARDO CAZAREZ GARCIA

TESIS CON  
FALLA DE CALIDAD

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

JUNIO 1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

	Página
RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCION .....	3
II. OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	7
III. REVISION DE LITERATURA .....	9
3.1. Origen del Cultivo .....	9
3.2. Importancia del Cultivo .....	10
3.3. Aspectos Botánicos .....	21
3.4. Propagación .....	26
3.5. Requerimientos Edafoclimáticos .....	27
3.6. Fisiología del Cultivo .....	29
3.7. Requerimientos Nutricionales .....	35
3.8. Nitrógeno .....	36
3.9. Fósforo .....	39
3.10. Potasio .....	44
3.11. Interacciones entre los Nutrientes .....	47
3.12. Análisis Foliar .....	49
3.13. Objetivo de la Fertilización .....	50
3.14. Fertilización de Papa en México .....	51
3.15. Determinación de la Dosis .....	52
3.16. Dosis Optima Económica .....	53
3.17. Eficiencia de la Fertilización .....	55

	Página
3.18. Regiones Productoras de Papa en México ...	58
3.19. Variedades de Papa .....	66
3.20. Proceso Productivo .....	68
IV. MATERIALES Y METODOS .....	75
4.1. Ubicación Geográfica de la Zona .....	75
4.2. Características Climáticas .....	75
4.3. Características Edáficas .....	76
4.4. Metodología Experimental .....	79
4.4.1. Selección del Sitio Experimental .....	79
4.4.2. Preparación del Terreno .....	79
4.4.3. Muestreo de Suelos .....	80
4.4.4. Análisis de Agua para Riego .....	81
4.4.5. Tratamientos .....	82
4.4.6. Siembra y Fertilización .....	83
4.4.7. Prácticas Culturales .....	85
4.4.8. Cosecha .....	87
4.5. Parámetros Evaluados .....	87
V. RESULTADOS Y DISCUSION .....	93
5.1. Rendimiento Total de Tubérculos .....	93
5.2. Peso de Follaje Fresco (Materia Verde) ...	95
5.3. Peso Seco de Follaje (Materia Seca) .....	97
5.4. Dosis Optima Económica (D.O.E.) .....	100
5.5. Eficiencia de la Fertilización N-P-K .....	102
5.5.1. Rangos Nutrimientales del Cultivo a partir del Análisis Foliar .....	104
5.6. Análisis de Suelos .....	107

	Página
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>116</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>118</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>121</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>127</b>

- - -

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.

Página

CUADRO 1.	Principales Cultivos Alimenticios en el Mundo..	5
CUADRO 2.	Dosis de Fertilización Recomendadas para Papa a Nivel Nacional .....	6
CUADRO 3.	Características Bromatológicas de la papa cv. - Alpha destinada al Consumo Fresco.....	11
CUADRO 4.	Principales Países Productores de Papa .....	13
CUADRO 5.	Superficie, Cosechada Producción y Exportación - de las Principales Hortalizas en el País .....	15
CUADRO 6.	Principales Indicadores del Cultivo de Papa en el País (1976-1987) .....	16
CUADRO 7.	Principales Estados Productores de Papa cv. Alpha en el País (1986-1987).....	19
CUADRO 8.	Características Morfológico-Comerciales de la - Papa cv. Alpha .....	25
CUADRO 9.	Principales Fertilizantes, Contenido de Nutrientes (%) y Fórmula Química .....	40
CUADRO 10.	Grupo y Concentración Promedio de Nutrientes en la Planta de Papa en Hojas (60 Días después de la Siembra), y en Tubérculos a la Cosecha .....	42
CUADRO 11.	Principales Regiones Productoras de Papa para - el Consumo .....	59
CUADRO 12.	Principales Regiones de Protección Surtidoras- Receptoras de Semilla Papa .....	65
CUADRO 13.	Clasificación de Variedades para Consumo Fresco de Acuerdo a su Origen .....	67

CUADRO 14.	Precipitación y Temperatura Promedio de la Estación Meteorológica más cercana al lugar donde se realizó el experimento .....	78
CUADRO 15.	Resultados del Análisis Químico del Suelo del Sitio Experimental .....	81
CUADRO 16.	Resultados Analíticos de la Muestra de Agua para Riego en el Municipio de Teocaltiche, Jal., México .....	82
CUADRO 17.	Programa de Actividades Realizadas según el Desarrollo Fisiológico del Cultivo en el Experimento .....	83
CUADRO 18.	Distribución y Dosis de los Tratamientos en el Terreno para el Experimento de Fertilización en Papa ( <u>Solanum tuberosum</u> L.) en el Municipio de Teocaltiche, Jal. (Ciclo primavera-verano, 1990) .....	85
CUADRO 19.	Análisis de Varianza para Rendimiento de Tubérculos (Ton/Ha) bajo Diversos Tratamientos de Fertilización N-P-K .....	94
CUADRO 20.	Comparación de medias del Rendimiento Total de Tubérculos (Ton/Ha) bajo Diversos Tratamientos de Fertilización N-P-K .....	94
CUADRO 21.	Análisis de Varianza para Peso de Follaje Fresco (Ton/Ha) bajo Diversos Tratamientos de Fertilización N-P-K .....	96
CUADRO 22.	Comparación de Medias de Peso de Follaje Fresco (Ton/Ha) bajo Diversos Tratamientos de Fertilización N-P-K .....	96
CUADRO 23.	Análisis de Varianza para Peso Seco de Follaje (Ton/Ha) bajo Diversos Tratamientos de Fertilización N-P-K .....	99
CUADRO 24.	Comparación de Medias del Peso Seco de Follaje (Ton/Ha). bajo Diversos Tratamientos de	

	Fertilización N-P-K .....	99
CUADRO 25.	VARIABLES ECONÓMICAS CONSIDERADAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO ECONÓMICO EN EL CULTIVO DE PAPA EN EL MUNICIPIO DE TEOCALTICHE, JALISCO (CICLO PRIMAVERA-VERANO, 1990) .....	101
CUADRO 26.	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EFICIENCIA DE LA FERTILIZACIÓN N-P-K EN EL CULTIVO DE PAPA, A PARTIR DE UNA MUESTRA VEGETAL (60 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA).....	103
CUADRO 27.	RESULTADOS ANALÍTICOS DE LA CONCENTRACIÓN TOTAL DE N-P-K EN EL CULTIVO DE PAPA (MUESTRA VEGETAL A LOS 60 DÍAS DESPUÉS) CICLO PRIMAVERA-VERANO, 1990 .....	105
CUADRO 28.	RANGOS NUTRIMENTALES PARA EL CULTIVO DE PAPA EN HOJAS Y PECIOLOS MADUROS A MITAD DE SU CRECIMIENTO .....	106
CUADRO 29.	INTEGRACIÓN DE RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS EN EL CULTIVO DE PAPA ( <u>Solanum Tuberosum</u> L.) EN EL MUNICIPIO DE TEOCALTICHE, JAL. DURANTE EL CICLO AGRÍCOLA PRIMAVERA-VERANO, 1990).....	120
FIGURA 1.	LOCALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES REGIONES PRODUCTORAS DE PAPA ALPHA EN EL PAÍS .....	20
FIGURA 2.	ESQUEMA DE PLANTA Y PARTES DE TUBÉRCULO DE PAPA .....	24
FIGURA 3.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE TEOCALTICHE, JALISCO, MÉXICO .....	76

## RESUMEN.

En México existen regiones agrícolas con condiciones propias para el cultivo de papa, que no han sido explotadas en forma adecuada por la falta de tecnología generada para el mismo. Una de estas zonas es la ubicada en el Municipio de Teocaltiche, Jal. en donde recientemente se ha introducido el cultivo. Debido a esto, es necesario realizar ensayos de fertilización inorgánica (N-P-K) a fin de establecer en forma preliminar la fórmula de fertilización adecuada a la zona.

Para esto, el presente trabajo se realizó con el objeto de evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización en el rendimiento del cultivo, así como la eficiencia de N-P-K y también determinar la dosis óptima económica para un área de dicho Municipio. Para llevar a cabo la parte experimental de esta investigación, se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones, evaluándose 18 tratamientos, más el testigo y la dosis local utilizada, dando un total de 20 tratamientos.

Los niveles que se consideraron fueron 120, 140 y 160 para nitrógeno, 60, 160 y 260 para fósforo y 80 y 100 para potasio. Las variables de respuesta que se utilizaron para evaluar la fertilización fueron el rendimiento total de tubérculos, densidad de población, altura de planta, número y peso de tubérculos por planta, peso fresco y seco de follaje, peso fresco y seco de tubérculo. En base a los parámetros anteriores se determinó que los niveles de fertilización con los cuales se obtuvo la mejor respuesta del cultivo que fueron 160-260-100 y 120-60-100, con rendimientos de 23.3 y 22.9 -- Ton/Ha respectivamente. Sin embargo, en el experimento no se

**presentó diferencia significativa en los tratamientos, debido probablemente a un desbalance nutrimental en la planta y a gran heterogeneidad del suelo en cuanto a fertilidad.**

## I. INTRODUCCIÓN.

El cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) juega un papel muy importante en la alimentación humana, ya que sus propiedades nutricionales superan a otras hortalizas en cuanto a concentración de proteínas y carbohidratos (Alvarez, 1986).

A nivel mundial, esta especie ocupa el quinto lugar entre -- los principales cultivos y es superado en cuanto a superficie sembrada solamente por las gramíneas como el trigo, arroz, maíz y cebada (Cuadro 1) (Mena, 1985).

En México, es la hortaliza que ocupa el segundo lugar en -- cuanto a superficie cultivada, superada solamente por el chile y en cuanto a producción por hectárea ocupa el segundo lugar después del tomate rojo (Murillo, 1986).

En base a sus altos rendimientos y a que es un producto que se puede consumir de muchas maneras como son: sopas, ensaladas, purés, alimentos infantiles, botanas, etc., este cultivo constituye una alternativa para resolver el problema alimenticio en nuestro país, sin embargo, a pesar de la aceptación por parte de la población, el consumo per cápita es tan solo de 14 Kg., lo que refleja un posible déficit del producto en el mercado. En la actualidad en la industria, la papa se utiliza para elaborar harinas, almidón y productos medicinales, además de presentar un uso forrajero (Murillo, 1986).

Existen regiones agrícolas bien delimitadas por la cantidad y calidad de papa que producen, cuyos productores reciben -- asesoría técnica por parte de los Centros de Investigación y

emplean las mejores técnicas para mejorar e incrementar los rendimientos. Por otro lado, dichos productores han formado asociaciones a nivel nacional e internacional, lo que les permite intercambiar experiencias en beneficio de todos, sin embargo, existen otras regiones en el país que presentan características propias para la producción de papa, pero debido probablemente a la falta de dicha asistencia agronómica, los productores que se interesan por el cultivo se ven en la necesidad de extrapolar los paquetes tecnológicos de las regiones más cercanas (Cuadro 2), y dentro de estos la fertilización más apropiada para obtener altos rendimientos.

El contenido nutricional del suelo es de vital importancia para obtener mayores rendimientos, puesto que la papa es un cultivo que requiere cantidades elevadas de nutrimentos, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio. Por esta razón el suelo debe ser fértil, de lo contrario debe recibir una fertilización apropiada (Cásseres, 1980; Larsequillo, 1956; Ortiz, 1983 y Tocagni, 1980).

Si el nitrógeno se encuentra en cantidades adecuadas en el suelo, aumenta el vigor de las plantas y asegura el buen desarrollo de los tallos, permitiendo así una buena actividad fotosintética (Darpoux, 1969), mientras que el fósforo ejerce un efecto favorable sobre el contenido de almidón, acelera a su vez la maduración de los tubérculos y fomenta la sanidad de los mismos (Cervantes, 1955), y por otra parte un buen suministro de potasio aumenta la resistencia a las enfermedades y a los accidentes fisiológicos, los rendimientos son mejores y el porcentaje de tubérculos pequeños se reduce sensiblemente (S.E.P., 1982).

Cuando se desconoce la relación que existe entre el contenido de N-P-K en el suelo y el cultivo, es probable que se esté realizando un derroche de recursos humanos y econó-

micos, que a la postre repercute negativamente en el medio ambiente.

Ante esta problemática se plantea en este proyecto, evaluar diferentes dosis de fertilización para el cultivo de papa y determinar tanto su eficiencia como dosis óptima para un área del Municipio de Teocaltiche, Jal., pues es un cultivo que recientemente se ha introducido y por lo tanto, no existen referencias de estudios hechos por algún centro de investigación al respecto.

CUADRO 1. Principales Cultivos Alimenticios en el Mundo.

CULTIVO	SUPERFICIE MILLONES DE HA.	RENDIMIENTO TON/HA.	PRODUCCION MILLONES DE TONELADAS
Trigo	292.4	2.0	481.0
Maíz	131.4	3.4	455.0
Arroz	143.4	2.9	411.9
Papa	17.6	14.4	254.8
Cebada	75.5	2.2	160.3
Camote	11.1	12.6	140.2
Yuca	14.5	8.9	128.9
Soya	53.4	1.7	92.9

Fuente: S.E.P. (1982).

CUADRO 2. Dosis de Fertilización Recomendadas para el cultivo de Papa a Nivel Nacional (ciclos P-V y O-I).

ENTIDAD	LOCALIDAD	DOSIS DE FERTILIZACION	CICLO
B.C.N.	Ensenada	205-170-220	P-V (R)
SONORA	Guaymas	260- 20- 20	O-I (R)
	Navojoa	120- 70- 70	P-V (R)
DURANGO	S Papasquiario	120- 60- 60	P-V (R)
	El Salto	80- 40- 60	P-V (T)
	Canatlán	120- 60- 60	P-V (R)
CHIHUAHUA	Alta Bavícora	100-100- 00	P-V (R)
	Baja Bavícora	100-100- 00	P-V (R)
COAHUILA	Saltillo	200-400-200	P-V (R)
NVO. LEON	Galeana	130-130-130	P-V (R)
SINALOA	Guasave	200-170-170	O-I (R)
	Los Mochis	200-170-170	P-V (R)
JALISCO	Zapopan	120- 60- 60	P-V (R)
	La Barca	120- 60- 60	O-I (R)
GUANAJUATO	León	140-300-100	O-I (R)
D.F.	Xochimilco	60-120- 60	P-V (T)
EDO. MEX.	Texcoco	60-120- 00	P-V (T)
	Atzacmulco	60-140- 60	P-V (T)
	Coatepec H.	60-120- 60	P-V (T)
	Valle de Bravo	50-160- 60	P-V (T)
	Toluca	90-120- 60	O-I (R)
	Coatepec H.	60-120- 60	O-I (R)
	Valle de Bravo	50-130- 60	O-I (R)
PUEBLA	Zacatlán	20- 80- 60	P-V (T)
	Libres	60-120- 60	P-V (T)
	Teziutlán	60- 60- 60	P-V (T)
VERACRUZ	Huayacocotla	120-100- 90	O-I (R)
TLAXCALA	Huamantla	90-120- 60	P-V (T)

FUENTE: Fertimex, (1988).

## II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.

### O B J E T I V O S .

- a) Evaluar diferentes dosis de fertilización N-P-K en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) cv. Alpha, para la zona de Teocaltiche, Jal.
  
- b) Determinar la eficiencia de la fertilización N-P-K mediante el análisis foliar en el cultivo de papa en la zona objeto de estudio.
  
- c) Determinar la dosis óptima económica para la cv. Alpha en el ciclo agrícola Primavera-Verano (1990), en la zona mencionada.

**H I P O T E S I S .**

- 1.- La respuesta en el rendimiento del cultivo de papa a la fertilización N-P-K variará en función a la dosis aplicada.**
- 2.- Al menos una dosis producirá el rendimiento promedio a nivel nacional de la papa.**

### III. REVISIÓN DE LITERATURA.

#### 3.1. ORIGEN DEL CULTIVO.

Los investigadores soviéticos Vavilov, Zhulkvsky y Bukasov, plantean que la papa es originaria de Sudamérica, del Centro Peruviano-Ecuatoriano proviene la papa andina (Solanum andigenum) y ésta es característica de regiones altas.

De las regiones bajas señalan los soviéticos que proviene la especie Solanum phureja, y de la Isla Chiloe en Chile proviene la especie Solanum tuberosum. Los investigadores ingleses indican que la especie Solanum tuberosum es originaria de la región templada de los Andes, concretamente del lago de Titicaca en el Perú, en donde empezó a ser cultivada; del Perú la papa pasó a Colombia y a Ecuador y hacia el sur la Isla de Chiloe. Fue precisamente en esta isla donde por causas naturales y por intervención del hombre hubo selección de plantas que producían más y mejores tubérculos (Bayley, 1951).

A la llegada de los españoles, la papa era cultivada en la Isla de Chiloe, Bolivia y Perú, encontrándose en estado silvestre en la actualidad, desde la isla mencionada hasta el sur de los Estados Unidos de Norteamérica (Sarli, 1980).

Se considera que el centro de origen de las papas, esta constituida por las regiones altas del Perú, Bolivia, Guatemala, México, Chile y el sur de los Estados Unidos, lugares en donde existe una gran diversidad de especies en estado silves--

tre y cultivadas.

De acuerdo con lo señalado, se observa que hasta la fecha -- los investigadores no se han puesto de acuerdo en cuanto al centro de origen, ya que se tiene por un lado a la escuela -- soviética que plantea que la especie más difundida (Solanum -- tuberosum), es originaria de la Isla de Chiloe y la Escuela Inglesa que indica que tal especie proviene de los Andes Peruanos; sea de una o de otra forma, lo cierto es que los Incas iniciaron su cultivo en el lago Titicaca en el Perú, hace aproximadamente 2000 años, llamando a los tubérculos con el nombre de papas (Fersini, 1979).

### 3.2. IMPORTANCIA DEL CULTIVO.

La alimentación mundial es actualmente un problema complejo, difícil de enfrentar y consecuentemente de solucionar; partiendo de esta premisa, se han planteado varios trabajos de investigación en papa, teniendo en cuenta que este cultivo -- es de los considerados estratégicos por su gran capacidad de producción por unidad de superficie y de dar soluciones en -- gran medida a la escasez de alimentos disponibles actualmen-- te.

El cultivo de papa tiene características de gran interés com-- paradas con cereales o leguminosas tradicionales, pues los -- supera en gran manera en cantidad producida por hectárea, -- así como en calidad, pues es el cultivo que produce más pro-- teínas por unidad de superficie después de la soya, además -- de que estas proteínas son de primera clase y digestibilidad, -- posee cantidades importantes de carbohidratos, minerales ta-- les como Calcio, Hierro, Magnesio, Potasio, y vitaminas co-- mo la C, B1, B2 y Niacina, las cuales completan su capaci--

dad alimenticia (Cuadro 3).

**CUADRO 3. Características Bromatológicas de la Papa cv. Alpha destinada al consumo fresco. (en base a 100 gr. de tubérculo)**

COMPONENTE	CARACTERISTICAS
Agua	81.6 %
Almidón (11.52 gr)	Amilosa, amibpectina (1:3) Celulosa, Glucosa.
Proteínas	2.09 gr.
Aminoácidos	Niacina 0.66 mg. Lisena 0.92 Valina 0.22
Minerales	Potasio 3.0 mg. Sodio 1.1 mg. Magnesio 1.0 mg. Calcio 1.4 mg. Hierro 2.0 mg. Fósforo 5.3 mg.
Grasa	1 gr.

FUENTE: UAAAN (1988).

**IMPORTANCIA A NIVEL MUNDIAL.**

Los españoles conocieron las papas en el Caribe, los cuales la introdujeron a Europa en 1533, a través del monje Gerónimo Gerdán.

En 1560, Pedro Ciega de León habla de la utilización de las papas entre los Incas en su alimentación; consumidas en fresco, asadas y en otras formas como las deshidratadas para elaborar cerveza. Para conservación los Incas la congelaban y en ocasiones la utilizaban con fines religiosos.

De España la papa pasó a Italia, Holanda, Bélgica, Alemania y Suiza, durante la segunda mitad del siglo XVI. A los Estados Unidos de Norteamérica fue introducida en el año de 1595 y después a Inglaterra a fines del siglo XVI. Al principio, los Europeos se resistieron a su consumo, ya que la Biblia no la mencionaba, además de su parentesco con la belladona, el toloache y otras solanáceas que contienen diversos tipos de alcaloides como la solanina.

Tal era el rechazo que en tiempos de hambre en Francia, el Rey tuvo que obligar a los nobles a cultivarla en sus terrenos, en vísperas de la Revolución Francesa. En Alemania, se inició su cultivo casi al mismo tiempo que en Francia; después en Inglaterra, aunque en estos países no siempre con fines alimenticios humanos, sino como forraje para ganado. En el siglo XIX el cultivo de la papa estaba ampliamente difundido en Europa y en la actualidad es uno de los cultivos más importantes en el mundo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Principales Países Productores de Papa.

P A I S	SUPERFICIE MILLONES HA.	RENDIMIENTO TON/HA.	PRODUCCION MILLONES DE TONELADAS
U.R.S.S.	6.93	12.495	85.3
CHINA	4.005	13.741	55.033
POLONIA	2.147	17.439	37.437
E.U.A.	0.536	31.180	16.40
INDIA	0.806	15.119	12.25
ALEMANIA DEM.	0.469	17.061	80.0
ALEMANIA FED.	0.244	31.749	7.753
REINO UNIDO	0.198	37.364	7.398
RUMANIA	0.330	16.697	6.5
HOLANDA	0.160	41.076	6.673
FRANCIA	0.296	30.244	6.20
OTROS PAISES	20.388	15.373	31.220

FUENTE: S.E.P. (1982).

## IMPORTANCIA A NIVEL NACIONAL.

En México, probablemente la papa no se comenzó a cultivar si no hasta hace 250 años en las partes altas de las sierras de los estados del centro del país. A principios del siglo, la producción de papa en México era tan pequeña, que nuestro país no figuraba entre los productores de este tubérculo, ya que su consumo era mínimo y su cultivo en amplia escala comercial data de 55 años a la fecha, durante esta época se abrieron nuevas zonas al cultivo, se actualizó el personal técnico, se introdujeron y crearon variedades apropiadas y se puso en práctica un sistema de producción de semilla certificada (Mena, 1985).

En México, la papa era un cultivo casi olvidado, hasta 1946 cuando John S. Niederhauser, viendo las buenas condiciones climáticas para este cultivo en todos los Valles Altos de la Mesa Central, se interesó por impulsarlo (Pérez, 1974).

En 1985, entre las principales hortalizas producidas en el país, la papa ocupó el primer lugar en cuanto a superficie cosechada, y el segundo en cuanto a los volúmenes de producción (Cuadro 5).

La producción de papa en el país, que incluye a todas las variedades existentes, se ha incrementado en los últimos diecisiete años a un ritmo mayor que el presentado por el avance de la población. Esta expansión de los volúmenes producidos ha estado determinada por el incremento de las superficies cosechadas y en menor grado, por el aumento de los rendimientos obtenidos (Cuadro 6).

Por su parte, el consumo nacional de papa per cápita ha aumentado durante 1970-86, al variar de 10.4 Kg., como prome-

CUADRO 5. Superficie Cosechada, Producción y Exportación de las Principales Hortalizas del País.

