

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES

COMPARACIÓN DE DOS PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE LA PAPA
(*Solanum tuberosum*) EN EL MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.

DOCUMENTO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

POR

ISMAEL RODRIGO CHÁVEZ VÁSQUEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Guatemala, Noviembre de 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO Dr. Ariel Abderramán Ortiz López

SECRETARIO Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

VOCAL PRIMERO Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel Ovalle

VOCAL SEGUNDO Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

VOCAL TERCERO Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Avila

VOCAL CUARTO Mep. Elmer Antonio Álvarez Castillo

VOCAL QUINTO Perito Miriam Eugenia Espinoza Padilla

Guatemala, Noviembre de 2005

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Señores Miembros:

De acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado:

COMPARACIÓN DE DOS PRGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) EN EL MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado Académico de Licenciado.

En espera de que el presente trabajo llene los requisitos para su aprobación agradezco su amable atención a la presente.

Atentamente,

Ismael Rodrigo Chávez Vásquez.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Acuérdate de Jehová tu Dios
Porque él te da el poder para hacer
Las riquezas, a fin de confirmar su
Pacto que juró a tus padres
Como en este día.
Deuteronomio 8:18

MIS PADRES

Leonidas Chávez
Juana Vásquez

MI ESPOSA

Gloria Vásquez López.

Mujer virtuosa ¿quien la hallará?
Porque tú estima sobrepasa largamente
al de las piedras preciosas.

Muchas mujeres hicieron el bien;
más tú sobrepasas a todas.
Proverbios 31:10,29

MIS HIJOS

Rudy Waldemar
Edgar Enrique
Fredy Rodrigo

MIS HERMANAS

Rosa Rafaela, Andrea Cristobalina, Julia,
Juana Patricia y Elsa Lucrecia

MIS HERMANOS

Obispo Leonso y Francisco

TESIS QUE DEDICO.

A:

MI PATRIA GUATEMALA

El Novillero, Santa Lucía Utatlán, Sololá

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA.

MIS CENTROS DE ESTUDIOS

Escuela Rubén Darío, Sta. Lucía Utatlán
Colegio Santa Catarina, Nahualá.
Instituto Básico Obispo Marroquín, Chichicastenango.
Colegio la Salle, Huehuetenango

Productores de papa, Sololá

Especialmente a Manuel Cosigua y Miguel Chiroy

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi profundo agradecimiento a mis Asesores: Ing. Agr. Aníbal Sacbajá Galindo, Ing. Agr. Augusto Velásquez Juárez por el valioso apoyo brindado en el presente trabajo de Investigación. A la vez al Ing. Agr. Mario Enríquez por su orientación y colaboración en la realización del presente documento.

A los productores de papa del departamento de Sololá especialmente a Don Manuel Ixcayá Cosiguá y Miguel Ajcalón Chiroy quienes colaboraron en la realización del presente trabajo de investigación específicamente en el montaje de campo.

INDICE GENERAL

	ÍNDICE DE CUADROS	v
	ÍNDICE DE GRÁFICAS	v
	ÍNDICE DE FIGURAS	v
	ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	v
	RESUMEN	vi
1	INTRODUCCIÓN	1
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3	MARCO TEÓRICO	3
	3.1 Marco conceptual	3
	3.1.1 Origen del cultivo de la papa	3
	3.1.2 Descripción botánica	4
	3.1.3 Importancia del cultivo	5
	3.1.4 Variedades de papa	5
	3.1.5 La fertilización foliar	6
	3.1.6 Nutrientes no móviles a 40 días de la germinación	9
	3.1.7 Los nutrientes de rápido crecimiento	10
	3.1.8 Periodo de fructificación	10
	3.1.9 El calcio	10
	3.1.10 Otras funciones del calcio en la planta	11
	3.1.11 Uso de la cal agrícola	13
	3.1.12 El magnesio	15
	3.1.13 El boro	15
	3.1.14 La fertilización y las enfermedades de las plantas	16
	3.1.15 El Tizón tardío y sus condiciones ecológicas	19
	3.1.16 El ciclo de vida del tizón tardío	20
	3.1.17 Manejo del tizón tardío	21
	3.1.18 La fertilización en el cultivo de la papa	22
	3.1.19 La fertilización foliar y el tizón tardío	23
	3.2 Marco referencial	23
	3.2.1 Localización del área de estudio	23
	3.2.2 Descripción del área experimental	23
4	OBJETIVOS	24
	4.1 Objetivo general	24
	4.2 Objetivo específicos	24
5	METODOLOGÍA	25
	5.1 Tamaño de la parcela	25
	5.2 Preparación del terreno	25
	5.3 Siembra	25
	5.4 Fertilización	25
	5.5 Control de plagas y enfermedades	26
	5.6 Defoliación	26
	5.7 Cosecha	26
	5.8 Variables evaluada	26
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
8	CONCLUSIONES	28
9	RECOMENDACIONES	28
10	BIBLIOGRAFÍA	29
11	ANEXOS	31