CONCEPTO	SUPERFICIE COSECHADA		PRODUCCION		EXPORTACIONES	
	(MILES DE HECTAREA)	%	(MILES DE TONALADAS)	%	(MILES DE TONELADAS)	%
AJO	5.9	2.2	49.5	1.2	6.5	0.9
CALABACITAS	10.2	3.8	92.4	2.2	98.3	13.2
PEPINO	13.6	5.0	225.3	5.3	138.5	18.5
ZANAHORIA	4.6	1.7	109.3	2.6	4.2	0.6
TOMATE CASCARA	14.0	5.2	166.9	4.0	63.6	8.5
CHILE VERDE	56.0	20.6	594.7	14.1	96.6	12.9
JITOMATE	65.5	24.1	1,468.7	34.9	306.9	41.1
CEBOLLA	29.6	10.9	517.4	12.3	32.2	4.3
PAPA	71.9	26.5	989.4	23.5	---	---
TOTAL:	271.3	100.0	4.213.4	100.0	746.8	100.0

FUENTE: COABASTO, (1988).

CUADRO 6. Principales Indicadores del Cultivo de Papa en el País.

PERIODO	SUPERFICIE COSECHADA (HAS)	PRODUCCION (TONS)	RENDIMIENTO (TON/HA)	CONSUMO PER CAPITA
1970 - 1974	51,020	566,322	11.1	10.4
1975 - 1980	67,283	841,036	12.5	12.9
1981 - 1986	73.647	994,234	13.5	13.3

FUENTE: COABASTO, 1988.

dio del lapso 1970-74, a 13.3 Kg., referente al período 1981-86 (Cuadro 6). Sin embargo, el consumo de esta hortaliza en México no ha adquirido la importancia que tiene en muchos países europeos y del mismo Continente Americano, donde la papa es un componente relevante de la dieta diaria y en ello, los sectores de menores ingresos obtienen de esta hortaliza gran parte de las calorías que requieren.

Dado que no existen estadísticas a nivel nacional (y muchas veces ni a nivel estatal) sobre el cultivo de la papa alpha en específico, se han realizado intentos de cuantificación basados en la investigación de campo efectuada en diversas zonas de producción. De ellos se desprende que la superficie sembrada de alpha en el ciclo 1986-87, fue aproximadamente de 26.035 Hectáreas, mientras que el promedio de los rendimientos y la producción nacional esperada es de 22.06 Ton/Ha y 574.450 toneladas respectivamente (Cuadro 7)

En nuestro país, la gran diversidad ecológica posibilita sembrar la papa alpha de manera escalonada en varias zonas del país; ello permite disponer de este producto a lo largo de todo el año. Sin embargo, este hecho da lugar a períodos de empalme de dos o más regiones productoras, entablandose una competencia interregional por el mercado que resulta perjudicial para la mayoría de los productores y sólo favorable para los intermediarios y/o bodegeros que adquieren el producto.

La producción de papa alpha en el país se realiza mayoritariamente bajo régimen de riego (Estados de Sinaloa, Chihuahua, Sonora, Coahuila, Nuevo León, Guanajuato, Michoacán, Puebla y Tlaxcala), aunque también existen siembras de temporal, sobre todo en el Estado de México.

La mayoría de la superficie sembrada (64%), se localiza en seis estados del norte de la República Mexicana, sin em

bargo, solamente Sonora y Sinaloa son relevantes en cuanto al abasto del mercado más grande (el Distrito Federal); Baja California y la Región de Navidad (Coahuila / Nuevo León), son importantes zonas de abasto para la industria del freído, por producir un tipo de papa que resulta óptima para tal procesamiento. (Fig. 1)

La otra parte de su producción destinan preferentemente al abasto de las principales plazas del Norte (Monterrey, Tijuana, etc.), siendo poco importante su participación en el Distrito Federal.

Por otra parte, Chihuahua es fundamentalmente un estado productor de semilla y abastecedor de la industria y de varias plazas del norte, aunque sus envíos al Distrito Federal no son muy importantes.

Sonora y Sinaloa se cuentan también entre los principales proveedores de la industria, por la calidad de papa ahí producida, por ejemplo, en el ciclo 1987, Sabritas compró a Sinaloa 20,000 toneladas de papa alpha, lo que significó el 40% de los requerimientos anuales de esta transnacional (50,000 Toneladas), mientras que Barcel adquirió en ese mismo estado 5,000 Toneladas (71% de su consumo anual: 7,000 Toneladas). Sin embargo, estas adquisiciones representan tan solo el 18% de la producción comercial de Sinaloa, destinando buena parte del porcentaje restante al consumo del Distrito Federal.

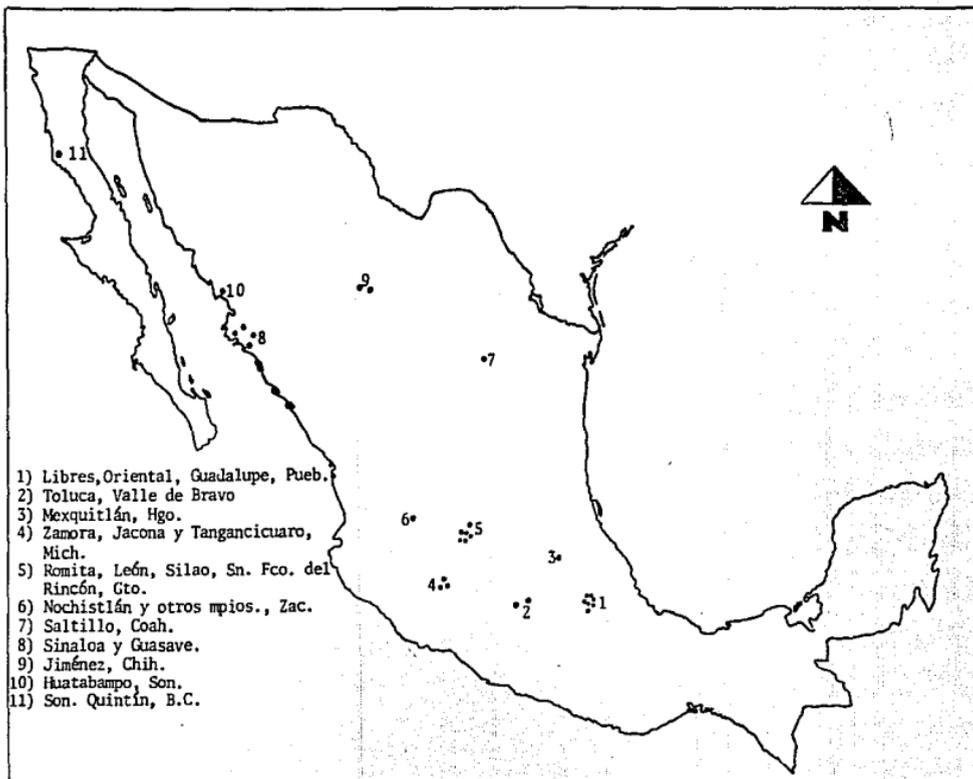
Los otros siete estados productores (Guanajuato, Michoacán, Puebla, Estado de México, Zacatecas, Hidalgo y Tlaxcala) son importantes por sus envíos al Distrito Federal, durante sus respectivos períodos de cosecha.

CUADRO 7. Principales Estados Productores de Papa Alpha en el país 1986-1987.

ESTADO	REGION O MUNICIPIO	SUPERFICIE SEMBRADA (HAS)	RENDIMIENTO (TONS/HA)	PRODUCCION (TONS.)	PERIODOS DE COSECHA
Sinaloa	Ahome, El Fuerte, Guasave y Sinaloa de Leyva	4,750	25	168,750	Marzo-mayo
Coahuila y Nuevo León	Navidad, Saltillo	4,000	20	80,000	Agosto-octubre
Guanajuato	Romita, León, Silao P. de Bustos, San Francisco del Rincón y Manuel Doblado	2,631	20	52,620	Mayo-julio
Michoacán	Zamora, Jacona y Tangancicuaro	2,108	20	42,160	Diciembre-marzo
Baja California Norte	San Quintín, Ojos Negros y Maniadero	2,000	25	50,000	Junio-agosto
Sonora	Huatabampo	2,000	25	50,000	Marzo-mayo
Puebla	Libres, Oriental, Guadalupe	2,000	20	40,000	Julio-septiembre
Chihuahua	San Salvador el Seco y San Nicolás	1,800	20	36,000	Octubre-diciembre
Edo.de México	Sierra, Aldama, Jiménez y Búfalo	800	20	16,000	Septiembre-noviembre
Zacatecas	Toluca y Valle de Bravo	800	20	16,000	Agosto-sept.
Hidalgo	Mextitlán	700	20	14,000	Diciembre-enero
Tlaxcala	Huamantla y Cuapiaxtla	446	20	8,920	Julio-septiembre
T O T A L		26,035	22.06	574,450	

FUENTE: COABASTO (1988).

FIGURA 1. Localización de las Principales Regiones Productoras de Papa Alpha.



### 3.3. ASPECTOS BOTANICOS.

La papa (Solanum tuberosum L.) pertenece a la familia de las solanaceas, plantas de flores gamopétalas, dicotiledoneas, la mayor parte de las cuales son cultivadas para alimentación humana (Tomates, berenjenas, pimientos), para la ornamentación (petunia) o para usos dicesos (Tabaco, bella dona, toloache, beleño y estramonio) (Leal, 1986).

#### CLASIFICACION BOTANICA:

División ..... Espermatophyta

Subdivisión ..... Angiospermae

Clase ..... Dicotyledonae

Orden ..... Tubiflorales

Familia ..... Solanaceae

Género ..... Solanum

Especie ..... tuberosum

DESCRIPCION BOTANICA:

RAIZ.

La papa es una planta anual, que posee una raiz típica más o menos ramificada de tipo adventicio, la cual puede alcanzar una profundidad de 45 cm. desarrollándose lateralmente en un radio de aproximadamente 90 cm.

TALLOS.

Presenta dos tipos de tallos; aéreos y terrestres. Los aéreos

son de color verde, erguidos, lisos y cilíndricos cuando jóvenes y pardos, angulosos y postrados al desarrollarse. Los subterráneos están constituidos por los estolones y tubérculos; los estolones son delgados y largos, y dan origen a los tubérculos. La parte que se inserta al tubérculo recibe el nombre de ombligo y viene a ser la base del mismo.

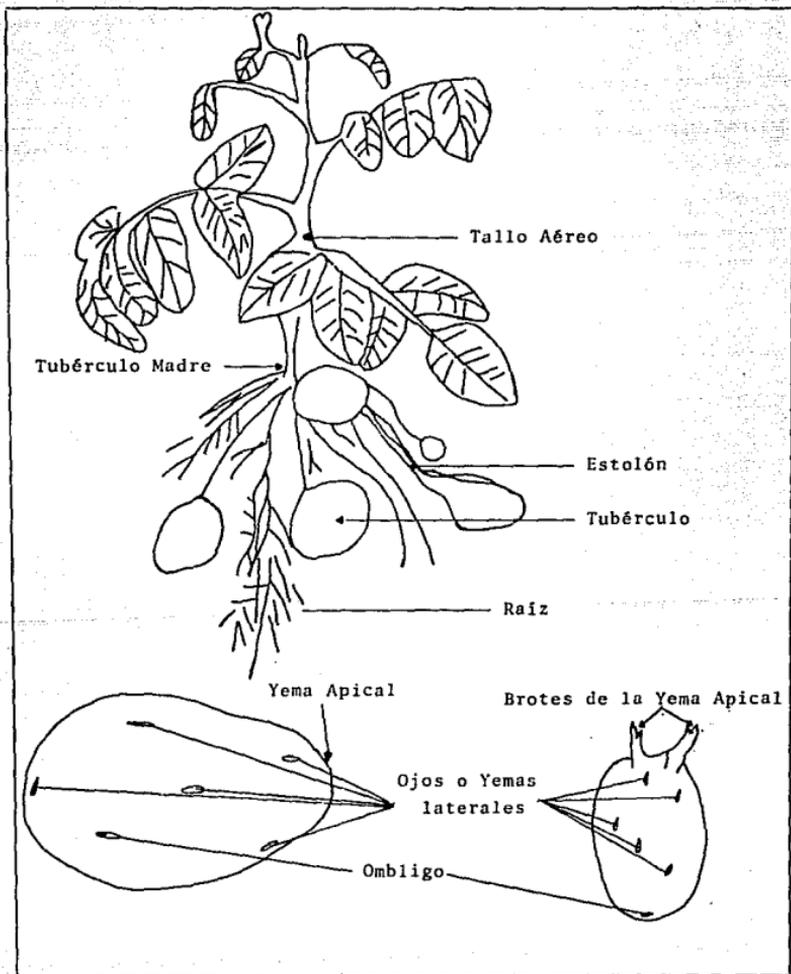
#### HOJA, FLOR Y SEMILLA.

Las hojas son alternas, sectadas, cubiertas de pubescencias, las flores son perfectas de color blanco, amarillo o púrpura, dependiendo de la variedad; se producen en racimos, con gineceo súpero y bicarpelar; las semillas son lenticuladas, las cuales se reproducen en el fruto de baya globular de color - castaño, púrpura, verde, amarillo o manchado, con dos loculos; son reniformes, de color gris de superficie rugosa adherida a la placenta (Fig. 2).

#### DESCRIPCION DE LA VARIEDAD ALPHA.

Con el cultivo de papa variedad alpha, se busca satisfacer - el mercado con la producción de tubérculos que reúnan características de semilla y/o alimento. En el primero se busca - el tamaño, forma, calidad y la capacidad de producir buenas yemas; mientras que para el segundo se desea alcanzar tamaño, peso, forma y calidad relacionada con los valores nutricionales. De tal forma que las características morfológico-comerciales de la variedad Alpha se muestran en el Cuadro 8.

FIGURA 2. Esquema de Planta y Partes de tubérculo de Papa.



Cuadro 8. Características Morfológico-comerciales de la Papa variedad Alpha.

CARACTERISTICAS	D E S C R I P C I O N
Maduración	Tardía: 110-120 días.
Rendimiento	Muy bueno, clasificación excelente; rica en almidón.
Tubérculo	Grande, redondo-oval, "ojos" superficiales, pulpa amarilla clara, peso 55-60 gr.
Planta	Desarrollo robusto compacto, cobertura a todo el surco, follaje verde oscuro, flores blancas, altura de planta 90-100 cm.
Fitosanidad	Susceptible a tizón ( <u>Phytophthora infestans</u> ).
Diversas	Resistente a la sequía, buena calidad culinaria.
Durabilidad	Germinación reducida durante el almacenamiento.
Germinación	12 a 14°C, 15 a 22 días.
Floración	14°C, 37 a 40 días.
Maduración	52 a 60 días.

FUENTE: UAAAN (1988).

### 3.4. PROPAGACION.

La papa es una planta que se multiplica vegetativamente por medio de tubérculos, ya sea enteros o en porciones. Para que los tubérculos broten (emitan tallos a partir de las yemas desarrolladas) es necesario un período de reposo, el cual consiste en un lapso de inactividad, que abarca desde la cosecha hasta la manifestación de la actividad celular de la yema, es decir la brotación. El período de reposo, depende de las variedades; en algunas es corto, en otras largo y en unas terceras casi no existe. En términos generales la duración del reposo es de un mes y medio o dos meses; este período también depende de la respiración y el metabolismo y puede ser acortado por el hombre o bien alargado, por medio de condiciones de almacenamiento y tratamientos especiales.

Los tubérculos por vía sexual se empiezan a formar (dependiendo del clima y variedad) a los 35-55 días después de la siembra; el primer par se desarrolla en la axila de los cotiledones y al principio crece fuera de la tierra; al penetrar al suelo se ensancha y tuberiza; los tubérculos producidos por vía sexual son muy pequeños, por lo que se prefiere la propagación asexual. Por vía sexual los estolones aparecen a los 10 días de haber aparecido el tallo aéreo; esto es de 20-30 días después de germinación. Por vía asexual los estolones y tubérculos se forman más temprano con mayor volumen.

Los tubérculos más apropiados para la multiplicación de la papa son aquellos que tienen un peso de 50 a 60 g. Cuando se utilizan porciones de tubérculos debe permitirse la suberización del corte, lo cual se logra con temperaturas de 18°C y humedad de 85% durante 5 días con buena ventilación (Murillo, 1986).

### 3.5. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES.

#### SUELOS.

El cultivo de papa puede ser establecido en una amplia variedad de suelos, pero se adapta mejor a aquellos de textura de migajón arenoso a migajón arcilloso, ricos en materia orgánica, de estructura granular y consistencia friable, es decir, fácilmente desmoronable; una profundidad del suelo mayor de - 60 cm. y buen drenaje interno que facilite una buena aereación de las raíces.

La resistencia del suelo debe facilitar la penetración de -- las raíces, la emergencia de los brotes y al libre desarrollo de los tubérculos.

#### pH.

La reacción del suelo debe ser ligeramente ácida a neutra, -- los suelos que tienen un pH ácido, presentan el ambiente edúfico más aceptable para este cultivo (4.5 a 6.1), ya que tienen a limitar el ataque de algunas plagas presentes en suelos básicos (Leal, 1986).

El contenido de carbonatos totales también debe ser bajo y -- no deben existir problemas de sales (Narro, 1983).

#### TEMPERATURA.

La papa es una de las plantas más difundidas a nivel mundial (Europa, Norteamérica, Lejano Oriente, Cercano Oriente, América Latina, y África Oriental), pero es típica de clima templado. Guenkov (1969) señala que la temperatura óptima de -

la papa es de 16°C, con un rango de adaptación de 9 a 24°C; - por su parte Cásseres (1984) plantea que las zonas paperas -- más importantes del mundo tienen una temperatura media, la - cual es de 18°C, pudiéndose cultivar desde el nivel del mar - hasta 4,000 msnm; Sarli (1980) indica que el crecimiento vege- tativo es normal en temperaturas de 15-25°C, mientras que el óptimo para la formación de los tubérculos es de 17°C, ya que a medida que aumenta la temperatura, el tamaño de los tubércu- los disminuye y con temperaturas de 29°C ó más no se tuberi- za.

La SEP (1982), señala que para el desarrollo de los tubércu- los, la mejor temperatura resulta entre 16-20°C, para el desa- rrollo vegetativo debe ser más de 20°C, pero sin llegar a 30° C, la temperatura del suelo debe ser de 18-25°C para la brota- ción de los tubérculos (ocurriendo entre los 10-13 días) aun- que se inicia desde los 3-5°C, para la formación de los tubér- culos se requieren temperaturas del suelo de 16-19°C, lo que corresponde a una temperatura de 21-25°C, del medio ambiente.

En las regiones cálidas, las altas temperaturas se neutrali- zan con la acción positiva del día corto, pues en estas condi- ciones la formación del tubérculo se acelera, al detenerse el crecimiento del tallo y aumentar el área foliar, lo que trae consigo altas producciones.

#### FOTOPERIODO.

En términos generales la papa es una planta heliófila (indife- rente a fotoperíodo), sin embargo, esto no es del todo exac- to, pues el desarrollo vegetativo es mejor en días largos y - la formación de los tubérculos en días cortos (9-13 horas luz), aunque algunas variedades (las menos) se comportan de manera diferente. Guenkov (1969) plantea que la papa al ser trasla-

dada a latitudes mayores a las del centro de origen, se comporta anormalmente, ya que para la floración y fructificación requiere de fotoperíodo de día largo, de lo contrario desarrollan más las partes vegetativas aéreas, pero no pasa a la fase reproductiva. En cuanto a intensidad lumínica no es muy exigente, pero esto, no significa que soporte el sombreado.

#### AGUA.

La papa consume económicamente el agua; los requerimientos aumentan desde el inicio del período vegetativo hasta alcanzar un máximo en la fase de floración (floración sin masa). Requiere de 75 cm. de lámina total de agua en variedades tardías y 50 cm. en variedades precoces; se desarrolla bien con 60-80% de c.c.

#### 3.6. FISILOGIA DEL CULTIVO.

Además de los factores ambientales y de las labores recomendadas para el logro de mejores cosechas, las investigaciones recientes con técnicas nuevas y adecuadas han modificado la fisiología de la planta para obtener el máximo resultado agrícola y además comercialmente redituable.

El comportamiento fisiológico de la planta es resultado del mecanismo complejo y armónico de las estructuras, influenciada por la ecología, para poder realizar procesos que se manifiestan en la producción y la calidad.

De acuerdo con Wilkins (1969) la producción y calidad de un cultivo es el resultado de la actividad fisiológica en el que intervienen eventos de anatomía, morfología y ecología, inte-

grados, los cuales determinan una variedad económicamente cultivable.

#### PERDIDA DE LA LATENCIA.

Luego de la cosecha y al transcurrir el tiempo, gradualmente se reanuda la actividad mitótica de los meristemos apicales de las yemas y éstas se alargan en forma de brotes. La longitud del período de latencia, desde la cosecha hasta que reanuda el crecimiento, va de 1 a 15 semanas según la variedad, ya que este es el reflejo de la expresión genética.

Si bien los procesos que conducen a la reanudación del crecimiento de la yema no tiene control ambiental rígido; pueden acelerarse por tratamientos con citoquininas y giberelinas, algunas de estas sustancias se utilizan comercialmente para romper la latencia y asegurar una emergencia homogénea.

#### CANTIDAD DE BROTES.

Después de pasada la latencia, las yemas comienzan a crecer a un ritmo que depende fundamentalmente de la temperatura. La yema apical es la primera en crecer, siguiéndole los restantes en una sucesión descendente.

A medida que progresa el crecimiento en la población de brotes, se establece la dominancia apical, y los brotes más grandes inhiben a los más pequeños, si el brote apical se daña o se elimina, todos los que están inhibidos reasumen el crecimiento hasta que otro se vuelve dominante (Evans, 1983).

## CAMBIOS QUIMICOS DURANTE EL CRECIMIENTO DE LOS BROTES.

Los brotes en crecimiento producen un estímulo que conduce a la descomposición del almidón y proteínas en toda la masa del tubérculo. Este estímulo de naturaleza hormonal se transmite enseguida a todo el tubérculo a través de la red del floema interno. La degradación de almidón parece tener lugar gracias a la acción de la sintetasa, el fosfato de sacarosa, lo cual conduce a la producción de sacarosa y a la hidrólisis de esta en glucosa y fructuosa por intervención de la invertasa.

Las concentraciones de invertasa y azúcares se incrementan durante la brotación (a temperaturas de 25°C) y el inhibidor de la invertasa disminuye su actividad. También parece que la síntesis de invertasa está regulada en parte por la concentración de sacarosa.

Las hexosas se almacenan en compartimientos definidos (posiblemente las vacuolas) y a medida que aumentan la concentración en éstas se produce un efecto de retrocontrol que inhibe la síntesis de invertasa; todos estos cambios se invierten al aplicar temperaturas altas (18°C). Las membranas de los amiloplastos también se desintegran cuando los tubérculos se almacenan a 40°C (Evans, 1983).

## CRECIMIENTO EN CAMPO.

Para la siembra es posible preparar tubérculos que tengan brotes en una amplia gama de estadios de desarrollo. De esta manera puede haber tubérculos caracterizados por contener todas las yemas en estado latente, en tanto que por otro lado, pueden existir tubérculos con uno o más brotes en crecimiento perfectamente desarrollados y el resto inhibidos en dife-

rentes estados.

Al sembrar aquellos tubérculos que han detenido su crecimiento, no lo reanudan, pero la tasa de crecimiento de los que sí crecen se incrementa rápidamente, y la tasa de respiración por tubérculos aumenta de 8 a 10 veces. En este estado no parece que la dominancia apical cumpla un papel significativo, ya que todos los brotes que estaban creciendo en el momento de la siembra finalmente emergen, independientemente de las condiciones del clima.

La tasa de emergencia, es decir, el tiempo que transcurre -- desde la siembra hasta la aparición por encima del suelo, se incrementa al aumentar la temperatura del suelo, el agua del suelo y la concentración de nutrientes (Evans, 1983).

#### CRECIMIENTO DE LA PARTE AEREA, RAIZ Y ESTOLON.

El desarrollo de la superficie foliar depende principalmente de la expansión de las hojas que ya están presentes y de la producción de ramas axilares. Como éstas comienzan a crecer al poco tiempo de la emergencia, la expansión de la superficie foliar es relativamente más grande que en muchas otras especies; la temperatura mínima y óptima para dicha expansión es de alrededor de 7 y 20°C respectivamente, mientras que el óptimo para el alargamiento del tallo y la producción de ramas es de 25°C.

Las radiaciones intensas aceleran el crecimiento de la parte aérea, lo cual se debe principalmente a los efectos producidos en la formación de ramas axilares..

La prolongación de las ramas está por lo general inversamente relacionada con la tasa de alargamiento del tallo; también

parece que las yemas ubicadas en distintas posiciones presentan diferencias en la capacidad de crecimiento, y así en la parte media del tallo se desarrolla menor cantidad de ramas.

La aplicación de fertilizantes y en especial del nitrógeno - provoca un aumento en el área foliar, mayor duración del mismo y el intervalo de tiempo hasta la iniciación de tubérculos. En este aspecto el fósforo y el potasio producen efec-  
tos más pequeños y menos persistentes que el nitrógeno.

El efecto del déficit de agua en el crecimiento de la parte aérea, parece que responde de la misma forma que otros culti-  
vos, disminuyendo el crecimiento a causa de la reducción de la fotosíntesis provocada por una resistencia estomática cre-  
ciente. La resistencia estomática parece seguir el mismo pa-  
trón de la mayoría de las plantas C3.

Los estolones se diferencian en las primeras etapas del cre-  
cimiento del brote y varios ya están presentes en el momento  
de la siembra, los mismos se extienden rápidamente después -  
de realizada ésta y a la vez en los nudos subterráneos se --  
originan nuevos estolones principales (Evans, 1983).

#### INICIACION DEL TUBERCULO.

Las plantas pueden iniciar la formación de tubérculos en una  
amplia gama de estadios de desarrollo, variando de las muy -  
precoces en plantas que provienen de tubérculos con brotes -  
bien desarrollados, hasta las tardías en el caso de las plantas  
que poseen un crecimiento excesivo de la parte aérea.

Los cambios que se producen en el extremo del estolón y que  
da lugar a la formación de tubérculos, son acelerados por --  
las condiciones ambientales, días cortos, bajas temperaturas,

nutrientes, etc.; parece que existen dos tipos de reacciones que favorecen la tuberización: Una de índole hormonal, y asociada con el fotoperíodo; y la otra de naturaleza nutritiva - por la cual todas las condiciones que incrementan la concentración de compuestos fotosintéticos en los extremos del estolón, promueven la formación de tubérculos.

En términos generales, las variedades precoces muestran menos respuesta al fotoperíodo que las tardías, pero en ambos casos cuanto más largo es el fotoperíodo más prolongado es el intervalo desde la emergencia hasta la iniciación del tubérculo, con la diferencia que en las variedades tardías, al acrecentarse la longitud del día, requieren lapsos progresivamente más largos en comparación con las precoces.

La respuesta a la longitud del día resulta por lo común modificada en grado apreciable por otros factores, especialmente el suministro de fertilizante. Las dosis altas de fertilizantes, en particular los nitrogenados, que estimulan un crecimiento marcado de la parte aérea, retardan sensiblemente la formación de tubérculos.

Cuanto mayor es el grado de desarrollo del brote antes de la siembra, más corto es el lapso entre la plantación y la iniciación del tubérculo, fenómeno debido principalmente a que existe un período de tiempo más corto hasta la emergencia.

La temperatura provoca efectos menos marcados, cuanto menos es ésta, más rápido es la iniciación de los tubérculos, y también se forma mayor cantidad de estos.

Inmediatamente antes de la iniciación del tubérculo, también parece que la síntesis de almidón en los estolones es el primer signo detectable de la tuberización, que se produce antes de que aparezca algún tipo de evidencia histológica (E-vans, 1983).

### 3.7. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.

En la antigüedad, los principales abonos utilizados en los cultivos eran los estiércoles y los abonos verdes, además de que estos suministran nutrimentos a las plantas, ayudaban a mantener una buena condición física del suelo, pero las plantas presentaban limitaciones importantes, tales como lenta y parcial disponibilidad de nutrimentos, alta incidencia de malezas, plagas y enfermedades, con la aparición de los fertilizantes minerales, se incrementaron notablemente los rendimientos y pronto disminuyó el uso de los abonos orgánicos.

Por lo que la aplicación de fertilizantes al cultivo es uno de los factores que más influyen en el rendimiento por hectárea del cultivo de papa y es de gran importancia económica para el agricultor (UAAAN: 1988).

El desarrollo de la papa depende del suministro de nutrientes a la planta, tal como es el nitrógeno, fósforo y potasio. Cada uno de estos nutrientes tiene una función específica para el desarrollo de la misma. La ausencia de nutrimentos tiene resultados en el retardo de los procesos de desarrollo y la reducción del rendimiento, el cultivo de papa extrae nutrimentos del suelo y para mantenerlos es necesario conservar la fertilidad del mismo, los fertilizantes son costosos y pueden no ser aprovechados rápidamente.

Los rendimientos promedios nacionales varían considerablemente, entre otros factores limitantes para la producción de papa, tal como las altas temperaturas, la corta duración del día, y la baja intensidad lumínica y las condiciones físicas

y químicas del suelo, y en gran proporción la aplicación de los diferentes niveles de fertilizantes son responsables de estas variaciones en los rendimientos.

La apropiada aplicación de fertilizantes requiere conocimientos acerca de la naturaleza de los nutrientes y de su acción en el suelo y planta. Los nutrientes son comunmente agrupados en macro y microelementos de acuerdo con la cantidad que requieren las plantas de ellos (C.I.P., 1981).

El cultivo de papa se caracteriza por extraer del suelo cantidades de nutrientes muy elevadas como consecuencia de su intenso crecimiento vegetativo en un período relativamente corto, por lo que la adición de elementos primarios (N-P-K) es indispensable para obtener satisfactorios rendimientos en este cultivo (Jacob, 1964).

### 3.8. NITROGENO.

#### FUNCIONES.

La vida no sería posible sin la existencia del nitrógeno; todos los procesos vitales están asociados a la existencia de un plasma funcional que presenta al nitrógeno como compuesto característico; además de ser constituyente de un gran número de compuestos de singular importancia fisiológica en el metabolismo vegetal, tales como la clorofila, los nucleótidos, proteínas, fosfátidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas, (Jacob, 1964).

Cuando aumenta la concentración de nitrógeno en las hojas en relación a los otros nutrientes, se producen cantidades extras de proteínas ocasionando un aumento en la superficie de

las hojas, siendo más eficiente la fotosíntesis.

El efecto del nitrógeno se manifiesta por medio de un mayor y más rápido desarrollo de tallos y hojas, así como la pro-longación en la formación de tubérculos y el retraso de la madurez. Un exceso de nitrógeno fomenta el desarrollo unila-teral del follaje a expensas de la formación y el contenido de almidón en los tubérculos, de tal manera que la excelente apariencia del cultivo puede no corresponder a un rendimien-to deseable.

Chapman (1976) señala que el exceso de nitrógeno en papa debe evitarse, puesto que da lugar al corazón hueco del tubér-culo que es la destrucción de los tejidos del centro del mis-mo, lo que reduce la cantidad.

Por otra parte, la deficiencia del nitrógeno en la planta - disminuye la síntesis de proteínas y clorofila, inhibiéndose la formación de carbohidratos y ocasionando que la planta se mantenga pequeña y clorótica, acortándose el período vegeta-tivo y acelerándose la floración y la fructificación (Tisdale y Nelson, 1977).

#### REQUERIMIENTOS.

El requerimiento del nitrógeno por parte de la papa es in-fluenciado por las condiciones de clima, tipo de suelo, fer-tilidad del suelo, y manejo del cultivo (C.I.P., 1981).

Aproximadamente necesita de 200 Kg. de nitrógeno para produ-cir 20 ton/Ha de tubérculos, es decir, 10 Kg. N por cada to-nelada de tubérculos.

De manera general, los requerimientos de N para el cultivo de papa son muy elevados, de tal forma que el N disponible en el suelo no es suficiente para obtener altos rendimientos.

#### FUENTES.

El nitrógeno es proporcionado a las plantas por la materia orgánica del suelo, fertilizantes químicos y fijación de nitrógeno no atmosférico por plantas leguminosas.

El nitrógeno es liberado (mineralizado) lentamente a partir de la materia orgánica.

El nitrógeno que proviene del suelo puede ser calculado de la siguiente forma, dependiendo de la relación C:N, tenemos que:

- El suelo puede contener 3% de materia orgánica.
- 5% del cual es nitrógeno.
- 2% de este nitrógeno es liberado (cada año).
- El peso del suelo, de la capa arable de 15 cm. de profundidad es de 2,000 Ton/Ha. con una densidad de  $1.2 \text{ g/cm}^3$ .

Así en un año el suelo puede liberar:

$2,000 \text{ Ton. de suelo/Ha} \times 3\% \times 5\% \times 2\% = 60 \text{ Kg. de nitrógeno/Ha.}$

La composta es otra valiosa fuente de materia orgánica, contiene cerca de 1 % de nitrógeno. Puede originarse de residuos de cosecha, deshechos del hogar y estiércol de anima--

les, (C.I.P., 1981).

El estiércol es otra fuente importante de materia orgánica, la cual contiene alrededor de 1% de nitrógeno, el origen puede ser de desechos caseros y estiércol de animales (C.I.P., 1981).

También los fertilizantes simples o compuestos constituyen una fuente de N que es de gran importancia (Cuadro 9).

Otras fuentes de menor importancia son la fijación atmosférica a través de descargas eléctricas y la fijación industrial (Tisdale y Nelson, 1977).

### 3.9. FOSFORO.

#### FUNCIONES.

El fósforo es un elemento esencial para los vegetales, componente químico que es responsable para la transformación de la energía necesaria para los procesos metabólicos dentro de la planta. El fósforo está presente en los ácidos nucleicos.

Asimismo, es de vital importancia para la formación y crecimiento de raíces y semillas (C.I.P., 1981).

El fósforo tiene un efecto particularmente estimulante sobre el crecimiento radicular; durante las primeras etapas de desarrollo de las plantas, la deficiencia del fósforo se caracteriza por plantas de tamaño pequeño; crecimiento lento y hojas verdes oscuro; estas tienden a presentar un color bronceado a púrpura (Patterson, 1970).

CUADRO 9. Principales fertilizantes, fórmula y contenido de nutrientes (%).

FERTILIZANTE	FORMULA	CONTENIDO NUTRIMENTAL							
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		Ca	Mg	S
			(=P)	(=K)					
Amoniaco Anhidro	NH <sub>3</sub>	82							
Nitrato de Calcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	16				21			
Nitrato de Amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	33							
Sulfato de Amonio**	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20						24	
Urea	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	46							
Fosfato de Amonio*	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	11	48	21		1.4		2.6	
Fosfato Diamonio	(NH <sub>4</sub> ) HPO <sub>4</sub>	20	54	24					
Super Fosfato	CaSO <sub>4</sub> +Ca (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )		29	9		20		12	
Superfosfato Triple	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O		46	20		13		1	
Cloruro de Potasio	KCl				60	50	0.3		
Sulfato de Potasio***	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				53	44			
Nitrato de Potasio	K NO <sub>3</sub>	14			47	39			

FUENTE: C.I.P. (1981)

\* NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> en México la fórmula es 18-46-00

\*\* (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en México la concentración es 20.5%

\*\*\* K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en Méx. la concentración es 50%

El fósforo estimula la maduración y tiende a reducir el período vegetativo de crecimiento, sin embargo, una excesiva cantidad de fósforo causa una maduración prematura, por lo que el rendimiento es menor.

La función más destacada del fósforo se encuentra en el almacenamiento y traslocación de energía, forma adenosín trifosfato (ATP), los ácidos nucleicos, los fosfolípidos y las coenzimas NAD y NADP (Gordon, 1979).

A pesar de la importancia del fósforo en el metabolismo celular este elemento se encuentra en menor concentración en relación al nitrógeno y al potasio, el exceso de fertilización fosfórica puede acelerar la maduración a costa del crecimiento vegetativo (Tisdale y Nelson, 1977).

#### REQUERIMIENTOS.

En una cosecha de papas, el 0.2% del peso seco de tubérculos corresponde a la cantidad de fósforo extraído del suelo por la planta, y al 0.6% del peso seco del follaje (Cuadro 10), de esta manera el fósforo extraído para obtener 20/Ton/Ha. de tubérculos es de 17 Kg/Ha de los cuales 8 Kg/Ha corresponden a los tubérculos y 9 Kg/Ha. al follaje (C.I.P., 1981)

Sin embargo, el requerimiento total de fósforo es mayor, debido a la baja eficiencia de conducción de dicho elemento por la planta.

La habilidad de la planta para usar el fósforo decrece con la temperatura, casi es necesario aplicar más fósforo cuando las papas crecen en climas fríos (C.I.P., 1981).

La disponibilidad de fósforo depende también de la concentra

CUADRO 10. Grupo y concentración promedio de nutrimentos en la planta, en hojas 60 días después de la plantación) y en tubérculos a la cosecha (muestra de 100 gr. de M.S.)

GRUPO	NUTRIENTE	CONCENTRACION TUBERCULOS	(% DE PESO SECO)
		EN %	FOLLAJE
MACROELEMENTOS	Nitrógeno N	0.6	6.5
	Fósforo P	0.2	0.6
	Potasio K	1.6	6.0
MICROELEMENTOS	Calcio Ca	0.05	1.0
	Azufre S	0.13	0.5
	Boro Bo	0.15	0.25
	Cobalto Co		
	Cobre Cu		
	Fierro Fe		
	Magnesio Mn		
	Molibdeno Mo		
Zinc Zn			

FUENTE: (C.I.P. 1981).

ción de éste en la solución del suelo y de la habilidad de - suelo para mantener esa intensidad, por lo tanto, la capacidad del suelo para amortiguar la concentración de fósforo en la solución, constituye un factor muy importante en la disponibilidad del mismo. En este sentido los factores del suelo que afectan la disponibilidad de dicho nutrimento son la intensidad, cantidad y difusión (Ortega, 1966).

Para obtener una cosecha de 20 Ton/Ha. el cultivo de papa - extrae 17 Kg. de fósforo del suelo, el análisis del suelo revela que 100 Kg. de fósforo por Ha. están presentes en una profundidad de 15 cm. de suelo con una eficiencia de 10% Kg/Ha. de fósforo y nos facilita 7 Kg. de este nutriente, para cubrir los requerimientos del cultivo, pero como la eficiencia es del 10% entonces ocupamos agregar al suelo 70 Kg. de fósforo por Ha.

Así pues, vemos que si el suelo es muy pobre en este elemento hay que aportar por lo menos 160 Kg. de fósforo por hectárea para que la planta absorba sólo el 10% del nutrimento.

#### FUENTES.

El fósforo está presente en el suelo en cantidades que van de 800 a 2,500 Kg/Ha. además, existen abonos y fertilizantes químicos así como roca fosfórica.

En el suelo el fósforo se encuentra de dos formas orgánica e inorgánica.

La mineralización del fósforo hasta la forma orgánica depende de la actividad de organismos (bacterias) del suelo, temperatura, enzimas y la proporción carbono: Fósforo (C.I.P.,

1981).

Suelos vírgenes generalmente tienen cantidades suficientes de fósforo. Un suelo con alto contenido de materia orgánica suministra cantidades adecuadas de fósforo, sin embargo, la mayor parte se encuentra en forma no asimilable para las plantas; los abonos contienen alrededor de 0.15% de fósforo, (C. I.P., 1981).

El fósforo se encuentra principalmente en forma de fosfatos, la mayor parte de los cuales no son fácilmente utilizables por las plantas, en suelos ácidos su asimilación es todavía menor debido a la presencia del hierro y aluminio, se puede encontrar formando parte de la materia orgánica como compuesto orgánico sin ser totalmente aprovechables por las plantas, teniendo que ser previamente convertido en fosfato soluble (Patterson, 1970).

La disponibilidad de fósforo se encuentra afectada por el pH del suelo como regla general se maximiza la disponibilidad del fósforo manteniendo el pH del suelo, en el rango de 6.0 a 7.0 (Patterson, 1970).

### 3.10. POTASIO.

#### FUNCIONES.

Actúa en la formación de carbohidratos y en la transformación y movimientos de almidón desde las hojas hasta los tubérculos.

El potasio es sólo importante en el control estomático, movimiento y estado de agua de la planta (C.I.P., 1981)

El potasio se encuentra en estado soluble en el jugo celular o bien absorbido por el protoplasma, pudiéndose extraer casi en forma total de los tejidos vegetales por medio del agua; el potasio se puede encontrar en mayor concentración en las zonas de mayor actividad de crecimiento y división celular - (Jacob, 1964).

El potasio es indispensable para la actividad biológica, desempeña el papel esencial como transportador de energía en la síntesis de las proteínas celulares, en el metabolismo de los glucidos, en la génesis del almidón y de los polisacáridos (Delmolon, 1975).

Una de las principales funciones del potasio, es regular la economía de la planta en la respiración y transpiración, mantiene la turgencia fisiológica de los coloides del plasma celular. Por otra parte el potasio regula la actividad de diversas enzimas y fermentos que intervienen en la síntesis y translocación de azúcares, proteínas y lípidos, (Tisdale y Nelsón, 1977).

La deficiencia de potasio principalmente se manifiesta por el amarillamiento de los ápices y márgenes foliares adultos. En deficiencias más agudas, el amarillamiento avanza hacia el centro o hacia la base de la hoja, las hojas amarillas se hacen necróticas y mueren cuando las deficiencias son mayores, la carencia del potasio se asocia con la disminución de la resistencia de la planta a las enfermedades, la calidad de frutas y hortalizas es inferior.

El potasio es esencial para la fotosíntesis, el transporte de los azúcares y la actividad enzimática, aunque sus funciones específicas no están muy claras. Una hipótesis reciente establece que los iones de potasio se "bombean" hacia dentro o fuera de las células proteicas, regulando de esta manera -

el potencial de agua, y el cierre aparente de los estomas. - Por ser un elemento móvil los síntomas de diferencia se manifiestan por lo tanto, en hojas antiguas, observándose una clorosis foliar, seguida por la necrosis del ápice del margen de las hojas (Gordon, 1979).

El efecto favorable del potasio en los cultivos se detecta, ya que favorece al desarrollo radicular en los cultivos de tubérculo, aumentan el contenido de azúcares, almidones y aceites y mejora la calidad del producto en cuanto a sabor, color y tamaño del fruto (Jacob, 1964).

#### REQUERIMIENTOS.

El potasio es el elemento más abundante en la planta, los tubérculos contienen alrededor de 1.6% de este nutriente y el follaje el 6%, lo que quiere decir que para obtener una cosecha de 20 ton/Ha de tubérculos se requieren 154 Kg de K x Ha (C.I.P., 1981).

#### FUENTES.

El potasio se encuentra presente en el suelo en forma de minerales como feldespatos, micas y biotita o como abono o fertilizantes (C.I.P., 1981).

El potasio forma parte de los minerales arcillosos, en general los suelos francos y limosos contienen más potasio que los arenosos. En el suelo el K se libera lentamente y por lo tanto, la cantidad de este nutriente utilizada por la planta es mínima; las pérdidas por lixiviación son pocas, --

excepto en suelo, muy ligeros o en aquellos que se han abonado con fertilizante potásico en gran cantidad (Patterson, -- 1970).

### 3.11. INTERACCIONES ENTRE LOS NUTRIMENTOS.

Tisdale y Nelson (1977), señalan que en suelos ácidos en donde el hierro y el zinc pueden existir solubles en altas concentraciones, se pueden observar deficiencias de fósforo, debido a que al reaccionar con este último producen compuestos insolubles. Un exceso de fósforo podría ocasionar deficiencias de hierro y zinc por las mismas razones, pero es muy raro encontrar suelos con exceso de fósforo.

Los mismos autores indican que en las leguminosas, la falta de fósforo puede ir acompañada por una deficiencia de nitrógeno debido a que bajas cantidades de fósforo afectan el desarrollo de las bacterias modulares fijadoras de nitrógeno.

El potasio desempeña un papel antagónico importante con el nitrógeno, debido a que el potasio regula la absorción y la reducción de los nitratos en la planta; un exceso de potasio puede ocasionar un efecto fisiológico similar a la deficiencia de nitrógeno y viceversa. Estos autores señalan también que el suministro adecuado de potasio puede corregir frecuentemente el efecto perjudicial ocasionado por un exceso de nitrógeno en la planta, por lo que es importante que exista -- una relación balanceada nitrógeno-potasio en la nutrición vegetal.

Asimismo, un exceso de potasio y de amonio en el suelo puede ocasionar o acentuar las deficiencias de magnesio. Por otra parte, existe un efecto antagónico entre el calcio y potasio

en los suelos; los suelos calcareos ricos en calcio pueden ser pobres en potasio aprovechable. Más adelante estos mismos autores mencionan que las deficiencias de potasio pueden provocar deficiencias fisiológicas de fierro que se aprecian -- por los síntomas de clorosis en las hojas.

El exceso de calcio en la planta inhibe la asimilación de potasio, por lo que debe existir una relación óptima potasio-calcio dentro de la planta. También mencionan que el calcio en altas concentraciones en la planta puede inducir deficiencias de potasio, fierro, magnesio y zinc (Tisdale y Nelson, 1977).

El magnesio fomenta la asimilación y traslocación del fósforo, mientras que los iones amonio, potasio y calcio en altas concentraciones se restringen mutuamente (Jacob, 1964).

El exceso de calcio o de fósforo en el suelo puede producir la precipitación del fierro en compuestos insolubles. En las plantas, un exceso de los iones calcio, cobre y magnesio pueden ocasionar deficiencias fisiológicas de fierro (Russell y Russell, 1968).

La abundancia de iones calcio o fósforo en la planta o bien, la deficiencia de iones potasio pueden ocasionar la deficiencia fisiológica del fierro. Por lo que ésta se podría corregir con aplicaciones de potasio (Sillampy, 1972).