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	CONTENIDO	Página
1	Producción anual de papa en Centroamérica	3
2	Cultivares de papa más frecuentes	6
3	Fertilización foliar y al suelo en ensayos de papa	7
4	Relaciones de absorción entre aplicaciones al suelo y foliares	7
5	Requerimientos de nutrición del cultivo de la papa en lb/mz	8
6	Nutrientes críticos en diferentes fases del cultivo de la papa	9
7	Características de los productos utilizados en la corrección de la acidez del suelo	14
8	Plagas y enfermedades de la papa	18 - 19
9	Rendimiento e ingresos total de la parcela "A" fertilizada con el programa tradicional del agricultor	26
10	Rendimiento e ingreso total de la parcela "B" fertilizada con el programa tradicional del agricultor mas enmiendas de calcio, magnesio y boro	27
11	Comparación entre la parcela A y B	27

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica No.	CONTENIDO	Página
1	Producción de papa en distintas zonas del mundo	4
2	Calcio, tercer elemento importante en la nutrición	12
3	Rendimiento en los cultivos tradicionales	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	CONTENIDO	Página
1	Ciclo del tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	20

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto No.	CONTENIDO	Página
1	Aplicación de cal agrícola al suelo	31
2	Clasificación de la papa según la calidad	31
3	Plática a productores de papa sobre la utilización de los fertilizantes foliares	32
4	Plática sobre fertilización foliar en el cultivo de la papa en Sololá	32
5	Plática a productores de papa sobre la importancia del calcio y boro	33
6	Promoción de los fertilizantes foliares	33
7	Cosecha de la parcela con aplicación granulada mas foliar	34
8	Cosecha de parcela con aplicación de granulado únicamente al suelo	34
9	Cosecha de parcela con aplicación de granulado únicamente al suelo	35

COMPARACIÓN DE DOS PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE LA PAPA
(*Solanum tuberosum*) EN EL MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.

COMPARATION THE TWO FERTILIZE PROGRAM IN THE POPE'S CULTIVATION
(*Solanum tuberosum*) IN THE MUNICIPALITY OF SOLOLÁ, SOLOLA

Resumen

Actualmente el cultivo de la papa ocupa un lugar de importancia en el país, por su alto contenido de calorías y proteínas para una dieta adecuada y balanceada de la población. Además de cubrir la demanda interna se exporta un 34 % de la producción total hacia países como el Salvador, Honduras y Nicaragua, constituyéndose como una fuente de divisas para el país (2).

Debido a la falta de una nutrición adecuada y balanceada del cultivo de la papa en muchas áreas del país, se reportan rendimientos máximos de 50 qq por cuerda de 33.60 m². (1,128.96 m²) equivalente a 20,129.14 Kg/ha, reportados en Tecpán, Guatemala los cuales comparados con rendimientos de otros países es bajo (2).

El presente trabajo consistió en comparar la aplicación de enmiendas de cal agrícola y aspersiones foliares de calcio, magnesio y boro comparando con la fertilización tradicional que comúnmente se realiza en el cultivo de la papa en el departamento de Sololá. La evaluación del ensayo consistió en comparar la fertilización tradicional parcela "A", con respecto a la fertilización balanceada parcela "B", cada uno con una área de 200 m²; en el método tradicional los agricultores utilizan fertilizantes granulados 15-15-15 a una dosis de 943.50 Kg/ha, sin aplicación de cal para enmienda del suelo, mientras en la fertilización balanceada se aplicó además del 15-15-15, cal agrícola con 35.5% de calcio y 15.0% de magnesio, a una dosis de 454.50 Kg/ha y aplicaciones de calcio y boro vía foliar (100cc/bomba de 4 galones).

Con el método tradicional parcela "A" la producción fue de tres calidades, 200.89 Kg; 112.72 Kg y 64.54 Kg respectivamente para un total de 378.15 Kg. Para definir la calidad de la producción se tomó en cuenta el largo y diámetro de los tubérculos: Primera calidad largo de 10 cm y diámetro de 6 cm; Segunda calidad largo de 6 cm y diámetro de 3 cm, y la Tercera calidad largo de 3 cm y diámetro de 2 cm.

En la parcela "B" la producción se redujo a 2 calidades y se obtuvo los siguientes resultados: 740.83 Kg y 48.18 Kg para un total de 789.01 Kg. Con este ensayo se comprobó que la fertilización balanceada demostró un incremento en la producción y en la calidad de la cosecha comparada con lo que tradicionalmente hacen los agricultores usando fertilizaciones tradicionales sin aplicación de calcio, boro y magnesio vía foliar ni cal agrícola al suelo.

1. INTRODUCCIÓN

Las primeras variedades de Papa (*Solanum tuberosum*) con valor comercial son originarias de las partes altas de los Andes, donde fueron llevadas por los conquistadores Españoles a Europa distribuyéndose luego por todo el mundo. Para constituirse como el alimento más importante de la humanidad como fuente de energía ya que produce de 2 a 4 veces más que el maíz y de 6 a 10 veces más que los cereales (3).

Actualmente el cultivo de la Papa en Guatemala ocupa un lugar de importancia económica, pues además de cubrir la demanda interna se exporta un 34% de su producción total hacia países como el Salvador, Honduras y Nicaragua constituyéndose como una fuente de divisas para el país. Su área de siembra ocupa alrededor de 10,000 hectáreas, con un promedio de 62.5 toneladas métricas por hectárea producidas en el año 1975 utilizando una tecnología de producción mejorada (8). Este cultivo sin embargo, se produce en diferentes regiones del País, en el Altiplano Central, por ejemplo, ha adquirido gran importancia en los últimos años, pero con bajos rendimientos por unidad de área ya que los rendimientos máximos reportados es de 50 quintales (2272.50 Kg) por cuerda de 40 x 40 varas (33.60 m x 33.60 m equivalente a 1,128.96 m².), debido a que los productores de esta zona utilizan programas de fertilización tradicional (2).

La fertilización foliar no es una práctica nueva, desde hace muchos años se ha estado utilizando rociaduras que contienen nutrientes secundarios y otros llamados micronutrientes o elementos menores, tales como hierro, magnesio, cobre, zinc, ésta práctica ha incidido que los rendimientos del cultivo se incrementen y mejore la calidad del producto (7). Según el Dr. Wittwer, catedrático de Horticultura y Director de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad del Estado de Michigan, la fertilización foliar tiene la función de complementar la nutrición durante períodos de tensión crítica, en los que por diversas razones la planta no pueda absorber a través de sus raíces nutrientes en suficientes cantidades, por lo que la función de las aplicaciones foliares es suplementar las prácticas agronómicas apropiadas y no la de reemplazarlas (7).

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar el programa tradicional de fertilización del cultivo de la papa con el otro programa con aplicaciones de calcio y magnesio al suelo, más aplicaciones por vía foliar de calcio y boro para mejorar la calidad y así mismo el incremento del rendimiento del cultivo de la papa.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La constante búsqueda de condiciones que hagan posible el incremento del rendimiento y la calidad del cultivo de la papa, conlleva el proporcionarle a la planta las mejores condiciones desde la siembra hasta la cosecha, que incluye una Fertilización balanceada, prácticas culturales adecuadas y el control de plagas y enfermedades. Es así, por lo que éste cultivo se ha adaptado a diferentes regiones del País, en el altiplano central especialmente en el departamento de Sololá ha adquirido gran importancia, aunque los rendimientos por unidad de área en relación con otras zonas productoras del país es bajo, principalmente por la falta de una tecnología adecuada y de programas de fertilización que contemple los requerimientos nutrimentales del cultivo y la fertilidad del suelo.