El fierro y el potasio se encuentran íntimamente relacionados; la deficiencia de potasio puede ocasionar la acumulación de fierro en los tejidos en forma iónica, mientras que el potasio ayuda a la traslocación del fierro en la planta y bajo ciertas circunstancias, las deficiencias de potasio se pueden reducir suministrando fierro (Jacob, 1964).

El magnesio es necesario para la reducción de los nitratos; y que un exceso de magnesio puede ocasionar deficiencia de fierro, aunque esta deficiencia puede también ser simultánea (Tisdale y Nelson, 1977).

El antagonismo que existe entre fierro y magnesio afecta más el crecimiento de la planta, que la concentración total o individual absorbida de estos, y que dicha relación podría ser un índice importante para determinar el crecimiento de la producción de un cultivo (Sillampy, 1972).

Se han comprobado deficiencias de zinc ocasionadas por la aplicación de dosis elevadas de fósforo, que el fierro puede disminuir la absorción de zinc, y que en ciertas ocasiones las altas concentraciones de calcio también producen deficiencias de zinc (Sillampy, 1972).

### 3.12. ANALISIS FOLIAR.

El análisis de las plantas como un medio para determinar la necesidad de nutrimentos en el suelo no es un tema nuevo, Tisdale y Nelson (1977) señalan que podría considerarse a Von Liebig (1840) como el iniciador de este tipo de análisis.

Mediante el análisis de las plantas no es fácil determinar la cantidad de elementos disponibles en el suelo debido a la complejidad de los factores que intervienen, sin embargo, los mismos autores recomiendan la combinación de los análisis de tejidos vegetales y de suelos para establecer con bases científicas, las causas de las deficiencias (Teuscher y Aldler, 1980)

De manera general los análisis de plantas y suelos por si mismos no indican la cantidad de nutrimentos que se deben agregar al suelo o directamente al cultivo para corregir las deficiencias. Hauser (1980) afirma que es necesario realizar pruebas de calibración y correlación de los análisis con la respues-

ta de los cultivos a las aplicaciones de los nutrimentos estudiados.

Algunos autores han basado la interpretación de los análisis de plantas en los llamados valores críticos con los valores estandar. Jones (1983) indica que se llama valor crítico a aquel que ese obtiene a partir del análisis de gran número de hojas de un cultivo sano con índice de producción normal.

El mismo autor señala que tanto el valor crítico como el valor estandar son valores únicos, absolutos y que son variables según las condiciones ambientales del cultivo, por lo que existen grandes limitaciones para su interpretación.

### 3.13. OBJETIVO DE LA FERTILIZACION.

La técnica de la fertilización se ha desarrollado en todo el mundo a causa de su extraordinaria rentabilidad. A medida que los Centros de Investigación y Experimentación han ido aumentando el grado de conocimiento sobre las posibilidades de los fertilizantes, los gobiernos han prestado, en general, la máxima atención a la extensión y divulgación de estos conocimientos para que a través de su puesta en práctica se obtuviese la importante mejora económica que a nivel general del país se esperaba.

Sin embargo, es en definitiva el agricultor en su explotación el que debe comprobar los resultados prácticos de las nuevas técnicas para que su introducción sea efectiva y estos resultados deben ser económicos, pues éste es normalmente el objetivo de la explotación agrícola. Así pues, la técnica de la fertilización persigue mejorar la rentabilidad general de la agricultura a través de su propia rentabilidad.

Los agricultores de todo el mundo, y en particular los de los países desarrollados vienen probando en mayor o menor grado, que la fertilización es una técnica rentable que permite aumentar la productividad de la tierra y del factor humano, reduciendo los costos de producción y mejorando en

consecuencia, el resultado global de la explotación.

El incremento constante del consumo de fertilizantes en todos los países, es prueba suficiente de que millones de agricultores han comprobado la rentabilidad de la fertilización. Así, en los últimos treinta años, los consumos de elementos fertilizantes se han multiplicado aproximadamente por 12 el nitrógeno, por 5 el fósforo y por 6 el potasio. Sin embargo, existen pruebas aún más concretas del interés económico real de los fertilizantes. Basta con examinar en cada país la evolución de los rendimientos agrícolas, ya sea en general o en particular para cada uno de los principales cultivos, que en las últimas décadas han visto dobladas y aún triplicadas las producciones medias (Dominguez, 1989).

El mismo autor afirma que la economía agrícola depende, en un alto grado de la fertilización. Estimaciones realizadas por expertos en varios países, así como por organismos internacionales, establece que al menos el 50% de la producción agrícola actual se debe a la utilización de fertilizantes.

### 3.14. FERTILIZACION DE LA PAPA EN MEXICO.

Los diferentes ensayos realizados a lo largo del territorio nacional para definir los tratamientos más adecuados para cada zona en particular han sido variados, de tal manera que existen estudios determinados, para cada uno de los diferentes sistemas de producción de papa como son:

- a) Para siembras de temporal.
- b) Para siembras de riego.
- c) Para siembras de humedad residual.

Aunque se tienen antecedentes de dichos estudios, han sido pocos los lugares que utilizan las dosis recomendadas por aquellos; esto debido a la poca difusión y a la gran variedad de condiciones edáficas y climáticas de nuestro país.

Recientemente FERTIMEX ha determinado a nivel nacional una guía de fertilización, por zonas agrícolas y por cultivos, para las zonas productoras de papa y recomienda las dosis que se observan en el Cuadro 2.

### 3.15. DETERMINACION DE LA DOSIS.

El sentido económico de la fertilización viene determinado por la consideración de esta técnica como factor de la producción agrícola. Es conocida la necesidad de cada elemento nutritivo para que la planta complete su ciclo vegetativo. Visto de otro modo, esto significa que para alcanzar un determinado rendimiento máximo, el cultivo necesita una determinada cantidad de elemento nutritivo y que entre 0 y dicha cantidad se obtienen rendimientos intermedios.

En la práctica lo que ocurre en forma simplificada es que la planta encuentra en el suelo todo o parte de la cantidad máxima de elemento necesario, según el grado de fertilidad del suelo. Cuando la fertilidad del suelo no permite alcanzar dicho rendimiento máximo, quedando situada en un nivel intermedio, entra en juego la posibilidad de complementar la acción del suelo con la aportación de mayor cantidad de elemento nutritivo, hasta que se alcance la máxima rentabilidad o el óptimo económico de esta aplicación suplementaria que constituye el objeto de la fertilización (Domínguez, 1989).

Este es el punto más complejo de determinar en el conjunto -

de los problemas que plantea la fertilización, ya sea referido a un cultivo o a una rotación concreta. Actualmente la de terminación de las cantidades de elementos nutritivos a aportar al suelo en la práctica de la fertilización debe realizarse forzosamente teniendo en cuenta muy especialmente la variable tiempo. En efecto, en unos casos, las limitaciones que impone la utilización económica y no contaminante de los elementos móviles como el nitrógeno y en otros la consideración del nivel de fertilidad como un objetivo prioritario en los elementos nutritivos poco móviles como el fósforo y el potasio, hacen que no tenga sentido la determinación de la dosis de fertilización, sin considerar el período de tiempo adecuado en cada caso (Domínguez, 1989).

### 3.16. DOSIS OPTIMA ECONOMICA (DOE).

El óptimo económico se define como el rendimiento que produce el máximo ingreso (Narvaez, 1978).

Para determinar óptimos económicos de los insumos de la producción existen diferentes criterios económicos y métodos, - cada uno de los cuales puede presentar ventajas o desventajas según las condiciones de producción presentes (Leal, 1986).

Dese el punto de vista de la obtención de óptimos económicos estos criterios pueden comprender varios criterios y procedimientos, los cuales al mayor nivel de generalización puede clasificarse en discretos y continuos.

En los procedimientos de tipo continuo se trabaja con funciones de producción estimadas mediante regresión, las cuales a través de derivación matemática o un programa de cómputo, --

permite obtener los óptimos económicos buscados, y gráficamente en base a las curvas de respuestas a los insumos de producción. Aunque en este último caso cuando existe respuesta a más de un insumo, la solución no es exactamente de tipo continuo.

En los procedimientos de tipo discreto, se trabaja en base a cuadros de los cuales se incluyen al menos, la información sobre los costos variables, los ingresos netos y/o las tasas de retorno de los tratamientos o combinaciones de los insumos estudiados de tal manera que, de acuerdo con el criterio económico de interés se llegue a determinar el tratamiento óptimo económico.

Sin embargo, cualquiera que sea el criterio o procedimiento, la base económica de optimización es, que debido a la existencia en la agricultura de la ley, de los rendimientos o rendimientos decrecientes, se habrá de llegar a una cantidad óptima en el uso de un insumo de la producción (Leal, 1986).

### 3.17. EFICIENCIA DE LA FERTILIZACION.

La escasa aunque actualizada bibliografía que se encuentra respecto al tema de la eficiencia de la fertilización o la eficiencia con que las plantas absorben y utilizan los nutrientes da las bases para afirmar que es un tema poco estudiado. El término absorción se refiere aquí a los aspectos tanto de la concentración del nutrimento en la planta, como de la extracción del mismo, es decir, la cantidad total del nutrimento presente en el vegetal. Por otra parte, el concepto de eficiencia implica el conocimiento del uso que la planta le da a los nutrientes además, del estado que guarda la planta a través de su ciclo o cuando menos durante una parte de éste. Se ha comprobado que la eficiencia de utilización del nitrógeno puede variar en función del cultivo, la variedad, la altitud sobre el nivel del mar, la cantidad y distribución de las lluvias, la longitud de los días, el porcentaje de materia orgánica, la textura y estructura del suelo, - Fuentes (1990).

Se establece una influencia notable en la eficiencia de absorción por parte de las diferentes fuentes de fertilizantes, las cuales suelen actuar de manera distinta en diferentes suelos sobre todo cuando los productos difieren marcadamente en su grado de solubilidad, concentración o fijación. Esto es mencionado por Pineda et al (1986) quienes realizaron un experimento en Chapingo, México, estudiando la respuesta del maíz en producción de grano, rastrojo, materia seca y absorción de nitrógeno a diferentes niveles, fuentes y oportunidades de aplicación. Ellos encontraron que en los niveles de aplicación, el tratamiento de 80 kg de nitrógeno/ha, presentó la mayor absorción de nitrógeno y la mayor eficiencia de recuperación observándose una marcada disminución en los niveles de 120, 160 y 200 kg N/ha. En cuanto a las fuentes de

nitrógeno, la mayor absorción y eficiencia se obtuvo con la urea, presentándose menor absorción y eficiencia cuando el nitrógeno se aplicó en forma de nitrato de amonio, concluyendo estos autores que la desventaja de la forma nítrica con respecto a las otras dos fuentes (urea y sulfato de amonio), se debía a efecto de concentración. En lo que respecta a la oportunidad de aplicación, la mayor absorción y eficiencia se encontró con el tratamiento en el que se aplicó la mitad del fertilizante a la siembra, y la otra mitad a los 50 días después de la siembra, obteniéndose la menor eficiencia y absorción del nitrógeno cuando se aplicó todo el fertilizante a los 30 días después de la siembra.

En 1979, Singh et al, citados por Fuentes (1990), al observar el efecto de diferentes dosis y métodos de aplicación de nitrógeno sobre la eficiencia de recuperación del fertilizante nitrogenado, encontraron que se presentó un incremento significativo en este valor al aumentar el nivel de aplicación de nitrógeno para 30, 60 y 90 kg de N/Ha respectivamente, cuando toda la fertilización se aplicó directamente al suelo; asimismo, la eficiencia varió de 54.3 a 55.6% y 57.6% para los mismos niveles de fertilización, cuando la mitad de ésta fue aplicada directamente al suelo y la otra parte se aplicó en aspersión foliar.

En lo que se refiere a la acción de la humedad sobre la extracción del nitrógeno por el cultivo de maíz, se reporta diferentes índices de la eficiencia de la absorción en términos de la materia seca producida y del rendimiento de grano, indicando también que la humedad del suelo se relaciona con el crecimiento de la planta y su capacidad para absorber nutrientes, en varios aspectos, tanto en forma directa como indirecta. Los efectos directos se refieren a la facilidad con que la solución del suelo presente en la vecindad de la raíz, puede penetrar en ésta a través de la superficie ra

dical. Los efectos indirectos de la humedad del suelo sobre el crecimiento y la capacidad absorbiva de la planta son aquellos que pueden producirse sobre las propiedades del suelo, que a su vez afectan estos fenómenos.

La importancia de un adecuado nivel de humedad para que se logre un máximo aprovechamiento de los nutrimentos presentes en el suelo en forma nativa o aplicados como fertilizantes, según Killinsback y Simmelsgaard citados por Fuentes (1990), quienes al estudiar la influencia que ejerce este factor en el suelo sobre la eficiencia de la fertilización nitrogenada encontraron que la eficiencia varió de 75 a 90% en cereales cultivados bajo condiciones adecuadas de humedad, disminuyendo este porcentaje de eficiencia de 30 a 50% bajo condiciones de sequía.

Singh y Anderson, citados por Fuentes (1990), mencionan que el nitrógeno extraído por las plantas en total y diariamente y la proporción del nitrógeno acumulado por las partes vegetativas, se incrementan al aumentar el nivel de nitrógeno aplicado. Por el contrario, la proporción de materia seca acumulada por estas partes y las reproductivas disminuye al retrasar la maduración, el exceso de nitrógeno.

Tanaka y Yamaguchi (1972), al comparar la eficiencia de la fertilización nitrogenada en varios cultivos observaron que la mayor eficiencia se obtuvo con papa y remolacha, siguiéndoles en eficiencia trigo, arroz y maíz, obteniéndose la mayor eficiencia con soya. Señalan, que la eficiencia disminuyó al incrementar la aplicación del fertilizante nitrogenado por encima de los 100 kg por hectárea, disminución que fue bastante marcada en remolacha, ya que decreció de 63 a 42% para la disminución de la eficiencia en papa fue también significativa, de 65 a 34 6 48% para 100, 200 y 300 kg. de nitróge-

no por hectárea; para el cultivo de soya la eficiencia permaneció casi constante, ya que su variación fue de 15 a 16 y - 15.5% para los mismos niveles de nitrógeno.

### 3.18. REGIONES PRODUCTORAS DE PAPA EN MEXICO.

Las regiones productoras de papa en México, se clasifican en: Productoras de semilla-papa y productoras para el consumo -- (Cuadro 11). Las regiones que producen semilla-papa a la vez se clasifican en:

#### 1.- Zonas de protección autosuficientes surtidoras.

Estas zonas se caracterizan por que no se introduce semilla desconocida; son autosuficientes, produciendo semilla original, básica, registrada y certificada. Estas zonas están representadas en México por el Valle de Toluca, que produce en primavera-verano, sembrando en mayo a junio y cosechando en septiembre a noviembre.

#### 2.- Zonas de protección surtidoras-receptoras.

Al igual que la zona anterior, no permite la introducción de semilla desconocida, pero necesita de un auxilio de la zona autosuficiente; produce semilla básica, registrada y certificada. Las regiones más representativas son: Cuadro 12.

#### 3.- Zonas surtidoras receptoras.

Son las zonas que surten a las receptoras, pero necesitan se milla-papa de otras regiones.

CUADRO 11. Principales regiones productoras de papa para el consumo.

ESTADO-REGION	VARIETADES	C.V. (TIPO)	SEMILLA-PAPA KGS./HA.	SIEMBRA-COSECHA
PUEBLA Tepeaca	Alpha	Tardío	1750-2000	1° Mayo-10 Sept.
	Greta	Tardío		15 Junio-20 Oct.
	Murca	Tardío		15 Junio-30 Oct.
	Rosita	Tardío		
	Furore	Intermedio		
	Yema	Tardío		
	Tollocán	Intermedio		
Atzimba	Tardío			
VERACRUZ Cofre de Perote	Rosita	Tardío	1750-2000	1° Mayo-1° Sept.
	Furore	Intermedio		15 Junio-30 Oct.
MEXICO Valle de Toluca	Alpha	Intermedio	3000-3500	15 Mayo-1° Sept.
	Tollocán	Intermedio		15 Junio-30 Oct.
	Greta	Intermedio		15 Junio-30 Oct.
	Atzimba	Tardío		
	Rosita	Tardío		

Continuación

ESTADO-REGION	VARIETADES	C.V. (TIPO)	SEMILLA-PAPA KGS./HA.	SIEMBRA-COSECHA
	Murca Juanita Patrones Prevalet Furore	Intermedio Tardío Precoz Precoz Precoz		
MEXICO Nevado de Toluca	Atzimba Rosita Anita Nevado Greta Aloha Tollocán	Tardío Tardío Tardío Tardío Tardío Intermedio Intermedio	2500-3000	23 Marzo-1° agosto 10 Junio-30 Oct.
Valle de Bra- vo Temascaltepec	Tollocán Alpha Greta Murca Gema López	Intermedio Intermedio Intermedio Tardío Tardío Tardío	1700 -2000	15 Marzo-15 Septo. 15 Junio-30 Oct.

Continuación

ESTADO-REGION	VARIETADES	C.V. (TIPO)	SEMILLA-PAPA KGS./HA.	SIEMBRA-COSECHA
SINALOA				
Valles del Fuerte y de Guasave	White Rose Alpha Patrones	Intermedio Intermedio Precoz	1750-2000	1° Oct.-15 Feb. 15 Enero-30 Abril
CHIHUAHUA				
Babícora Gómez Farías Madera	Alpha Red pontiac Rosita White Rose Patrones	Tardío Tardío Tardío Tardío Tardío	2500-3000	1° Mayo-15 Agosto 30 Mayo-30 Oct.
Jiménez Búfalo y Aldama	White Rose Alpha Patrones	Tardío Tardío Precoz	2500-3000	20 Marzo-20 Julio 30 Junio-30 Agosto
MICHOACAN				
Meseta Tarasca	Alpha Murca Atzimba Rosita Prevalet Saturno	Tardío Tardío Tardío Tardío Tardío Intermedio	1500-2000	1° Mayo-1° Sept. 30 Junio-30 Oct.

Continuación

ESTADO-REGION	VARIETADES	C.V. (TIPO)	SEMILLA-PAPA KGS./HA.	SIEMBRA-COSECHA
Valle de Zamora	Bintje	Precoz	1750-2000	15 Dic.-15 Junio
	Patrones	Precoz		
	Rosita	Tardío		
	Alpha	Intermedio		
	Patrones	Precoz		
Tziritzicuaró	Furore	Precoz	1750-2500	10-Sept.-1° Enero
	Alpha	Intermedio	2000-2500	15-Marzo-15 Sept.
	Furore	Precoz		15 Dic.-15 Junio
	Murca	Tardío		15 Marzo-15 Sept.
COAHUILA				
Derramadero	Alpha	Tardío	2000-2500	1° Marzo-1° Sept. 30 Junio-30 Oct.
	Patrones	Intermedio		
	Atzimba	Intermedio		
	Furore	Precoz		
TLAXCALA				
Huamantla	Alpha	Tardío	2500-3000	1° Mayo-1° Sept. 30 Junio-30 Oct.
	Tollocán	Intermedio		
	Greta	Tardío		
	Atzimba	Tardío		
	Rosita	Tardío		

Continuación.

ESTADO-REGION	VARIETADES	C.V. (TIPO)	SEMILLA-PAPA KGS./HA.	SIEMBRA-COSECHA
GUANAJUATO San Felipe, León. Romita y San Fco. del Rincón	Patrones  Prevalet Alpha Patrones	Precoz  Tardío Tardío Precoz	2500-3000	1° Junio-1° Nov. 30 Junio-30 Nov.
BAJA CALIFOR NIA NORTE Costa de En- senada San Quintín Real del Cas tillo Ojos Negros La Trinidad	Alpha White Rose  Alpha White Rose	Tardío Tardío  Tardío Tardío	2500-3000  2500-3000	1° Marzo-1° Julio 30 Junio-30 Oct.  1° Mayo-1° Sept. 30 Junio-30 Oct.
SONORA Huatabampo	White Rose Alpha Patrones Furore	Intermedio Intermedio Precoz Precoz	2000-2500	1° Oct.-15 Feb. 31 Dic.-30 Abril

Continuación

ESTADO-REGION	VARIETADES	C.V. (TIPO)	SEMILLA-PAPA KGS./HA.	SIEMBRA-COSECHA
NUEVO LEON Navidad, Cienega del Toro	Alpha Prevalet Furore Patrones	Tardío Tardío Precoz Precoz	2500-3000	1° Marzo-1° Agosto 30 abril-30 Sept.

Fuente: Murillo (1988).

Otras de menor importancia son:

- 1.- Puebla: Teziutlán, Zacapoaxtla, Huachinango, San Pedro Cholula y Tehuacán.
- 2.- Veracruz: Coscomatepec, Jalacingo y Atzompa.
- 3.- Tlaxcala: Cuapiaxtla e Ixtenco.
- 4.- D.F.: El Ajusco.
- 5.- México: Atlacomulco, San Simón de Guerrero y Villa Victoria.

CUADRO 12. Principales regiones de protección surtidoras-receptoras de semilla-papa.

Z O N A	CICLO AGRICOLA	SIEMBRA	COSECHA
Meseta Tarasca, Mich.	P-V	Mayo-Junio	Septiembre-Octubre
Derramadero, Coah.	P-V	Marzo-Mayo	Julio-Octubre
Babícora, Chih.	P-V	Marzo-Mayo	Julio-Octubre
Madera, Chiah.	P-V	Marzo-Mayo	Julio-Octubre
Gómez Farías, Chih.	P-V	Marzo-Mayo	Julio-Octubre
Ciénega del Toro, N.L.	P-V	Marzo-Junio	Julio-Octubre
Ojo Caliente, Zac.	P-V	Marzo-Mayo	Julio-Octubre
Tlaxco y Terranate, Tlax.	P-V	Mayo-Junio	Septiembre-Noviembre

FUENTE: Murillo (1986).

Produce semilla registrada y certificada; están representadas por: Guasave y Ahome en Sinaloa; Huatabampo, en Sonora; se produce en el ciclo 0-I de octubre a diciembre la siembra, y de febrero a abril la cosecha.

#### 4.- Zonas receptoras.

Estas zonas se caracterizan por producir sólo semilla certificada y pueden surtir de semilla-papa a las regiones productoras para el consumo, cuando la demanda es grande. Estas zonas están representadas por: Real del Castillo y San Quintín, en B.C.N.; Navidad en N.L.; Nevado de Toluca, Edo. de México; Libres y Cd. Serdán, en Puebla; Cofre de Perote, en Veracruz y Tzompantepec y Cuapiaxtla, en Tlaxcala.

#### 3.19. VARIEDADES DE PAPA.

De acuerdo al uso existen variedades de consumo fresco (Cuadro 13), industrial y forrajeras; en cuanto al período vegetativo pueden ser precoces, intermedias y tardías; por la coloración de la cáscara, son blancas, amarillas, rosadas y moradas; por la forma son ovaladas, globosas, alargadas y aplastadas.