Los agricultores del área de Sololá por muchos años han utilizado planes de fertilización a base de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) sin ninguna base técnica ni científica. El Programa mundial de Alimentos (PAF), Organizaciones no gubernamentales y empresas de servicios de las que han formado parte, se unieron para llevar a cabo programas de extensión, principalmente para ésta área papera, con el objetivo de tratar de cambiar la forma de fertilizar, por lo que se propuso hacer comparaciones con otros planes de fertilización utilizando los fertilizantes tradicionales NPK más aplicaciones de calcio (Ca), magnesio (Mg) y elementos menores principalmente el boro (B) nutriente que interviene en la calidad de la papa y poder tener mejores rendimientos.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 ORIGEN DEL CULTIVO

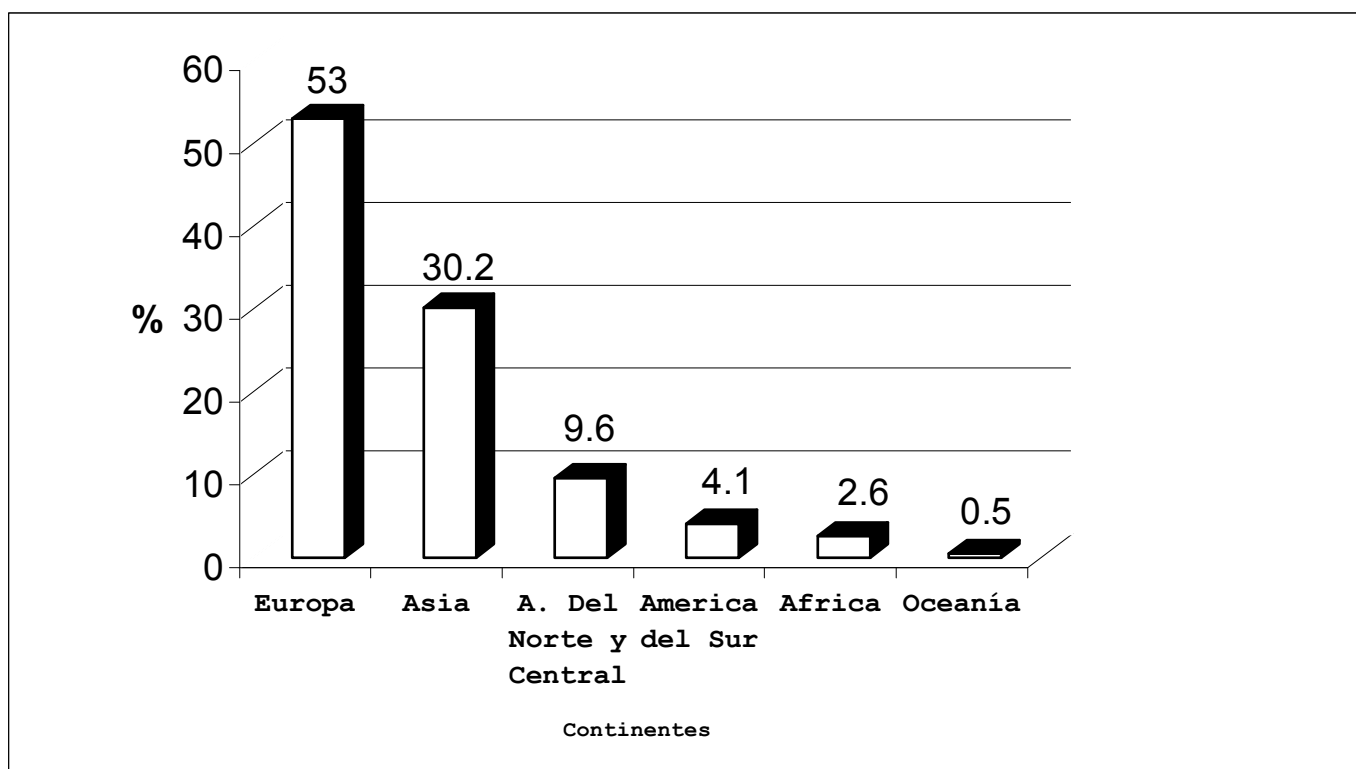
Hallazgos arqueológicos y estudios detallados y de manera fundamentada, establecen que la papa es originaria de América del Sur, específicamente del Perú, y que, poco a poco, ha ido cobrando importancia de acuerdo a las necesidades de la alimentación de los países, a tal grado que en la actualidad se cultiva en casi todo el mundo, especialmente en América Central, El Caribe y Sur América (cuadro 1) (11).