Hasta el año 1975, la superficie cultivada en México de papa, correspondía el 50% a las variedades extranjeras (Holandesas y Norteamericanas) el 45% a las variedades criollas y 15% a las variedades liberadas por el INIA. Es lógico suponer que en la actualidad este porcentaje ha cambiado en favor de las variedades liberadas por el INIA y con reducción de las variedades criollas, pues las zonas en que antes se sembraban con variedades criollas (Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México, Hidalgo y la Meseta Tarasca) han adoptado variedades mejoradas en la mayor parte de ellas.

CUADRO 13. Clasificación de Variedades de Consumo fresco de acuerdo al origen.

<b>A) VARIEDADES HOLANDESAS:</b>	
1.- Alpha	6.- Amigo
2.- Patrones	7.- Cardinal
3.- Furore	8.- Urgenta
4.- Procura	9.- Bintja
5.- Prevalet	10.- Espartaan
	11.- Desareá
<b>B) VARIEDADES NORTAMERICANAS:</b>	
1.- White Rose	7.- Cherokee
2.- Red Pontiac	8.- Sebage
3.- Early Gam	9.- Chipewa
4.- Florida	10.- Ontario
5.- Kennebec	11.- Green Montain
6.- Northchip	12.- Katahdin
<b>C) VARIEDADES LIBERADAS POR EL INIA:</b>	
1.- Atzimba	9.- Conchita
2.- Murca	10.- Dorita
3.- Greta	11.- Elenita
4.- Rosita	12.- Florita
5.- Tollocán	13.- Gabriela
6.- Montsama	14.- Juanita
7.- Anita	15.- Eréndira
8.- Berthita	16.- San Gema

**D) VARIEDADES CRIOLLAS:**

- 1.- López
- 2.- Leona
- 3.- Amarilla de Puebla (yema)
- 4.- Nevado
- 5.- Rosada
- 7.- Perote
- 8.- Huamantla

FUENTE: Murillo (1986).

**3.20. PROCESO PRODUCTIVO.**

CIASEEM (1975) sugiere las siguientes recomendaciones para el cultivo de papa.

- 1.- Las siembras deben realizarse en suelos con una capa arable no menor de 30 cm. de textura ligera franca o arenosa, bien drenados y con buena pendiente para evitar en charcamientos; es recomendable que el cultivo anterior sea una gramínea maíz, trigo, etc. Para un mejor control de plagas y enfermedades.
- 2.- Surcar a una profundidad de 10 cm. y colocar el fertilizante en el fondo del surco cubriéndolo con una capa delgada de tierra.
- 3.- Colocar la semilla a una distancia de 30 cm. entre plantas y 90 cm. entre surcos.

- 4.- La semilla debe poseer brotes y vigorosos de aproximadamente 2 cm. de largo para evitar lastimarlos al momento de sembrarlo o de taparlos; el tamaño de tubérculos debe ser de 35 a 55 cm. de diámetro.
- 5.- El tapado de la semilla debe realizarse tan pronto sea posible, con el fin de evitar que el tubérculo sea dañado por el sol. Una vez tapado, el tubérculo debe quedar a una profundidad de 12 cm. para posteriormente aplicar herbicida preemergente según sea el caso.
- 6.- Cuando la plántula ha emergido, se deben iniciar las aplicaciones de insecticidas a intervalos necesarios; los productos comunmente usados son Thiodan, Metasystox, Follimat y Nuvacrón, en dosis de dos a tres lt/Ha, con los que se puede controlar pulgón, chicharrita, mosquita blanca y pulga saltona.
- 7.- El primer cultivo se realiza cuando la planta alcanza -- una altura aproximada de 20 a 30 cm. y un segundo cultivo antes de que la planta cierre el surco, cuando tenga entre 50 y 60 cm. de altura.
- 8.- Dependiendo de las condiciones climáticas que se hayan tenido durante el desarrollo del cultivo se corta el follaje cuando tenga un color verde amarillento y se espera de 10 a 15 días para que fortalezca la cutícula de tu bérculo y entonces se inicia la cosecha.

#### PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Las diferentes plagas y enfermedades que atacan al cultivo de la papa, ocasionan daños tanto al follaje de la planta, como a las raíces y más severos cuando atacan a los tubércu-

los. Para las diversas regiones de México, se reportan como las más frecuentes las que enseguida se mencionan:

#### ENFERMEDADES:

##### a) Tizón tardío (Phitophora infestans).

Enfermedad fungosa favorecida por alta humedad y bajas temperaturas. Ataca el follaje de las plantas causando lesiones - oscuras, circulares y de tamaño variable, las cuales crecen rápidamente bajo condiciones favorables alcanzando de 2 a 3 cm. de diámetro.

Las lesiones muestran un halo de color pálido, en el envés de la hoja se observa un polvillo blanco de esporas. La necrosis puede generalizarse rápidamente en hojas, peciolo y tallo, destruyendo las plantas en pocos días, los tubérculos muestran lesiones necróticas en forma marginal de anillos irregulares que avanzan parcial o totalmente en el tubérculo, las lesiones se inician en el campo, pero los síntomas en muchos casos se desarrollan hasta que la papa se encuentra en el almacén, en donde se propaga la infección a otros tubérculos, que finalmente muestran una pudrición, secreción acuosa, causada por el ataque secundario de bacterias (Ortiz, 1983).

##### b) Tizón temprano (Alternaria solani).

Es una enfermedad fungosa que causa manchas oscuras en el follaje, a manera de anillos concéntricos de forma oval o regular, que al unirse puede causar la defoliación de las plantas; las lesiones se presentan también en el tallo, y en el tubérculo, éstas son circulares ligeramente hundidas (García, 1979).

c) Costra negra (Rhizoctonia solani).

Constituye una de las enfermedades más comunes y graves de la papa en algunas regiones productivas, ocasionan lesiones definidas de color café oscuro o rojizo de 1 a 2 cm. o más a lo largo de la raíz.

Los síntomas anteriores pueden predecirse por la marchitez aparente de la planta. En el tubérculo pueden presentarse manchas de 2 a 3 mm. compuestas por tierra y micelio de hongo, adherido al tubérculo (Ortiz, 1983).

d) Punta morada

Enfermedad de origen viroso transmitida por chicharritas, se presenta en las siembras tempranas. Cuando así sucede, se observa enrollamiento basal hacia arriba de los folíolos, y presentación de tintes morados o amarillos, según la pigmentación de la variedad. La planta tiende al crecimiento erecto de las hojas jóvenes, engrosamiento de los entrenudos, tendencia a la formación de tubérculos aéreos y finalmente, marchitez prematura de la planta. Las plantas afectadas tienen un menor crecimiento, sobre todo cuando la infección ocurre en la primera etapa del desarrollo de la planta. Los tubérculos muestran lesiones oscuras y producen brotes finos o aislados (CIASEEM, 1975).

e) Pierna negra (Erwinia astrocéptica, E. carotovora).

Origina que las plantas afectadas suspendan su crecimiento y que las hojas se amarillenten y enrollen, la base de los tallos se pone negra, progresando la infección por los estolones hasta los tubérculos con áreas oscuras por fuera y una pudrición suave por dentro (Ortiz, 1983).

## f) Mosaicos

Enfermedades de origen viroso causadas principalmente por los virus A, X y Y, se presentan en forma individual o combinada y se transmiten mecánicamente, sobre todo durante las labores culturales. Los virus A e Y también son transmitidos por pulgones. Se presentan como síntomas el moteado leve o intenso de las hojas, en algunos casos con rugosidad en las hojas y necrosis en las nervaduras (Ortiz, 1983).

g) La vaquita (Pseudomonas solanacearum).

La vaquita o la marchitez bacteriana de la papa es uno de los problemas bacterianos más importantes de este cultivo.

Los síntomas se manifiestan como marchitez, disminución del crecimiento y amarillamiento de las hojas. Algunas veces solamente una parte de la planta puede mostrar amarillamiento o flacidez en la parte externa, los tubérculos pueden mostrar áreas hundidas, en los bordes de las cuales sale un exudado y el suelo se adhiere con frecuencia. Al cortar los tubérculos, estos pueden mostrar el anillo vascular de color café donde sale un exudado lechoso al exprimirlo.

La bacteria vive en el suelo y entra por las raíces a través de las heridas, posteriormente se distribuye en forma sistemática al tallo y otras partes de la planta. La enfermedad es favorecida por altas temperaturas, exceso de humedad y mal drenaje (CIASEEM, 1975).

También se reportan la presencia de otras enfermedades como la subpudrición seca o marchitez, (Fusarium oxysporum) nemátodo nodular (Meloidogyne spp) y (Globodera rostochiensis) nemátodo dorado (S.E.P. 1982).

## PLAGAS.

- a) Pulga saltona o rayada de la papa (Epitrix cucumeris, Harris).

Mide aproximadamente 2 mm. de largo X 0.5 mm. de ancho y es de color negro, el adulto destruye el follaje, las larvas y los tubérculos (Ortiz, 1983).

- b) Pulgón (Myzus persicae, Sulzer).

Es un pulgón de color verde pálido; en el cultivo de la papa se localiza en el envés de las hojas y en el tallo, normalmente de la parte media de la planta hacia abajo, aunque en infecciones fuertes puede afectar en toda la planta. El daño que causa este insecto resulta de succión de la savia de las plantas, y es un vector para que la transmisión de enfermedades sea virosa (CIASEEM, 1975).

- c) Palomilla de la papa (Pthorimea o perculella, Zeller).

El adulto de este insecto es una palomilla de color café grisáceo, con manchas cafés en las alas anteriores, mide alrededor de 6 mm. de largo. Las hembras ovipositan el envés y peciolo de las hojas y en ocasiones en los tallos; si existen tubérculos también ovipositan sobre ellos; ya sea que estos estén expuestos o se pueda llegar a ellos por pequeñas grietas en el suelo. La larva es de color blanco cremoso, con la cabeza café y llega a medir 12 mm. de largo aproximadamente. Los daños son causados por la larva, la cual mina las hojas y barrenan los tallos peciolo tubérculos en el campo en los almacenes, este último daño es el más importante (Ortiz, -- 1983).

- d) Gusano soldado (Pseudaletia unipuncta) y (Expodoptera exigua).

Las palomillas de este insecto oviposita en las porciones de las plantas cercanas al suelo, de donde los huevecillos eclosionan en pocos días las larvas, se alimentan de las hojas y de tallos, llegando a dejar solamente las nervaduras de las hojas. Este gusano es semejante al cogollero, tanto en su tamaño como en su forma, su coloración varía de verde claro hasta casi negro, y prelineas de matiz blanco amarillento en los lados y sobre el dorso. La presencia de este insecto es esporádica, ya que puede aparecer un año y no presentarse durante dos o tres. Sus infecciones se inician en pastizales y en otras hospederas silvestres (CIASEEM, 1975)

- e) Catarinas o Mayates (Diabrotica duodecimpunctata) y -- (Aleayrodidae spp). Mosquita Blanca.

Se alimenta del follaje de las plantas causando perforaciones irregulares en las hojas, infestaciones altas pueden causar defoliación total de la planta (Ortiz, 1983).

- f) Trips (Caliotirios phaseoli).

Atacan al cultivo en su primera etapa de desarrollo alimentándose de la savia de la planta, cuando las infecciones son elevadas pueden causar la muerte de la planta (Ortiz, 1983).

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

La presente investigación se llevó a cabo en el Municipio de Teocaltiche, del Estado de Jalisco, en terreno perteneciente a la comunidad denominada Mascua, donde recientemente se ha introducido esta especie.

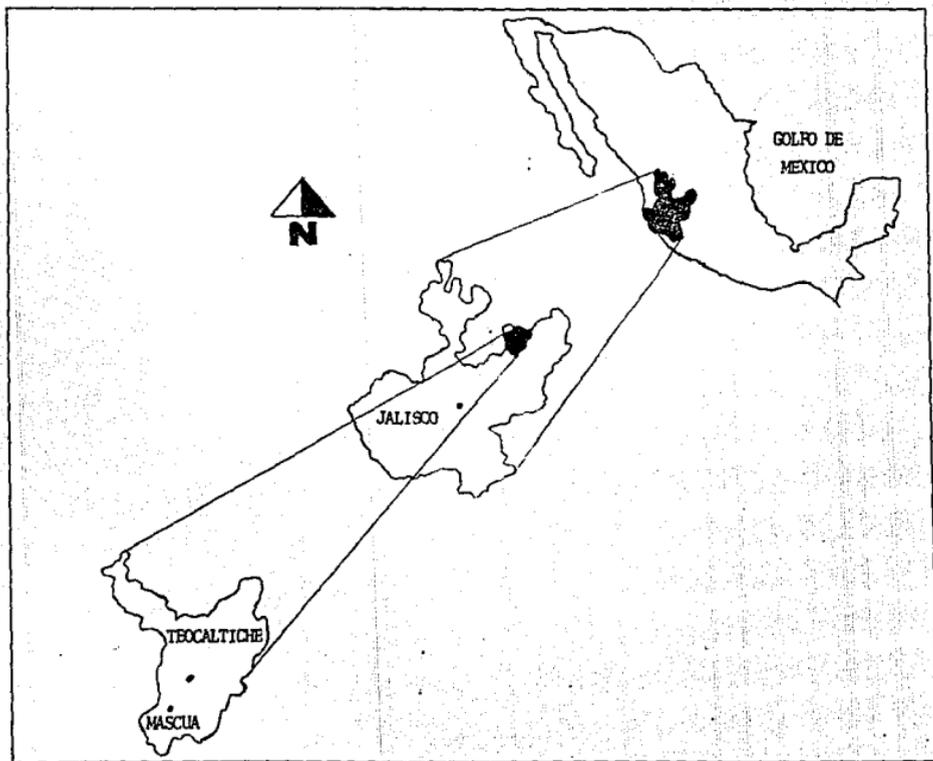
##### 4.1. UBICACION GEOGRAFICA DE LA ZONA.

El Municipio de Teocaltiche se encuentra situado al noroeste del Estado y limita con el Municipio de Villa Hidalgo y con el Estado de Aguascalientes, al sur con los Municipios de Jalostotitlán y San Juan de los Lagos, al oriente con el Municipio de Encarnación de Díaz y al poniente con el Estado de Zacatecas (Fig. 3). Está ubicado entre las coordenadas  $21^{\circ} 15'00''$  y  $21^{\circ} 43'30''$  de latitud norte y  $102^{\circ} 23'15''$  y  $102^{\circ} 47'30''$  de longitud oeste con una altitud media de 1850 metros sobre el nivel del mar. Localización aproximada de la comunidad de interés es de  $21^{\circ} 22'16''$  de latitud norte y  $102^{\circ} 37'18''$  de longitud oeste (S.P.P., 1988).

##### 4.2. CARACTERISTICAS CLIMATICAS.

De acuerdo al sistema de Köppen, modificado por García (1981) el clima para la región de Teocaltiche corresponde a (A) c - (W) a (e), semicálido templado, el más seco de los subhúmedos con régimen de lluvias de verano e invierno seco (menos del 5% de precipitación anual), con verano caliente, tempera

FIG. 3. Localización Geográfica del Municipio de Teocaltiche, Jal., México.



tura media del mes caliente mayor de 22°C y oscilación de la temperatura extrema (Cuadro 14).

#### TEMPERATURA.

La temperatura media anual es de 19°C, con una oscilación media mensual de 9.2°C siendo diciembre el más frío con una temperatura promedio de 14°C y julio el mes más caliente con 23°C (García, 1981).

#### PRECIPITACION.

La zona presenta un régimen de lluvias de verano con invierno seco, la precipitación media anual es de 337.7 mm. siendo julio el mes más lluvioso con 169.7 mm. y marzo el más seco (Observatorio Nacional, 1990).

#### HELADAS.

El promedio anual de heladas en la zona es de 22, inician en el mes de octubre y terminan en la primera quincena del mes de marzo, siendo los meses con mayor incidencia diciembre, enero y febrero (S.P.P., 1988).

#### 4.3. CARACTERISTICAS EDAFICAS.

La FAO/DETENEL, citados por Aguirre (1989) señala que la clasificación de los principales suelos de la República Mexicana está basada en la clasificación FAO/UNESCO (1970 y 1974), modificada por la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (DETENAL).

CUADRO 14. Precipitación y temperaturas promedio de la Estación Meteorológica más cercana al lugar donde se realizó el experimento (Ahuetita, Jal.) (Datos de 10 años).

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
TEMPERATURA °C	14.1	15.8	17.8	20.2	22.6	23.2	22.4	21.7	21.2	18.8	16.3	14.0
PRECIPITACION mm.	7.8	3.6	1.4	2.6	19.5	102.2	169.7	147.1	73.8	28.5	18.6	5.0
TEMP. $\bar{X}$ ANUAL 19°C												
Pp. $\bar{X}$ ANUAL 337.7 mm.												

FUENTE: Observatorio Nacional, 1990.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

De acuerdo con lo anterior, en la zona de estudio encontramos suelos de tipo Xerosol. Estos presentan una copa superficial de color claro, muy pobre en materia orgánica y nitrógeno; hay acumulación de yeso y carbonatos de calcio en la superficie o a diversas profundidades. Se localizan en las zonas áridas y semiáridas del país, su vegetación natural es de pastizales o matorral, son suelos difícilmente erosionados, salvo en terrenos muy inclinados (S.P.P., 1988).

Suelos con horizontes A ocrico desarrollado y un régimen de humedad arídico. No presentan permafrost dentro de los 200 cm superficiales.

Los Xerosoles pueden ser: Lúvicos, gypsicos, cálcicos o háplicos. Los Xerosoles desaparecen como unidades dominantes de suelos y son considerados en segundo nivel, en forma de propiedades yérmicas.

Los Xerosoles se encuentran como zona de separación entre los Yermosoles de las porciones más áridas del país y la zona periférica de los Kastañozems (S.P.P., 1988).

Gran parte de la zona de los Xerosoles se utiliza exclusivamente para el pastoreo extensivo, pero en algunos lugares se utiliza el riego y se cultivan cereales secundarios y hortalizas.

Los Xerosoles son fértiles, pero carecen de agua suficiente para lograr la asimilación por las plantas. El riego debe practicarse con extremo cuidado, debido a la presencia ocasional de capas en el subsuelo que dificultan el drenaje. Cuando estas capas se hallan a escasa profundidad, parte de la zona irrigada puede anegarse fácilmente provocando que tras el de-

secamiento se salinice la superficie del suelo. El manejo adecuado de los recursos hídricos, más la adición de fertilizantes nitrogenados, hierro y zinc, pueden manifestarse en un aumento considerable de los rendimientos agrícolas. Así pues, la tecnología moderna puede aplicarse hábilmente para que los Xerosoles se incorporen al aparato productivo del país. (Aguirre, 1989)

#### 4.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

Con la finalidad de llevar a cabo los objetivos y comprobar las hipótesis antes planteadas, la metodología utilizada fue la que se describe (Ver Cuadro 17).

##### 4.4.1. SELECCION DE SITIO EXPERIMENTAL.

Para tal finalidad se realizó un recorrido de campo previo para localizar el terreno que fuera representativo del lugar de estudio.

En base al concepto anterior, para la selección del sitio experimental se consideraron los siguientes parámetros: homogeneidad en cuanto a suelos, pendiente, color, textura, cantidad de rocas en la superficie y disponibilidad de agua.

##### 4.4.2. PREPARACION DEL TERRENO.

La preparación del terreno se realizó durante la segunda quincena del mes de febrero. Las actividades que se realizaron --

fueron las siguientes:

Barbecho a una profundidad de 25 a 30 cm; dos pasos de ras--tra y posteriormente; el trazado de surcos a una distancia de 90 cm entre surco y surco.

#### 4.4.3. MUESTREO DE SUELOS.

Antes de sembrar, se tomó una muestra compuesta de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm; constituida por 20 submuestras recolectadas al azar en un recorrido en zig zag de la parcela. Posteriormente la muestra fue procesada y enviada al laboratorio de fertilidad del Colegio de Posgraduados para determinar sus características químicas (Cuadro 15).

CUADRO 15. Resultados del análisis químico del suelo de la parcela experimental.

PROFUNDIDAD	p.H.	N%	P Brayl p.p.m.	K maq./100 g.
30 cm	5.87	0.09	25	1.76

## 4.4.4. ANALISIS DE AGUA PARA RIEGO.

La clasificación analítica para agua de riego según el Laboratorio de Salinidad de E.U.A. (1982), corresponde al nivel C2S1; un agua de salinidad media puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Para S1, corresponde un agua baja en sodio, puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de Na intercambiable. No obstante, cultivos sensibles como algunos frutales y aguacates pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

El mismo autor menciona que la clasificación de las aguas de riego con respecto al RAS, se basa principalmente en el efecto que tiene el sodio intercambiable sobre la condición física del suelo. No obstante, las plantas sensibles a este elemento pueden sufrir daños a consecuencia de la acumulación de Na en sus tejidos cuando los valores de Na intercambiables son más bajos que los necesarios para deteriorar la condición del suelo (Cuadro 16).

CUADRO 16. Resultados analíticos de la muestra de agua para riego del Mpio. de Teocaltiche, Jal., México.

pH	C. E. mmhs/ cm	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub>	CL <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	K	Ca	Mg	Na
-----meq/lt.-----										
7.29	0.472	0	3.42	0.24	0.07	1.01	0.24	1.80	0.74	1.96

RAS: 1

CLASIFICACION: C2-S1

CUADRO 17. Programa de Actividades realizadas según el Desarrollo Fisiológico en el Experimento. (Ciclo primavera-verano, 1990).

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
REPARACION DEL TERRENO						
TRATAMIENTO DE SEMILLA						
SIEMBRA						
FERTILIZACION						
RIEGO						
LABORES CULTURALES						
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES						
DEFOLIACION						
COSECHA						

## 4.4.5. TRATAMIENTOS.

Tomando en cuenta la información recabada teórica y prácticamente, se establecieron los tratamientos basándose fundamentalmente en las dosis que recomiendan los centros de investigación para las zonas productoras de papa más cercanas al lugar donde se desarrolló el experimento: (León, Gto.; La Barca y Zapopan, Ja.) se realizó de esta forma, ya que no existe ningún antecedente para la fertilización de papa en la zona. Tomando en cuenta también la dosis utilizada localmente.

## DISEÑO EXPERIMENTAL.

Para realizar el experimento se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, cada una con un testigo y la dosis local que se aplica actualmente al cultivo. En total se conformaron 18 tratamientos más testigo y dosis local (Cuadro 18).

## A) LOTE EXPERIMENTAL:

El lote experimental quedó constituido por 20 tratamientos con 3 repeticiones y cada unidad experimental la formaron 5 surcos de 5 m. de longitud y 90 cm. entre surco y surco, que representan una superficie de  $22.5 \text{ m}^2$ .

## B) FUENTES DE FERTILIZACION:

Las fuentes de fertilización química utilizadas en todos los tratamientos fueron:

a) Para nitrógeno: Sulfato de amonio (20.5% N).

CUADRO 18. Distribución de los tratamientos en el terreno para el experimento de fertilización en papa (Solanum tuberosum L.) en Teocaltiche, Jal. (Ciclo Primavera-Verano, 1990).