Cuadro 1. Producción Anual de papas en Centro y Sudamérica (millones de toneladas).

País	Producción (millones de toneladas)
AMÉRICA CENTRAL Y CARIBE	
Bermudas	1
Costa Rica	64
Cuba	364
El Salvador	8
Guatemala	57
Haití	7
Honduras	19
Jamaica	14
México	1231
Nicaragua	28
Panamá	17
Republica Dominicana	32
AMÉRICA DEL SUR	
Argentina	2000
Bolivia	725
Brasil	2699
Chile	828
Colombia	2594
Ecuador	460
Paraguay	2
Perú	2265
Uruguay	145
Venezuela	350

Fuente: Enciclopedia Práctica de la Agricultura y de la Ganadería (11).

Los estudios genéticos demuestran que el Centro de origen de la papa es Perú ya que los Incas en la región del Altiplano Peruano boliviano entre los Siglo XII y XVI ya se dedicaban a su cultivo (3). En América del Norte y Central el país que más superficie dedica al cultivo de la papa es México, con 62,000 has., que rinden 20,000 kilogramos por hectárea, y en Sudamérica, el mayor es Perú que cultiva 229,000 hectáreas de menor rendimiento (10,000 kg/ha) (gráfica 1) (11).



Gráfica 1. Producción de papa en distintas zonas del mundo (producción total: 294,83 millones de toneladas). Fuente: Enciclopedia Practica de la Agricultura y de la Ganadería (11).

3.1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La Papa es una planta que pertenece a la familia de las Solanáceas y su nombre científico es *Solanum tuberosum*. Por su ciclo de cultivo se clasifica como una planta anual, aunque puede comportarse vegetativamente como perenne en el campo. Se caracteriza por tener tres tipos diferentes de tallos, los tallos propiamente dichos que forman las ramas o parte aérea de la planta, los estolones que son tallos subterráneos de crecimiento horizontal y los tubérculos que se forman en el extremo de los estolones.

Las hojas de la papa son alternas, compuestas de 3 a 4 pares folíolos opuestos de forma ovalada y un folíolo terminal. Generalmente las hojas tienen también folíolos pequeños, las flores son pequeñas, blancas, amarillas, azules o rojizas (8).

Los tubérculos son tallos agrandados, de formas y colores diferentes según las variedades, las cuales forman también frutos aéreos o bayas carnosas con numerosas semillas pequeñas fértiles (3).

La pulpa de los tubérculos es de color blanquecino en la mayoría de las variedades comerciales y algunas especies cultivadas tienen pulpa amarilla. Los tubérculos tienen ojos o yemas, que después de un período de reposo más o menos largo según las variedades, brotan para producir nuevas plantas. La mayoría de los híbridos y algunas variedades mejoradas dan tubérculos grandes que es necesario partir, cuando se va a usar para semilla, cuidando que cada trozo tenga por lo menos una yema. Algunas variedades dan tubérculos de diferentes tamaños y en éste caso se deben seleccionar los que tengan de 40 a 60 gramos para usarlos enteros como semilla (3).

La reproducción de la papa puede hacerse por tubérculos, pudiendo ser enteros o fraccionados. Cuando se hace en forma entera se tienen ventajas como resistencia a las enfermedades y cuando se fracciona sucede lo contrario (8).

3.1.3 IMPORTANCIA DEL CULTIVO

El cultivo de la papa es importante, pues su valor como fuente de carbohidratos es necesaria en la alimentación de la población guatemalteca tanto la rural, como urbana. Además de su utilización como producto alimenticio, también es importante por su uso industrial, empleándose la fécula en la industria textil y por su exportación a países del área Centroamericana (6).