NO. DE TRATAMIENTO	DOSIS DE TRATAMIENTO N- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O	DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS EN CAMPO		
		B L O Q U E S		
		I	II	III
1	120- 60- 80	12	11	7
2	120- 60-100	3	14	6
3	120-160- 80	13	19*	8
4	120-160-100	7	7	2
5	120-260- 80	15	3	1
6	120-260-100	6	8	9
7	140- 60- 80	14	9	20**
8	140- 60-100	4	6	12
9	140-160- 80	9	1	10
10	140-160-100	20**	17	16
11	140-160- 80	11	5	15
12	140-260-100	16	2	5
13	160- 60- 80	1	15	3
14	160- 60-100	18	16	19*
15	160-160- 80	19*	12	16
16	160-160-100	5	20**	13
17	160-260- 80	8	10	4
18	160-260-100	10	13	17
19	170-260-110	2	4	14
20	00- 00- 00	11	18	17

\* Dosis local.

\*\* Testigo.

- b) Para fósforo: Super fosfato de calcio triple (40% de  $P_2O_5$ ).
- c) Para potasio: Sulfato de potasio (50% de  $K_2O$ ).

C) PARCELA UTIL:

Como parcela útil se emplearon los tres surcos centrales de cada tratamiento, deshechando los laterales y un metro en cada extremo representando esto una superficie de  $8.1 m^2$ .

D) MATERIAL GENETICO:

En todos los tratamientos se utilizó semilla agrícola de la variedad Alpha, que fue adquirida en Saltillo, Coahuila, procedente del Valle de Toluca, Edo. de México.

La semilla con un peso aproximado de 100 a 200 g. tenía un diámetro aproximado de 55 a 65 mm., clasificada como 2a. clase, que no presentaba daños físicos o biológicos y con brotes de hasta 4 cm. de longitud. Antes de la siembra la semilla fue tratada con Activol a razón de 5 g/100 lbs. de agua durante 10 minutos.

4.4.6. SIEMBRA Y FETILIZACION.

Antes de la siembra se obtuvieron los cálculos de fertilización para los tratamientos, y por surco de cada tratamiento; posteriormente y de acuerdo a la dosis se pesó el fertilizante y se colocó en bolsas de polietileno para su mejor manejo en el campo.

La siembra se realizó en forma manual el día 8 de marzo, se aplicó la tercera parte del nitrógeno y todo el fósforo y el potasio, éste se colocó en el fondo del surco. Posteriormente se depositaron los tubérculos a una separación de 2 cm., con la finalidad de obtener una densidad de población de 55,000 plantas por hectárea.

Conjuntamente con el fertilizante, se aplicó Difonate a razón de 20 kgs/Ha. para controlar posibles plagas del suelo.

La segunda fertilización se aplicó el 17 de abril, cuando se realizó el primer aporque, aportando los 2/3 partes del nitrógeno restante.

En cuanto a los riegos, se aplicó uno al momento de la siembra y 5 más de auxilio, éste fue por gravedad y utilizándose sifones de una pulgada de diámetro.

#### 4.4.7. PRACTICAS CULTURALES.

A los 40 días después de la siembra cuando las plántulas emergieron, se realizó un rayado, éste consistió en un paso de un arado de una ala, con la finalidad de alinear los surcos, ya que cuando se cubrieron las semillas el tractor los deformó.

El aporque es con la finalidad de dar mayor sostén a la parte aérea, así como cubrir la parte inferior de la planta para evitar que los tallos tuvieran un contacto directo con el posible exceso de agua. Este se realizó cuando las plantas tenían 21 días de haber emergido, a la vez esta labor sirvió para controlar malezas. El segundo aporque se realizó a los 60 días de la siembra. Las labores fueron realizadas con tracción animal y mecánica.

**A) PLAGAS.**

Debido a la presencia de plagas como la pulga saltona, mosquita blanca, chicharritas y palomilla de la papa, hubo necesidad de hacer aplicaciones de Metaxystox al 50%, Pounce 340 C.E., Gesaprim y Tamarón, en dosis que variaron según el desarrollo del cultivo desde 1-3 lt/Ha/200 lt de agua. Para las plagas del suelo se aplicó Difonate 20 kg/Ha, pero esto fue al momento de la siembra, como ya se mencionó anteriormente.

**B) ENFERMEDADES.**

Como medida preventiva contra el tizón tardío y tizón temprano, se realizaron aplicaciones de Manzate D-80 en dosis de 4 kg/Ha, también se aplicó Ridomil MZ-58 (Metalaxil + Mancozeb) a dosis de 2.5 Kg/Ha en 200 lt. de agua.

Las aplicaciones se realizaron con aspersoras manuales.

**C) CONTROL DE MALEZAS.**

Con las labores culturales se controlaron las malezas y para complementar el control se utilizaron productos químicos como Karmex a razón de 1 Kg/ha y Fusilade 1 Lt/ha, este último para controlar el zacate (Jhonson).

**D) FENOMENOS METEOROLOGICOS.**

Durante el ciclo vegetativo del cultivo, se presentó únicamente una helada tardía (19 abril) que afectó a algunos tratamientos del experimento.

#### E) CORTE DEL FOLLAJE.

Para facilitar la cosecha y permitir la suberización del tubérculo se realizó el corte del forraje, esta práctica se -- llevó a cabo en forma manual, con la ayuda de machetes. Cuando el follaje presentó una senectud foliar casi total 90% -- aproximadamente (coloración amarillo-limón), se cortó al raz del suelo, toda la parte aérea de la planta.

#### 4.4.8. COSECHA.

La cosecha se realizó cuando ya no había despellejamiento -- del tubérculo, aproximadamente a los 10 días después del cor -- te del follaje, en forma manual se utilizaron talaches.

#### 4.5. PARAMETROS EVALUADOS.

Durante el desarrollo del cultivo, se realizaron las siguien -- tes observaciones que nos auxiliaron en la intepretación de los resultados.

##### a) Altura de Planta.

Se realizaron mediciones de altura de planta a los 60 días -- después de la siembra, se utilizó un flexómetro y se midió -- desde la base de la planta hasta el ápice más alto.

##### b) Muestreo de Hojas para Análisis Foliar.

Por cada tratamiento se seleccionaron 30 hojas al azar, las -- hojas eran jóvenes y maduras de la parte intermedia de la --

planta, además iban con su peciolo. Posteriormente se enviaron al Laboratorio de Bromatología de la F.E.S.C., UNAM, en donde se colocaron en una estufa de aire forzado a 75°C durante 24 horas.

El siguiente paso fue moler las muestras y tamizarlas en el Laboratorio de Suelos de la F.E.S.C., UNAM, para luego enviarlas al Laboratorio de Fertilidad de Suelos del Colegio de Posgraduados de Chapingo y así, diagnosticar el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio presente en las hojas del cultivo.

Para calcular la eficiencia de la fertilización se utilizaron los datos de rendimiento de materia seca del follaje y se multiplicaron por el porcentaje de N-P-K presente en las hojas, para así obtener los Kg de fertilizante extraídos por las plantas del suelo. Posteriormente se restaron los Kg. de fertilizante que el testigo extrajo, éste se dividió entre los Kg. de N-P-K agregados a cada tratamiento como fertilizante y se multiplicó por cien, para obtener la eficiencia de la fertilización. Para el caso de fósforo y potasio se utilizaron los factores de conversión que señala Donahue, (1981).

c) Peso Húmedo del Follaje.

Durante la fecha de corte de follaje se obtuvo el peso húmedo del mismo inmediatamente después del corte por cada tratamiento.

d) Peso Húmedo de Tubérculos.

De cada tratamiento se obtuvo una muestra (un tubérculo) con un peso aproximado entre 100 y 200 gr. como sigue:

e) **Peso Seco del Tubérculo.**

El tubérculo que fue seleccionado anteriormente por cada tratamiento se pesó, rebanó y se colocó en bolsas de papel para secarlos en una estufa de aire forzado a 75°C en el Laboratorio de Nematología de Ingeniería Agrícola hasta alcanzar un peso constante. De esta forma se obtuvo el rendimiento total de tubérculo seco.

f) **Rendimiento total de tubérculo.**

Se cosecharon todos los tubérculos que cada tratamiento produjo, se colocaron en arpillas con su tarjeta de identificación y se trasladaron a una bodega en donde se pesaron y se seleccionaron de acuerdo a la calidad.

g) **Peso Seco de Follaje.**

Del follaje perteneciente a los tratamientos se obtuvieron muestras de 100 gr., las cuales se sometieron a una temperatura de 75°C dentro de una estufa hasta llegar a peso constante para así, obtener el por ciento de materia seca y en base al calcular la cantidad de materia seca. que se obtuvo por cada tratamiento, ya que el follaje es utilizado por los productores como forraje.

h) **Densidad de Población.**

Después del corte de follaje, se procedió a contar las plantas presentes en cada uno de los tratamientos, con la finalidad de conocer la densidad real.

i) **Número de Tubérculos por Planta.**

De dos plantas seleccionadas al azar por tratamiento, se contaron los tubérculos que se formaron.

**j) Peso de Tubérculos.**

Después de contar los tubérculos, se pesaron estos, para relacionar el peso y número de tubérculos formados en cada tratamiento.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 5.1. RENDIMIENTO TOTAL DE TUBERCULOS.

Para este parámetro, el análisis de varianza no presenta diferencia significativa al 5% de probabilidad, tanto en bloques - como en tratamientos como puede observarse en el Cuadro 19. - En la comparación de medias Cuadro 20, se indica que los tra tamientos son estadísticamente iguales entre sí utilizando la prueba de Tukey, sin embargo, numéricamente los mejores - tratamientos fueron el 18 y el 2 con la dosis 160-260-100 y - 120-60-100 respectivamente, y los tratamientos que presentaron los menores rendimientos fueron el 17 y 20 (testigo) con las dosis 160-260-80 y 00-00-00, la diferencia entre el mayor y - el menor rendimiento es de aproximadamente un 50 por ciento, sin embargo, las dosis de sus respectivos tratamientos difieren únicamente en 20 unidades de potasio; esto parece ser con tradictorio, pero posiblemente se debió al grado de heterogeneidad que presentó el terreno en cuanto a fertilidad se refiere, y a la distribución de los tratamientos en el mismo, ya que como lo señala el C.I.P. (1988), un exceso de nitrógeno - fomenta el desarrollo unilateral del follaje a expensas de la formación de los tubérculos, de tal manera que, la excelente apariencia del cultivo puede no corresponder a un rendimiento deseable u óptimo según las condiciones.

Por su parte Tisdale y Nelson (1977) indican que el exceso de fertilización fosfórica puede acelerar la maduración a costa del crecimiento vegetativo, así mismo señalan estos autores - que el potasio desempeña un papel antagónico importante con - el nitrógeno, debido a que el potasio regula la absorción y -

CUADRO 19. Análisis de Varianza para el rendimiento de tubérculos (Ton./Ha) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R.> F	
TRATAMIENTO	17	400.4024593	23.5530858	1.71	0.0881	NS
BLOQUE	2	2.9072259	1.4536130	0.11	0.8999	NS
ERROR	34	467.254	13.7427			
TOTAL						

C.V. = 20.3796

CUADRO 20. Comparación de Medias del rendimiento total de tubérculos (Ton/Ha) bajo diversos tratamientos de fertilización.

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
18	23.378	A
2	22.947	A
15	20.957	A
3	20.647	A
5	20.293	A
12	19.223	A
8	19.027	A
16	18.843	A
13	18.490	A
19	17.90	A
10	17.807	A
7	17.403	A
6	16.770	A
14	16.490	A
9	16.047	A
4	15.870	A
11	15.350	A
1	15.190	A
20	14.07	A
17	12.617	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Turkey 0.05).

reducción de los nitratos en la planta, un exceso de potasio puede ocasionar un efecto fisiológico similar a la deficiencia de nitrógeno y viceversa.

## 5.2. PESO DE FOLLAJE FRESCO (M. V.)

Los resultados obtenidos para este parámetro según el análisis de varianza indica que no existe diferencia significativa al 5% de probabilidad, ni en bloques, ni en tratamientos (Cuadro 21).

En el cuadro 22 se puede apreciar la comparación de medias realizadas utilizando la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, en donde sólo se forma un grupo de medias, lo que quiere decir, que estadísticamente todos los tratamientos son iguales entre sí, no obstante, numéricamente se puede apreciar que hubo algunos tratamientos en los que se obtuvieron mayores rendimientos para este parámetro, como es el caso del tratamiento 7 que produjo 25.78 toneladas de materia verde (M. V.) con una dosis de fertilización de 140-60-80, y siguiéndole en rendimiento el tratamiento 3 con 23.578 toneladas por hectárea y cuya dosis fue de 120-160-80. Asimismo, puede observarse que los tratamientos 12 y 14 obtuvieron los menores rendimientos de materia verde, con una producción de 12.79 y 13.54 toneladas por hectárea, con las dosis 120-260-100 y 120-160-100 respectivamente. En el mismo cuadro se observa el tratamiento 20(testigo), el cual se ubica en la parte media del mismo con 19.29 toneladas de materia verde por hectárea, al comparar éste con el tratamiento 7 en cuanto a niveles de nitrógeno, en las dosis se observa que hubo una posible respuesta a la aplicación de este elemento, sin embargo, el tratamiento 12 demuestra lo contrario, posiblemente debido a la heterogeneidad en cuanto a la fertilidad

CUADRO 21. Análisis de Varianza para el peso de follaje fresco (Ton./Ha.) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F
TRATAMIENTO	17	665.8410981	39.1671234	1.51	0.1507 NS
BLOQUE	2	89.0952481	44.547624	1.71	0.1952 NS
ERROR	34	883.33881	25.9005535		
TOTAL	53	1638.2731648			

C.V. = 26.28306

CUADRO 22. Comparación de medias del peso de follaje fresco - (Ton/Ha) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
7	25.780	A
3	23.575	A
15	23.380	A
9	22.807	A
8	22.515	A
19	22.500	A
6	22.467	A
5	21.580	A
14	20.270	A
20	19.297	A
16	19.597	A
18	17.927	A
11	17.820	A
17	17.540	A
1	17.023	A
2	16.933	A
13	16.780	A
10	16.747	A
4	13.540	A
12	12.797	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

del terreno y la distribución de los tratamientos s.

En cuanto al fósforo referido a los mismos tratamientos (7 y 12), se observa que a medida que aumenta el nivel de dicho elemento, el rendimiento de materia verde se ve reducido, es to concuerda con lo señalado por Tisdale y Nelson (1977).

En cuanto al potasio, en los mismos tratamientos se observa que el rendimiento de materia verde disminuyó conforme se in crementó el nivel de este elemento, esto es posiblemente a lo que indican los autores Tisdale y Nelson, que el potasio desempeña un papel antagónico importante, ya que regula la absorción y reducción de los nitratos en la planta.

Russell y Russell (1968) indica que las papas muestran una respuesta mayor al nitrógeno cuando están adecuadamente provistas de potasio e inversamente que dan una mayor respuesta al potasio si las disponibilidades de nitrógeno son adecuadas. Así pues, se comprueba la existencia de una interacción positiva entre estos dos elementos.

### 5.3. PESO SECO DE FOLLAJE (M.S.)

Para el parámetro de peso seco de follaje, según el análisis de varianza (Cuadro 23) indica que no existe diferencia significativa al 5% de probabilidad, ni entre los bloques, ni entre los tratamientos. Asimismo, en la comparación de medias (Cuadro 24) se puede observar que se forma un sólo grupo de datos, es decir, que no existe diferencia numérica entre ellos.

Analizando los 5 mejores tratamientos, se observa que tres de estos mismos corresponden a un nivel medio de nitrógeno (140 unidades) de las dosis experimentadas (Tratamientos 9, 8 y 7) y los dos tratamientos restantes (15 y 16) poseen niveles al tos de nitrógeno según las dosis.

Cabe mencionar que los tratamientos con el orden mencionado no es el que se muestra en el cuadro. Sin embargo, la mayor formación de materia seca se obtuvo con los tratamientos con un nivel medio de nitrógeno. Por otra parte, los tratamientos con un alto nivel de nitrógeno (15 y 16) muestran también mayor formación de materia seca, esto se puede deber probablemente a lo citado por Russell y Russell (1968) quienes mencionan que la extensión del área foliar que realiza fotosíntesis a groso modo proporcional a la cantidad de nitrógeno suministrado. El nitrógeno por consiguiente, aumenta la relación pro toplasma, materiales de pared celular, y esto tiene varias consecuencias, ya que aumenta el tamaño de las células y éstas presentan una pared más delgada haciendo las hojas más suculentas y con menos fibra, lo que ocasiona una disminución en la producción de materia seca. Por otra parte, Baeyens (1970) señala que si el suelo contiene una reserva suficiente de ele mentos nutritivos asimilables y si existe suficiente agua dis ponible, el porcentaje de materia seca y mineral de la planta aumentaría, excepto con el nitrógeno si la disponibilidad de este fuera excesiva; el peso de la cosecha es más elevado en condiciones de buena humedad, pero la planta es más acuosa y menos rica en materia seca.

CUADRO 23. Análisis de Varianza para el peso seco de follaje (Ton/Ha) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F
TRATAMIENTO	17	10.032595333	0.59015267	1.46	0.1712 NS
BLOQUE	2	1.24048311	0.02024156	1.53	0.2309 NS
ERROR	34	13.77503289	0.40514863		
TOTAL	53	25.04811133			

C.V. = 27.56

CUADRO 24. Comparación de medias del peso seco de follaje --- (Ton/Ha) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
15	3.596	A
9	3.413	A
8	3.22	A
16	3.07	A
7	2.96	A
6	2.693	A
2	2.67	A
5	2.66	A
14	2.61	A
1	2.55	A
17	2.53	A
11	2.46	A
19	2.32	A
20	2.27	A
3	2.19	A
10	2.088	A
18	2.03	A
4	1.896	A
12	1.85	A
13	1.800	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

#### 5.4. DOSIS OPTIMA ECONOMICA (D.O.E.).

Para determinar la dosis óptima económica se acudió al método sugerido por Martínez citado por Narvaez (1978). Dicho método como ya se indicó anteriormente en el capítulo correspondiente se reduce a encontrar los niveles de los factores en estudio que exprese el mayor ingreso neto.

En el Cuadro 25, se presentan las diferentes variables económicas obtenidas para cada tratamiento, como son los costos fijos, variables, totales y las ganancias bruta y neta, el desglosamiento de cada uno de los costos y la forma como se obtuvo se puede ver en el anexo 11 de este trabajo. De los resultados obtenidos se puede observar que los tratamientos que expresaron la mayor ganancia neta fueron el 2 y 18 o sea una dosis baja y una alta respectivamente. Al analizar los costos fijos y variables de ambas dosis se nota que en estos últimos existe una diferencia entre ellas, la cual está determinada únicamente por los costos del fertilizante aplicado. De acuerdo a lo citado por Narvaez (1978) para la determinación de la dosis óptima económica el tratamiento que posiblemente la representa es el número 2 (120-60-100), ya que éste está conformado por niveles bajos de N-P-K, además de ser una dosis baja, representa la mayor ganancia neta obtenida en este experimento; según el precio promedio de venta (\$ 700.00/Kg) para todas las clases al momento de comercializar el producto (Julio, 1990).

CUADRO 25. Variables Económicas consideradas para la determinación del óptimo económico en el cultivo de papa en Teocaltiche, Jal. (Junio, 1990).

TRATAMIENTOS	COSTOS FIJOS \$	COSTOS VARIABLES \$	COSTOS TOTALES \$	GANANCIA BRUTA \$	GANANCIA NETA \$
1	4,292,000	1,158,670	5,450,670	10,717,000	5,266,330
2	4,292,000	1,619,508	5,911,508	16,058,000	10,173,492
3	4,292,000	1,570,480	5,826,480	14,448,000	8,194,520
4	4,292,000	1,325,590	5,617,590	11,109,000	5,491,410
5	4,292,000	1,662,530	5,954,530	14,203,000	8,248,470
6	4,292,000	1,487,890	5,779,890	11,739,000	5,959,110
7	4,292,000	1,301,930	5,593,930	12,243,000	6,649,070
8	4,292,000	1,417,740	5,709,740	13,314,000	7,604,260
9	4,292,000	1,328,800	5,620,800	11,228,000	5,607,200
10	4,292,000	2,195,390	5,785,390	12,929,000	7,141,610
11	4,292,000	1,401,050	5,693,050	10,745,000	5,051,950
12	4,292,000	1,303,740	5,941,640	13,450,000	7,508,360
13	4,292,000	1,378,930	5,670,930	12,943,000	7,272,070
14	4,292,000	1,292,930	5,584,930	11,543,000	5,958,070
15	4,292,000	1,628,150	5,920,150	14,665,000	8,744,850
16	4,292,000	1,535,880	5,827,880	13,188,000	7,360,120
17	4,292,000	1,268,330	5,560,330	8,883,000	3,332,670
18	4,292,000	1,905,590	6,197,590	16,359,000	10,161,410
19	4,292,000	1,614,654	5,906,654	12,530,000	6,623,346
20	4,292,000	801,990	5,093,990	9,849,000	4,755,010

## 5.5. EFICIENCIA DE LA FERTILIZACION N-P-K.

Los resultados obtenidos con respecto a la eficiencia de la fertilización se muestran en el Cuadro 26, en éste se puede observar que el más alto nivel de eficiencia para el nitrógeno se ubica en el tratamiento 16 y el más bajo en el tratamiento número 4, es decir, que con un nivel alto de nitrógeno se alcanzó la mayor eficiencia y sucede lo contrario con un nivel bajo del mismo.

Para el fósforo, según los niveles establecidos, la mayor eficiencia al fertilizar se encontró en el tratamiento número 7 que corresponde a un nivel bajo de fósforo dentro de los experimentados; cabe mencionar que otros tratamientos con un nivel bajo del mismo elemento también tienen un valor alto de eficiencia. Por otra parte, el tratamiento número 18 presentó la menor eficiencia siguiéndole el número 5, ambos conformados con una dosis alta de fósforo; esto nos indica que la eficiencia fue mayor según se disminuía el nivel de este nutriente.

El potasio tuvo un comportamiento diferente a los dos elementos anteriores con respecto a la eficiencia, ya que el máximo valor de ésta se encuentra en los tratamientos de un nivel medio de dicho elemento y los valores más bajos para la eficiencia resultaron en los tratamientos de dosis con niveles altos del mismo.

En forma general los resultados de eficiencia de los fertilizantes en el presente estudio concuerdan con lo indicado por Donahue (1981) quien menciona que el porcentaje del fertilizante añadido que es realmente utilizado por las plantas, es la eficiencia de la fertilización. Aunque el uso por el cultivo de la adición inicial, puede ser del 30 al 70% para el ni-

CUADRO 26. Resultados obtenidos de la eficiencia de la fertilización N-P-K en el cultivo de papa (60 días de la siembra), basados en el análisis foliar, ciclo primavera-verano 1990.

TRATAMIENTO	%N	%P	%K
1	20.475	56.05	43.55
2	27.802	85.00	32.84
3	14.277	16.98	24.80
4	1.052	17.71	12.30
5	22.430	14,87	36.97
6	19.680	15.45	47.68
7	27.050	98.66	86.28
8	36.06	18.72	78.84
9	35.92	45.73	11.6
10	7.195	27.75	6.5
11	14.15	20.0	28.53
12	3.371	38.59	0.12
13	3.075	18.52	13.176
14	16.35	80.05	37.917
15	35.39	56.12	106.708
16	42.50	40.30	56.66
17	15.917	21.49	25.132
18	9.406	12.15	1.884
19	9.030	21.14	7.58
20	0	0	0

trógeno del 20 al 30% para el fósforo y del 50 a 80% para el potasio, pero la eficiencia puede depender de muchos factores como la profundidad radicular, la extensividad del sistema radicular, el tipo de fertilizante, el clima, el suelo y otras numerosas condiciones pueden alterar en mucho o poco la eficiencia de la fertilización.

#### 5.5.1. RANGOS NUTRIMENTALES DEL CULTIVO A PARTIR DEL ANÁLISIS FOLIAR.

En el Cuadro 27 se observan las concentraciones totales de N-P-K en hojas de papa; de manera general se aprecia que los valores obtenidos en los tratamientos para el porcentaje de nitrógeno cae dentro de los rangos nutrimentales que mencionan (Donahue, 1981; López R. y López M. 1985; Beaton, 1982) (Cuadro 28) excepto el tratamiento 20 (Testigo) que presenta una aparente deficiencia en cuanto a la concentración de nitrógeno, debido a la poca cantidad de este en el suelo; esto se puede apreciar en el análisis químico de suelo.

Así pues, el tratamiento 20 tiene un valor crítico en cuanto a la concentración de nitrógeno.

(Dow y Roberts, 1982; Summer, 1979; Tisdale, 1985) citados por Cázares (1988) indican que los valores críticos nutrimentales han sido definidos como aquellas concentraciones nutrimentales presentes en un estado fisiológico, arriba del cual se considera que el cultivo está ampliamente suplementado y por debajo del cual se puede considerar que se encuentra deficiente. Asimismo, Jones (1983) menciona que se llama valor crítico, a aquella concentración que indique deficiencia respecto a los rangos nutrimentales del cultivo.

Por otra parte, en cuanto al porcentaje de fósforo, en el mismo o cuando se aprecia que en todos los tratamientos los valo

CUADRO 27. Resultados analíticos de la muestra vegetal a los 60 días de la siembra, en el cultivo de papa (primavera-verano, 1990).

NO. DE TRATAMIENTO	$N_T$	$P_T$	$K_T$
	----- % -----		
1	3.10	0.20	4.25
2	3.29	0.22	4.00
3	3.27	0.22	4.38
4	2.94	0.22	4.28
5	3.06	0.20	3.91
6	2.90	0.20	4.42
7	3.12	0.21	4.62
8	3.26	0.20	4.50
9	3.07	0.20	4.50
10	3.81	0.24	4.18
11	3.02	0.24	4.00
12	3.20	0.22	4.30
13	3.30	0.22	4.05
14	3.09	0.22	4.25
15	3.09	0.21	4.18
16	3.99	0.21	4.12
17	3.16	0.22	3.80
18	3.33	0.24	3.78
19	3.01	0.26	3.70
20	2.40	0.16	3.50

FUENTE: C.P. Chapingo (1991).

**CUADRO 28.** Rangos nutrimentales para el cultivo de papa, tomando hojas y peciolo maduros a mitad del crecimiento por varios autores.

	BENTON J.J.	LOPEZ, R.; López, M.		Donahue R., L.
		OPTIMO	DEFICIENCIA	
N ‰	3 - 5	4.6 -	0.087	2.5 - 4.0
P ‰	0.2 - 0.4	0.36 -	0.1	0.18 - 0.22
K ‰	4.0 - 8.0	5.4 -	3.05	60 - 90
Ca ‰				0.36 - 0.59
Mg ‰				0.17 - 0.22
Fe ppm				30 - *
B ppm				15 - 40
Cu ppm				7 - 30
Zn ppm				30 - 100
Mb ppm				0.5 - 4.0

\* El límite superior para el hierro en papa no ha sido establecido firmemente.

res obtenidos caen dentro de los rangos nutrimentales que mencionan los mismos autores, excepto el tratamiento 20 (testigo) pues se observa una posible deficiencia de este elemento, sin embargo, el análisis de suelo indica que la cantidad de este elemento en el suelo es media, esto pudiera deberse a lo que señala Betes (1971), Smith (1962), Tisdale (1985) citados por Cázarez (1988), quienes mencionan que resulta difícil determinar una concentración nutrimental específica para cada cultivo, debido fundamentalmente a factores, tales como el desarrollo vegetal, la edad del tejido, los cambios estacionales, el órgano muestreado, la fracción nutrimental media, la humedad disponible, etc. que afectan o influyen en la concentración de un elemento dado.

En cuanto al potasio, siguiendo con el mismo cuadro, se puede apreciar que las concentraciones de dicho elemento en las hojas muestreadas son aceptables según citan los mismos autores; solo el tratamiento 20 (Testigo), 17, 18 y 19 (Dosis Local) muestran diferencia entre los demás, sin embargo, al observar el análisis de suelo se aprecia que el contenido de K es alto, por lo que su posible y aparente deficiencia en relación a los demás tratamientos se deba a lo que señala Cázarez (1988).

#### 5.6. ANALISIS DE SUELO.

De acuerdo al análisis químico de suelo, se aprecia que el pH resulta ser ligeramente ácido (5.8), la concentración de N (0.09%) bajo, una cantidad media de fósforo (25 p.p.m.) y un alto contenido de potasio (1.76 meq./100 q.) según lo señala Cázarez (1988).

Esto concuerda con lo establecido anteriormente en el capítulo correspondiente en cuanto al nitrógeno se refiere, ya que el contenido bajo del nitrógeno correspondiente claramente con el también bajo contenido de materia orgánica que es este tipo de suelos (Xerosoles) presenta generalmente (S.P.P., 1980).

Tomando en cuenta las proporciones en las cantidades de nutrientes encontrados en el suelo, probablemente se considera a éste como un medio que se encuentra desbalanceado nutrimentalmente, y esto trae como consecuencia un desequilibrio nutricional para la planta, como lo indica Donahue (1981), que menciona que cuando los nutrientes del suelo están desbalanceados, las plantas quedan sujetas a esfuerzos que originan una reducción en el crecimiento y la calidad.

El análisis químico de suelos determina cuáles nutrientes están deficientes y se puede obtener un balance de nutrientes mediante la fertilización. La existencia o desarrollo de una escasez o exceso de un nutriente en particular, puede ser evaluado y corregido mediante un análisis de suelo. Sin embargo, un análisis de suelo no dará respuesta a malos crecimientos de las plantas por clima seco, suelos compactados, temperaturas críticas, inadecuadas, drenaje, mala aplicación de fertilizantes, acumulación de sales o un pH crítico. En muchos casos un crecimiento pobre no es debido a un solo factor, pero puede ser asociado con la integración o interrelación de varios factores.

Con respecto a la acidez del suelo que es uno de estos factores importantes, se sabe que un exceso de acidez puede crear condiciones de toxicidad a la planta debido al aumento de Aluminio y Manganeso en la solución, así como evitar o disminuir la absorción de algunos elementos importantes, los cuales son necesarios para la planta y por lo tanto, subsecuentemente se causa un desbalance en la nutrición de ésta.

Una vez analizados los diferentes resultados obtenidos en el presente trabajo, se observa en forma específica la interrelación de los factores considerados al realizar la evaluación de la fertilización N-P-K en el cultivo; de este modo se puede establecer la forma en que los rendimientos obtenidos en los diferentes tratamientos son determinados o influenciados directa o indirectamente por un gran número de variables que para este caso son: Los rangos nutricionales del cultivo en una etapa fenológica determinada, los tipos de fertilizantes aplicados, las fuentes de estos mismos, la eficiencia que se obtiene al realizar la fertilización, el nivel de fertilidad que presenta el suelo, la calidad del agua con la cual se riega el cultivo, los factores climáticos que prevalecen durante el ciclo de crecimiento del mismo y los costos de producción que determinan la rentabilidad y factibilidad de la producción del cultivo en el lugar de interés.

Al observar el rendimiento total de tubérculos se distingue una gran heterogeneidad en ellos, pero la estadística nos indica que no existió diferencia significativa; esto no quiere decir que todos los tratamientos respondieron de la misma forma a la fertilización con los tres macronutrientes de interés, ya que existieron tratamientos con una muy buena producción de tubérculos y algunos otros con un bajo rendimiento, sin embargo, la mayoría de los tratamientos produjeron por arriba del promedio nacional del cultivo. Esta gran heterogeneidad en los rendimientos, ya sea con dosis bajas, medias o altas de los tres elementos, puede ser aplicado por diferentes causas mediante las variables de respuesta planteadas en el experimento. Una de estas variables es el suelo; el cual mostró una gran heterogeneidad en cuanto a fertilidad en todo el lote experimental, ya que esto se notó en la producción de cada uno de los tratamientos y de los bloques establecidos que indicaron que dicho lote presenta una figura amorfa dentro de la cual se encuentra un grado de fertilidad más alto que en otras áreas del

mismo, y al hacer la distribución de los tratamiento al azar, algunos de ellos se localizaron dentro de esta figura que cubre parte de los 3 bloques estructurados, y de esta forma algunos tratamientos quedaron situados en lugares con una mayor fertilidad, por lo tanto, se expresaron de mejor forma, sin embargo, el análisis de suelos realizado indica que probablemente existen deficiencias en el nitrógeno que se encuentra en una proporción menor a la de los otros dos elementos, lo cual ocasionaría un desbalance nutricional en la planta, y éste debe ser corregido con la adición adecuada u óptima del elemento para que de esta forma, la planta no muestre deficiencias en el rendimiento (Domínguez, 1989).

En cuanto al pH del suelo, se puede decir que éste no fue un factor limitante para la expresión del rendimiento en los distintos tratamientos, ya que éste se considera ligeramente ácido, y además el cultivo de papa según lo reportado por Leal (1986) es tolerante a la acidez ligera.

Por otra parte, haciendo énfasis en la variación de los resultados en el rendimiento de tubérculos, este también pudo haber sido determinado por la amplitud de los espacios de explotación (niveles de fertilización) para cada uno de los tres nutrientes en cuestión, ya que posiblemente el plantear niveles con una aproximación más reducida en cada elemento, podría haberse notado de una forma más clara la respuesta a la fertilización.

En lo referente al análisis foliar del cultivo, es importante señalar que al momento de realizarlo se determinó que el contenido total de N-P-K se encontraba dentro de los rangos nutricionales citados para dicho cultivo por los autores mencionados en el Cuadro 28, lo cual quiere decir que la planta absorbió cantidades necesarias de nutrientes que fueron proporcionados por los encontrados en el suelo y los añadidos a través de los fertilizantes, esto puede parecer no muy lógico

si se observan los rendimientos, pero quizá esta relación se confirma con lo citado por Tisdale y Nelson y el C.I.P. del apartado 5.1.

Al considerar los resultados de la eficiencia de la fertilización es notorio que ésta fue positiva en forma general, ya que la mayoría de los resultados se encuentran situados dentro de los límites citados por Donahue (1981) señalado en el apartado correspondiente (5.5.), sin embargo, los tratamientos que resultaron con una eficiencia baja según el elemento nutricional de interés posiblemente fueron afectados por la distribución al azar que se realizó en el terreno, cuya fertilidad tiene una gran variación y sucede lo contrario con aquellos que tuvieron una mejor expresión en la eficiencia; lo anterior se refleja con el rendimiento obtenido por cada tratamiento. Una vez tomadas en cuenta las variables de respuesta anteriores, es necesario hacer referencia a las condiciones climáticas que prevalecieron durante la etapa de desarrollo vegetativo, ya que éstas conforman un factor determinante en la producción de cultivos. De esta forma se puede decir que las temperaturas altas durante la fase de iniciación de tubérculo o tuberización estuvieron presentes, por lo tanto, limitaron la producción total de papas, según lo indicado por algunos autores en el apartado 3.5. del presente trabajo. De la misma forma, la incidencia de la baja temperatura (helada) que se presentó en la etapa de desarrollo vegetativo (inicial) tuvo consecuencias que posiblemente influyeron en el rendimiento, aunque no se cuantificaron debido a la superficie cultivada del experimento, cabe señalar que los daños ocasionados fueron más intensos en unos tratamientos que en otros. Un componente del clima que también resulta ser importante es el denominado fotoperíodo, el cual por ser el ciclo de cultivo primavera-verano probablemente influye en la formación de tubérculos según lo señala Murillo (1986) en la revisión bibliográfica.

También, es necesario hacer mención de la relación costo-beneficio que resulta al cultivar esta especie, pues en cuanto a esto, se obtienen los resultados que al productor interesan o sea el factor económico o ganancia neta obtenida por el trabajo realizado. Si consideramos los costos totales para la producción de una hectárea de papa, se puede observar que estos fluctuaron entre los 5 y 6 millones de pesos aproximadamente en forma general para la mayoría de los tratamientos establecidos, cabe señalar que la diferencia económica entre los costos totales de los mismos radica principalmente en los costos del fertilizante aplicado a cada uno de ellos. Estos costos totales se encuentran asociados necesariamente a las ganancias netas obtenidas y éstas a su vez a los precios de venta del producto o sea las ganancias brutas resultantes al comercializar el mismo, si se analiza en forma individual a éstas se determina que: La ganancia bruta para todos los tratamientos (excepto el Testigo) es agrupada de forma homogénea aparentemente con una variación que va de los 10 a los 16 millones de pesos aproximadamente, y esto es determinado por los rendimientos, además del precio de venta establecido en ese momento; por otra parte, las ganancias netas se comportan de una manera similar a las anteriores, o sea que un gran número de éstas se encuentran entre los 5 y 10 millones, sólo el tratamiento 20 (Testigo) se encuentra con una ganancia menor a todos los demás ocasionado por lo dicho anteriormente (bajo rendimiento). Al tratar de determinar la dosis óptima económica para este cultivo, es imprescindible considerar la ganancia neta máxima obtenida según lo citado por Narvaez (1978), al utilizar su método, por lo cual en el presente estudio se detecta al tratamiento 2 como el que brindó la máxima ganancia neta. Además cabe señalar que los rendimientos obtenidos fueron también clasificados por categorías en cuanto a calidad y de estos se derivaron 5 clases de tubérculos.

con los cuales se realizaron análisis estadísticos por categorías, y resultó que sólo en las categorías III y V, así como en sus comparaciones de medios (Tuker 0.05%) se obtuvieron diferencias significativas (anexos 8 y 10 de este trabajo); sin embargo, para las categorías II (que incluye a la I) y en la categoría IV el análisis de varianza no presentó diferencia significativa (Anexos 7 y 9).

Por otro lado, las variables que se mencionaron en la parte de materiales y métodos, y que en el análisis estadístico no mostró diferencia significativa, se señalan en los anexos: 1, 2, 3, 4, 5 y 6 que corresponden a las variables de peso fresco de tubérculo, peso seco de tubérculo, altura de planta, número de plantas por tratamiento, número de tubérculos por planta por tratamiento y peso de tubérculos por planta respectivamente.

Finalmente al integrar los resultados obtenidos en los diferentes parámetros evaluados que se muestran en el Cuadro 29, y aunque no existió diferencia significativa se aprecio lo siguiente:

El tratamiento 18 que fue el que proporcionó el mayor rendimiento de tubérculo por hectárea (23.37 Ton.) al compararse con el tratamiento 20 (Testigo) con un rendimiento de 14.07 Ton/Ha se observa que en cuanto a la densidad de población el 18 supera al 20, lo mismo sucede con la altura de planta, por lo tanto es de suponerse que el tratamiento 18 tuvo una mayor área foliar y esto se nota en la cantidad de materia seca acumulada, pues éste destina mayor cantidad de fotoasimilados a la producción de tubérculos y materia seca en los mismos, y menor cantidad a la formación de materia verde y seca en el follaje, sucediendo todo lo contrario con el tratamiento 20; cabe mencionar que el rendimiento total de tubérculos estuvo relacionado estrechamente con el número y peso de tubérculos en ambos tratamientos.

Por otra parte, el tratamiento 2 resultó también con un buen rendimiento (22.94 Ton/Ha) y al compararlo con el Testigo (Tratamiento 20) es notorio que el 2 tiene una mayor densidad de población, así como una mayor altura de planta, lo que posiblemente causa una mayor producción de fotoasimilados por la mayor superficie foliar supuestamente producida y esto es reflejado en la mayor formación de materia seca acumulada en los tubérculos y una menor cantidad de M.S. acumulada en el follaje. En cuanto al número y peso de tubérculos de dicho tratamiento, se observa claramente la correspondencia de estos con el rendimiento total.

Una vez comparados los 2 mejores Tratamientos 18 y 2 con el Testigo en forma individual, a continuación se comparan estos entre sí: El Tratamiento 18 superó al 2 en todas los parámetros considerados excepto en el peso húmedo de tubérculos en donde el Tratamiento 2 tuvo una mayor cantidad de éste, sin embargo, se observa que existió una mayor tasa de traslocación de fotoasimilados en el Tratamiento 18, ya que éste forma mayor cantidad de materia seca en tubérculo a par tir de una cantidad menor de M. Verde en el mismo.

Cabe mencionar que dicho tratamiento resultó ser el mejor fi siologicamente, ya que a través de los diferentes parámetros se expresó el más alto rendimiento en el experimento. Sin em bargo, el Tratamiento 2, según el estudio económico realizado anteriormente fue el que mostró el mejor rendimiento económico.

Por último tenemos el contenido total de N-P-K en las hojas de papa a los 60 días de haber emergido y la eficiencia de la fertilización N-P-K; de manera general la concentración de N-P-K para todos los tratamientos es adecuada, según lo reportado en la bibliografía, sin embargo, con la eficiencia de la fertilización no sucede lo mismo, pero se confirma lo difícil que resulta determinar la concentración y la eficien

cia de los nutrientes para un cultivo, debido fundamentalmente a factores tales como el desarrollo vegetal, la edad del tejido, cambios climáticos, el órgano muestreado, humedad relativa, tipo de suelos, manejo de cultivo, etc.

## VI. CONCLUSIONES.

Según los resultados obtenidos y las condiciones imperantes durante el experimento se concluye lo siguiente:

- La aplicación de diferentes niveles de N-P-K que conformaron las dosis estudiadas causaron diferencias numéricas en el rendimiento total de tubérculos, aunque estadísticamente no existieron éstas, sin embargo, los tratamientos que expresaron el mejor rendimiento fueron el 2 y el 18 con las dosis 120-60-100 y 160-260-100 con rendimientos de 22.9 y 23.3 Ton/Ha respectivamente.
- En cuanto a la eficiencia de la fertilización N-P-K en el cultivo de papa de acuerdo con las condiciones presentes durante la etapa fenológica en que se realizó el muestreo de las hojas del cultivo, los tratamientos que resultaron ser los más equilibrados fueron el 2, 7, 8, 9, 15 y 16 en base a los rangos nutrimentales establecidos para el mismo; y aunque no existió diferencia significativa en el experimento, el rendimiento de tubérculos para estos tratamientos es buena.
- La dosis óptima económica para el cultivo de papa cv. Alpha durante el ciclo agrícola primavera-verano (1990) considerando el precio promedio de venta del mercado en la zona de estudio fue 120-60-100, con un costo de inversión por hectárea de \$ 5'911,508.00 y una ganancia neta de \$ 10'173,492.00 por hectárea.

- El cultivo de papa respondió favorablemente a las condiciones climáticas y edáficas prevalecientes durante el ciclo agrícola primavera-verano (1990) en la zona de estudio.
- Todas las dosis produjeron rendimientos superiores al estimado como promedio a nivel nacional, excepto el Tratamiento 17 que rindió 12.6 Ton/Ha.

## VII. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar una investigación más amplia con respecto a la dinámica de la extracción nutrimental, puesto que representa una información valiosa en el sentido que define, de una manera clara la etapa en que es más intensa la demanda de nutrientes y por consiguiente el período en el que podría lograrse una mayor eficiencia de los fertilizantes aplicados al suelo y de esta forma, determinar la dosis óptima de una manera más confiable para cada uno de los ciclos agrícolas de la región.
- Por otra parte, es necesario seguir realizando ensayos de este tipo, pero plantear niveles de nutrimentos más próximos entre sí, al mismo tiempo que se amplían los rangos, ya sea en forma creciente y decreciente, tomando como base la dosis óptima determinada en este estudio preliminar, y de esta manera llegar a obtener el rendimiento promedio por Ha. para la zona.
- Es recomendable realizar un buen manejo de los fertilizantes inorgánicos en base al conocimiento de las reacciones químicas en los diferentes tipos de suelos presentes en el lugar de estudio.
- Debido a que en la región se realiza un uso intensivo del suelo con fines agrícolas, se recomienda complementar la fertilización inorgánica con abonos orgánicos obtenidos de las especies animales que se producen en la región.

- Tomando en consideración que el cultivo de papa es de introducción reciente en la región (4-5 años) es recomendable la producción de algunas otras variedades con características similares a la alpha, y de esta forma tener la posibilidad de disminuir posibles problemas fitosanitarios en dicha variedad.
  
- En cuanto a la unidad experimental se recomienda trabajar con áreas más pequeñas y que se amplíe el número de repeticiones por cada tratamiento para reducir el error experimental.
  
- Finalmente y aunque esto no es resultado directo del presente trabajo es recomendable realizar un manejo adecuado de la semilla, cuidando principalmente de no dañar los brotes desarrollados, ya que cuanto mayor es el grado de desarrollo del brote, más corto es el lapso que media entre siembra y la iniciación del tubérculo.

CUADRO 29 RESULTADOS DE LOS PARAMETROS EVALUADOS EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN EL MUNICIPIO DE TEACALICHE, JAL. MET., BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION N-P-K DURANTE EL CICLO AGRICOLA PRIMAVERA -VERANO 1990.

# TRAT.	V A R I A B L E S														
	REND. T. TUB.	DENS. POB. m <sup>2</sup> /ha	ALT. PLAN. cm	MUM. TUB. No.	PESO TUB. Kg	PESO H FOLL. ton/ha	PESO. FOLL. ton/h	PESO TUB. Kg/tra	PESO H TUB. Kg/tra	CONCENTRACION			EFECIENCIA		
	ton/ha								N %	P %	K %	N %	P %	K %	
1	15.19	47.3	45.60	8.66	0.54	17.02	2.05	0.14	0.64	3.1	0.2	4.25	20.47	56.05	43.55
2	22.94	44.3	43.0	11	0.49	16.93	1.96	0.123	0.023	3.29	0.22	4	27.8	85	32.84
3	20.64	44.6	41.6	11	0.517	27.75	3.82	0.147	0.028	3.27	0.22	4.38	14.27	16.68	24.6
4	15.27	44.3	43.4	11.3	0.547	13.54	1.89	0.119	0.023	2.94	0.22	4.28	1.05	17.71	12.3
5	20.29	45.6	43.0	7.66	0.469	21.58	2.66	0.137	0.033	3.06	0.2	3.91	22.43	14.85	36.97
6	16.77	44	43.6	8.66	0.64	22.46	2.69	0.147	0.03	2.9	0.2	4.42	19.68	158.45	47.68
7	17.49	51.3	45.4	9.66	0.593	25.78	2.79	0.229	0.034	3.12	0.21	4.62	27.05	98.66	86.28
8	19.92	42.3	45.8	10.3	0.677	22.51	2.85	0.154	0.032	3.26	0.2	4.5	36.06	18.72	78.84
9	16.04	42.3	47.6	11.6	0.552	22.8	2.57	0.172	0.039	3.07	0.2	4.5	35.92	45.73	11.06
10	17.8	49	47.8	10.6	0.478	16.74	1.91	0.147	0.034	3.81	0.24	4.18	7.19	27.75	6.5
11	15.35	45.3	43.4	8	0.453	17.82	2.3	0.141	0.033	3.02	0.24	4	14.15	20	38.53
12	19.22	49.3	41.2	11	0.705	12.79	1.5	0.159	0.031	3.2	0.22	4.3	3.37	38.59	0.12
13	18.49	44.6	42.0	11	0.508	16.78	1.8	0.117	0.025	3.7	0.22	4.05	3.07	19.52	13.17
14	16.49	49.6	43.1	7.66	0.48	20.27	2.37	0.123	0.021	3.09	0.22	4.25	16.35	80.05	37.91
15	20.95	46.3	46.8	9.33	0.578	23.38	2.94	0.142	0.034	3.09	0.21	4.18	25.39	66.12	106.9
16	18.84	43.6	43.2	10.6	0.637	19.57	2.55	0.147	0.03	3.09	0.22	4.05	42.5	40.3	56.66
17	12.61	47	45.0	9.66	0.388	17.54	2.18	0.122	0.025	3.16	0.22	3.8	15.91	21.49	25.13
18	23.37	46	43.6	11.6	0.618	17.92	2.08	0.119	0.025	3.33	0.24	3.78	9.4	12.15	1.88
19	17.9	45	42.7	7	0.565	22.5	2.32	0.145	0.023	3.01	0.26	3.07	9.03	7.38	7.38
20	14.07	42	37.01	6	0.44	19.29	2.27	0.108	0.018	2.4	0.16	3.05	0	0	0

LA DOSIS APLICADA EN CADA TRATAMIENTO SE OBSERVA EN EL CUADRO 18 .

## VIII. BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- Aguirre, G.A. 1989. Química de Suelos Salinos y Sódicos. Apuntes para el curso de Química. Depto. de Ciencias Químicas. F.E.S. Cuautitlán, UNAM, Cuautitlán Izcalli, -- México.p. 8-10.
- 2.- Alvarez, P. 1986. Comportamiento de Variedades Mejoradas de papa. Tesis profesional Ingeniería Agrícola. F.E.S. Cuautitlán, UNAM, Cuautitlán Izcalli, Méx., p. 20-35.
- 3.- Baeyens, J. 1970. Nutrición de las Plantas de Cultivo. Ed. Limusa. Madrid, España.
- 4.- Bayley, L.H. 1951. Manual de Plantas Cultivadas. 3ra. ed. Ed. Mac Millan. Nueva York, p. 857-883.
- 5.- Cásseres, E. 1980. Producción de Hortalizas. Instituto Inter Americano de Ciencias Agrícolas. O.E.A. Lima, Perú, p. 170-333.
- 6.- Cázarez, G.L.R., 1988. Evaluación del Estado nutricional de los alfalfares del Estado de México. Tesis de Maestría Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo. de México.
- 7.- Cervantes, R.I. y Pérez, C.M. 1955. Fertilización de la papa en las sierras. Agricultura Técnica de México. México, p. 20-48.
- 8.- Chapman, S.R. y Lark, P.C. 1976. Producción Agrícola (principios y prácticas) traducido del inglés por Medina B.M., Peña de L.E. y Gómez G.A.G. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

- 9.- CIASEEM. 1975. Proyecto de Investigación de productividad de suelos. Folleto Técnico No. 1. Dirección de Agricultura y Ganadería del Edo. de México. México, p. 31.
- 10.- C.P. 1991. Centro de Edafología. Sección de fertilidad de suelos. Colegio de Posgraduados. Montecillo. México, México.
- 11.- C.I.P., 1981. Soil fertility requirements for potato production. Technical information. Bolletín No. 14. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú, p. 1-18.
- 12.- COABASTO, 1988. Sistema Producto papa Alpha para el Distrito Federal. México, D.F., p. 15-60.
- 13.- Darpoux, R. 1969. Plantas de Escarda. Traducción del francés por J.M. Mateo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, p. 309.
- 14.- Delmolón, A. 1975. Principios de Agronomía Crecimiento de vegetales cultivados. Ed. Revolucionarias. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba.
- 15.- Domínguez, V.A. 1989. Tratado de Fertilización. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España, p. 421.
- 16.- Donahue, R.L. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Editorial Prentice/Hall Internacional. Cali, Colombia, p. 466.
- 17.- Evans, L.T. 1983. Fisiología de los Cultivos. Editorial Hemisferio Sur. México, D.F., p. 245-274.
- 18.- Fersini, A. 1979. Horticultura Práctica. 2do. edición. Editorial Diana. México, D.F. p. 407-416.

- 19.- FERTIMEX, 1988. Guía de fertilización a nivel nacional. Fertilizantes Mexicanos, México, D.F.
- 20.- Fuentes, G.G. 1990. Evaluación del Rendimiento y Eficiencia de diferentes Niveles de fertilización N-P-K en maíz forrajero (Zea mays). Tesis Ing. Agrícola. FES Cuautitlán, UNAM. México, p. 113.
- 21.- García, A.M. 1979. Enfermedades de las plantas en la República Mexicana. Ed. Limusa, México, D.F. p. 93.
- 22.- García, E. 1981. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F. p.
- 23.- Gordón, H. 1979. Horticultura. Ed. AGT. México, D.F., p. 319.
- 24.- Guenkov, G. 1969. Fundamentos de Horticultura Cubana. Ed. Pueblo y Cultura. La Habana, Cuba, p. 306.
- 25.- Hauser, G.F. 1980. Interpretación de los análisis de suelos al formular recomendaciones sobre fertilizantes. Boletín de Suelos M. 18 FAO-Roma, Italia.
- 26.- Jacob, A. 1964. Fertilización, nutrición y abonos de los cultivos tropicales. Traducción de López Martínez de Alba, L. Wagening, p. 45-152.
- 27.- Jones, 1983. The inter-relationships of iron and Potato Plant. plant and soil.
- 28.- Larsequillo, L. 1956. Cultivo de la papa y la importancia de su fertilización. México, D.F.

- 29.- Leal, N.A., 1986. Optimización de N-P-K para el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en suelos derivados de tepetate en el Municipio de Tlaxco, Tlaxcala. Tesis profesional Ingeniero Agrónomo. U.A.CH. México, México, p. 23-59.
- 30.- López, R.J. y López, M. 1985. El diagnóstico de suelos y plantas. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. p. 100-250.
- 31.- Mena, M.M.L. 1985. La problemática de micoplasmosis (punta morada) y su control en el cultivo de papa Solanum tuberosum L.) en el Valle de Huamantla, Tlaxcala. Tesis profesional Ingeniero Agrícola. F.E.S. Cuautitlán UNAM, Cuautitlán Izcalli, México, p. 93.
- 32.- Murillo, B.J. 1986. Monografía del cultivo de papa. A-puntes para el curso de Horticultura. F.E.S. Cuautitlán, UNAM, Cuautitlán Izcalli, México, p. 1-30.
- 33.- Marro, F.E. 1983. La respuesta del cultivo de papa a la labranza, riegos y mejoradores del suelo. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Santillo, Coahuila. México. p. 47-80.
- 34.- Narvaes, L.F. 1978. Determinación de las dosis óptima e conómica N-P-K para el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en la Región Occidental del Estado de México. - Tesis profesional Ingeniero Agrónomo. U.A.CH., México, p. 2-39.
- 35.- Observatorio Astronómico Nacional, 1991. Archivos. Sección de Climatología. México, D.F.

- 36.- Ortega, C.P. 1966. Parque Nacional Nevado de Toluca. Dirección de Agricultura y Ganadería. Deptc. de Recursos Naturales. México, p. 93.
- 37.- Ortiz, R.C. 1983. La papa (Solanum tuberosum L.) producción y comercialización. Econotécnica Agrícola, Vol. VII. Marzo, 1983, No. 3 S.A.R.H. Subsecretaría de Agricultura y Operación. Dirección General de Economía Agrícola. México, D.F. p. 47.
- 38.- Patterson, J.B. 1970. Suelo y abonado en Horticultura. Manual de Técnica Agropecuaria. Ed. Acribia. Buenos Aires, Argentina, p. 206.
- 39.- Pérez, U.G. 1974. El cultivo de papa en Edo. de México. Dirección de Agricultura y Ganadería del Edo. de México México, p. 7.
- 40.- Russell, E.W. y Russell, E.J. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Ed. Aguilar, Madrid, España.
- 41.- Personal de Laboratorio de E.U.A., 1982. Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Laboratorio de Salinidad de E.U.A., Edo. Limusa, México, D.F., p. 145.
- 42.- Sarli, A. 1980. Tratado de Horticultura. Ed. Hemisferio Sur. 2da. edición. Buenos Aires, Argentina, p. 307-336.
- 43.- Sillampy, M. 1972. Los oligoelementos en los suelos y en la Agricultura. Boletín de suelos No. 17, F.A.O., Roma, Italia.

- 44.- S.E.P., 1982. Manuales para la educación agropecuaria. Ed. Trillas. México, D.F., p. 8-20.
- 45.- S.P.P. 1988. Municipios de México. Secretaría de Gobernación, México, D.F.
- 46.- Tanaka, A. y Yamaguchi, J. 1972. Producción de Materia Seca, Componentes del rendimiento y rendimiento de grano de Maíz. Del Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japón, Vol. 57 pt. 1, julio 1972, Tokio, Japón, p. 35-55.
- 47.- Teuscher, H. y Alder, B. 1980. El suelo y su fertilidad Ed. C.E.C.S.A., México, D.F., p. 510.
- 48.- Tisdale, S.L.Y. Nelson, W.L. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes, Barcelona, España, p. 85.291.
- 49.- Tocagni, H.C., 1980. Producción de papas. Ed. Albatros. Buenos Aires, República de Argentina, p. 88.
- 50.- UAAAN, 1988. Reunión sobre Investigación y Análisis de la problemática de papa. Universidad Autónoma Agraria - Antonio Narro, CONACYT y Asoc. de Productores de Papa - Saltillo. Saltillo, Coahuila, México, p. 106-107.
- 51.- Wilkins, M.B. 1969. Physiology of plant growth and development. Ed. M. Graw Hill, Londón, England.

**IX. ANEXOS .**

- ANEXO 1: Análisis de Varianza para el peso fresco de tubérculos y Comparación de Medias (Tukey 0.05%) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.
- ANEXO 2: Análisis de Varianza para el peso seco de tubérculos y Comparación de Medias (Tukey 0.05%) por parcela útil bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.
- ANEXO 3: Análisis de Varianza para la altura de planta (cm) a los 60 días y Comparación de Medias (Tukey 0.05%) bajo diversos tratamientos de N-P-K.
- ANEXO 4: Análisis de Varianza para el número de plantas (Miles/Ha) y Comparación de Medias (Tukey 0.05%) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.
- ANEXO 5: Análisis de Varianza para el número de tubérculos/planta/tratamiento y Comparación de Medias (Tukey 0.05%) sometido a diversos tratamientos de fertilización N-P-K.
- ANEXO 6: Análisis de Varianza para el peso de tubérculos (Kg.)/planta/tratamiento y Comparación de Medias (Tukey 0.05%) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.
- ANEXO 7: Análisis de varianza para rendimiento de tubérculos/tratamiento de categoría II y Comparación de Medias (Tukey 0.05%).
- ANEXO 8: Análisis de Varianza para el rendimiento de tubérculos/tratamiento de categoría III y Comparación de Médias (Tukey 0.05%).

- ANEXO 9: Análisis de Varianza para el rendimiento de tubérculos/tratamiento de categoría IV y Comparación de Medias (Tukey 0.05%).
- ANEXO 10: Análisis de Varianza para el rendimiento de tubérculos/tratamiento de categoría V y Comparación de Medias (Tukey 0.05%).
- ANEXO 11: Costos Fijos y Costos Variables para el cultivo de papa en el Municipio de Teocaltiche, Jal. (1990).

**ANEXO 1:** Análisis de Varianza para el peso fresco de tubérculos (kg) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K. (Por parcela útil).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R.> F
TRATAMIENTO	17	0.03463201	0.00203718	2.84	0.0047 *
BLOQUE	2	0.00302196	0.00151098	2.11	0.1372 *
ERROR	34	0.02438636	0.00671725		
TOTAL	53	0.06204033			

C.V. = 18.55361

Comparación de Medias del peso fresco de tubérculos (Kg) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K. (Por parcela útil).

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
7	0.2280	A B
9	0.1726	A B
12	0.1592	A B
8	0.1540	A B
1	0.1486	A B
16	0.1477	A B
6	0.1473	A B
3	0.1471	A B
10	0.1471	A B
19	0.1456	A B
15	0.1424	B
11	0.1414	B
5	0.1375	B
2	0.1234	B
14	0.1234	B
17	0.1220	B
18	0.1195	B
4	0.1194	B
13	0.1178	B
20	0.1086	B

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**ANEXO 2:** Análisis de Varianza para el peso seco de tubérculos (Kg) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K. (Por parcela útil).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F	
TRATAMIENTO	17	0.00145365	0.00008563	2.14	0.0287	N.S.
BLOQUE	2	0.00007280	0.00003640	0.91	0.4112	N.S.
ERROR	34	0.00135855	0.00003996			
TOTAL	53	0.00288700				

C.V. = 20.79

Comparación de Medias del peso seco de tubérculos - (ton) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K. (Por parcela útil).

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
9	0.03947	A
1	0.03843	A
10	0.03493	A
7	0.03493	A
15	0.03457	A
11	0.03340	A
5	0.03307	A
8	0.3280	A
12	0.3127	A
6	0.03093	A
16	0.03057	A
3	0.02847	A
17	0.02590	A
13	0.02527	A
18	0.02520	A
2	0.02317	A
4	0.02303	A
19	0.0230	A
14	0.02183	A
20	0.0184	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**ANEXO 3:** Análisis de Varianza para la altura de planta cm. -  
(60 días) bajo diversos tratamientos de fertiliza-  
ción N-P-K.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. >F
TRATAMIENTO	17	198.6259	11.6838	0.45	0.9592 NS
BLOQUE	2	25.4681	11.7340	0.45	0.6407 NS
ERROR	34	884.5851	26.0172		
TOTAL	53	1106.6797			

C.V. = 11.53

Comparación de Medias de la altura de planta cm. -  
(60 días) bajo diversos tratamientos de fertiliza-  
ción N-P-K.

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
10	47.867	A
9	47.667	A
15	46.800	A
8	45.800	A
1	45.667	A
7	45.400	A
17	45.067	A
6	43.673	A
18	43.600	A
11	43.487	A
4	43.400	A
16	43.200	A
14	43.133	A
5	43.00	A
2	43.00	A
19	42.70	A
13	42.067	A
3	41.600	A
12	41.200	A
20	37.10	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**ANEXO 4:** Análisis de Varianza para el número de plantas (miles/ha) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R.	F
TRATAMIENTO	17	288.5370	16.9727	0.38	0.9807	N.S.
BLOQUE	2	71.2592	35.6296	0.80	0.4557	N.S.
ERROR	34	1506.07407	44.296296			
TOTAL	53	1865.87037				

C.V. = 14.39325

Comparación de Medias del número de plantas (miles/ha) bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
7	51.333	A
14	49.667	A
10	49.00	A
12	48.333	A
8	48.333	A
1	47.333	A
17	47.000	A
15	46.333	A
18	46.000	A
5	45.667	A
11	45.333	A
19	45.00	A
13	44.667	A
3	44.667	A
4	44.333	A
2	44.333	A
6	44.000	A
16	43.667	A
9	42.33	A
20	42.00	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**ANEXO 5:** Análisis de Varianza para el número de tubérculos - por planta sometido a diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F	
TRATAMIENTO	17	88.8333	5.225490	1.13	0.3700	N.S.
BLOQUE	2	0.4444	0.222222	0.05	0.9532	N.S.
ERROR	3	157.555556	4.63398693			
TOTAL	53	246.				

C.V. = 21.64966

Comparación de Medias del número de tubérculos por planta bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
18	11.667	A
4	11.333	A
9	11.00	A
3	11.00	A
13	11.00	A
2	11.00	A
12	11.00	A
10	10.667	A
16	10.667	A
8	10.333	A
7	9.667	A
17	9.667	A
15	9.333	A
1	8.667	A
6	8.667	A
11	8.00	A
5	7.667	A
14	7.667	A
19	7.00	A
20	6.00	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

ANEXO 6: Análisis de Varianza para el peso (Kg) de tubérculos por planta bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F	
TRATAMIENTO	17	0.57287037	0.03369826	1.13	0.5667	N.S.
BLOQUE	2	0.05485981	0.2741991	0.92	0.4078	N.S.
ERROR	34	1.01229352	0.2977334			
TOTAL	53	1.64000370				

C.V. = 30.58987

Comparación de Medias de peso (Kg) de tubérculos por planta bajo diversos tratamientos de fertilización N-P-K.

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
3	0.817	A
12	0.705	A
8	0.677	A
6	0.640	A
16	0.637	A
18	0.618	A
7	0.593	A
15	0.578	A
19	0.565	A
9	0.552	A
4	0.547	A
1	0.543	A
13	0.508	A
14	0.480	A
10	0.478	A
2	0.470	A
5	0.468	A
20	0.440	A
11	0.453	A
17	0.388	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**ANEXO 7:** Análisis de Varianza para rendimiento de tubérculos de II Categoría/Parcela útil.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F	
TRATAMIENTO	2	0.68812	0.34400	0.143	3.22	N.S.
BLOQUE	19	30.4707	1.60372	0.670	1.93	N.S.
ERROR	38	90.8534	2.3908			
TOTAL	59	122.0123				

C.V. = 56.0

Comparación de Medias para rendimiento de tubérculos de II Categoría/Parcela útil.

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
13	3.68	A
8	3.61	A
16	3.61	A
18	3.58	A
6	3.34	A
2	3.27	A
15	3.25	A
5	3.15	A
9	2.84	A
7	2.80	A
3	2.80	A
12	2.60	A
19	2.40	A
11	2.30	A
20	2.20	A
1	2.15	A
14	1.98	A
4	1.82	A
10	1.78	A
17	1.08	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**ANEXO 8:** Análisis de Varianza para el rendimiento de tubérculos de III Categoría/Parcela útil.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F
TRATAMIENTO	2	49.1610	24.5805	49.261	**
BLOQUE	19	42.2871	2.2256	4.46	*
ERROR	38	18.96131	0.498998		
TOTAL	59	110.40941			

C.V. = 19.89

Comparación de Medias para el rendimiento de tubérculos de III Categoría/Parcela útil.

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
8	4.74	
2	4.72	
5	4.66	
7	4.43	
3	4.41	
16	4.21	
10	4.13	
15	3.95	
18	3.88	
13	3.44	
12	3.36	
11	3.25	
14	3.22	
19	3.16	
9	3.14	
1	3.07	
6	2.91	
4	2.24	
20	2.13	
17	1.95	

**ANEXO 9:** Análisis de Varianza para rendimiento de tubérculos de IV Categoría/Parcela útil.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F
TRATAMIENTO	19	1.60842	0.80421	0.37	N.S.
BLOQUE	2	30.26883	1.5930	0.74	N.S.
ERROR	38	80.98045	2.13106		
TOTAL	59	112.8577			

C.V. = 41.0

Comparación de Medias para el rendimiento de tubérculos de IV Categoría.

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
15	4.8	A
4	4.64	A
18	4.45	A
1	4.37	A
2	4.32	A
5	4.64	A
10	3.64	A
3	3.63	A
19	3.56	A
16	3.49	A
13	3.42	A
14	3.20	A
8	3.07	A
20	3.01	A
13	2.94	A
11	2.90	A
7	2.87	A
17	2.76	A
6	2.68	A
9	2.25	A

ANEXO 10: Análisis de Varianza para rendimiento de tubérculos de V Categoría/Parcela útil.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F	
TRATAMIENTO	2	2.19081	1.095405	2.069	3.32	N.S.
BLOQUE	19	10.918593	0.5746	1.085	1.93	*
ERROR	38	20.112257	0.52926			
TOTAL	59	33.22166				

C.V. = 32.0

Comparación de Medias para el rendimiento de tubérculos de V Categoría/Parcela útil).

TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPOS
18	4.68	
11	4.29	
20	2.93	
8	2.89	
10	2.76	
4	2.70	
16	2.65	
14	2.37	
8	2.35	
5	2.35	
7	2.18	
17	2.11	
19	2.07	
1	2.07	
15	1.99	
12	1.97	
3	1.75	
13	1.72	
2	1.66	
9	1.25	

## A N E X O 11.

COSTOS VARIABLES

<u>C O N C E P T O</u>	<u>P R E C I O</u>
Fertilizante	(*)
Arpillas	\$ 14,000.00 /Ton (**)
Insecticidas y Herbicidas	200,000.00
Flete	40,000.00 /Ton (**)
Carga	3,000.00 /Ton (**)
Total de Costos Variables:	200,000.00

COSTOS FIJOS

<u>C O N C E P T O</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>P R E C I O</u>
Barbecho	1	\$ 100,000.00
Rastra	2	100,000.00
Surcado	1	50,000.00
Siembra	6 (jornales)	120,000.00
Tapado	1	50,000.00
Aplicación de Riegos	8 (jornales)	120,000.00
Aplicación de Insecticidas y Herbicidas	3 (jornales)	150,000.00
Aplicación de Fertilizante	2 (jornales)	90,000.00
Deshierbes	6 (jornales)	180,000.00
Energía Eléctrica		32,000.00
Corte de Follaje	6 (jornales)	120,000.00
Semilla	2.5 Ton.	2'250,000.00
Cosecha	60 (jornales)	900,000.00
Total de Costos Fijos:		2'292,000.00

## CONSIDERACIONES:

- \* Los costos oficiales de fertilizante en sacos a partir - del 31 de julio de 1989 a septiembre de 1990 fueron:

Sulfato de Amonio:	\$	200,000.00 /Ton.
Super fosfato de Calcio Triple:		500,000.00 /Ton.
Sulfato de Potasio:		650,000.00 /Ton.

Para calcular los costos variables por concepto de fertilizante, primeramente se calcularon las dosis para cada tratamiento y los Kg. que se obtuvieron se multiplicaron por el costo unitario del fertilizante.

- \*\* Para calcular los costos variables por concepto de Arpillas, Flete y Carga se multiplicaron estos precios por el rendimiento que cada tratamiento produjo.

La ganancia neta se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$G. N. = G. B. - (C.F. + C.V.)$  en donde:

G. N. = Ganancia Neta.

G. B. = Ganancia Bruta (\*)

C. V. = Costos Variables.

C. F. = Costos Fijos.

- \* Para obtener la G. B. se multiplicó el rendimiento de tubérculos que cada tratamiento produjo por el precio promedio de venta en el mercado (Central de Abastos de Guadala