3.1.4 VARIEDADES DE PAPA

En todas las regiones en donde se cultiva papa, se tiene una gran diversidad de variedades adaptadas a las condiciones propias de cada lugar (cuadro 2). En el caso de Guatemala, destacan algunas variedades, entre las cuales se pueden citar: a) Loman, b) Tollocan, c) Icta Xalapán, d) Ictafrit, e) Atzimba, entre otras. En el caso de Loman, se prefiere por ser una variedad conocida en la región y la que más se cultiva para el consumo fresco, además porque puede ser almacenada hasta períodos de seis meses. Produce tubérculos alargados y se cosecha a los 90 días después de sembrada (8). Se adapta a alturas entre 1700 a 2500 msnm., las plantas alcanzan longitudes de 60 a 70 centímetros y sus rendimientos promedios entre 180 a 385 quintales/manzana (8, 9, 11).

Cuadro 2. Algunos tipos de cultivares de papa.

TIPO DE VARIEDAD	COLOR DE LA PULPA DEL CULTIVAR	
	Blanca	Amarilla
Precoces	Royal Kidney	Palogán, Sirtema
	Étoile du León	Violla, Ostara
	Olinda	Jaerla, Atica
		Duquesa, Belle de Fontanay
Semi-tempranas	Arran-Banner	Bintje, Belladona
	Kennebec	Achat, Aura
	King Edward	Claustar, Spunta
	Red Pontiac	
Semi-tardías	Olalla, Turia	Gineke, Claudia
	Gelda, Majestic	Desirée, Heida
Tardías	Víctor	Alpha, Alava
	Up-to-date	Goya, Sergen

Fuente: Enciclopedia Practica de la Agricultura y de la Ganadería (11).

3.1.5 LA FERTILIZACIÓN FOLIAR

La fertilización foliar ha sido usado en la agricultura desde hace muchos años, generalmente se emplea para corregir con rapidez la deficiencia específica de algún elemento, o darle al cultivo un auxilio en su nutrición, muy rara vez basta dar a la planta todo los macroelementos que necesita, los cuales usualmente se suministran por aplicaciones al suelo o al agua de riego. Las hojas son incapaces de absorber todos los macroelementos que la planta necesita. Los fertilizantes foliares son diseñados para ser absorbidos por las hojas de las plantas y son utilizados como complemento a la fertilización al suelo y no como sustitutos debido a la baja concentración de los elementos y de las dosis que se utilizan, aunque si pueden ser efectivos para corregir la deficiencia de los microelementos. Los microelementos, necesarios en pequeñas cantidades, sí pueden darse a través del follaje en forma satisfactoria. En ciertos casos, la fertilización foliar es la única forma de resolver una deficiencia de micro elementos pues en ciertos tipos de suelo, el resultado de la aplicación al suelo es muy lento. Normalmente los fertilizantes foliares se encuentran en forma de sulfatos, nitratos, cloruros simples o quelatados que llevan adicionado un componente orgánico que altera la carga química del fertilizante para que la planta los pueda absorber de una manera más eficiente. Entre los quelatos se pueden mencionar EDTA, TPA, DDTA, los cuales son de origen sintético y también hay de origen orgánico natural tal como los quelatos derivados de proteína vegetal hidrolizada (7, 13).

En el cuadro 3 se indica el rendimiento de ingresos obtenidos con diversas combinaciones en la fertilización utilizando una proporción total de 120 kg de nitrógeno y 80 kg de fósforo. Los mejores resultados de obtuvieron aplicando la mitad del fertilizante en el suelo al sembrar y la otra mitad a través de una serie de cinco aspersiones foliares iniciándose 35 días después de la siembra. La rociadura se hizo con una solución con el tres por ciento de Nitrógeno y Fósforo con urea como fuente de Nitrógeno y superfosfato triple como la fuente de fósforo (7).

Cuadro 3. Fertilización foliar y suelo en ensayos de papa.

Fertilizante 80 y 120 kg/ha	Rendimiento total (kg/ha)	Rendimiento sobre el testigo (kg/ha)	Ingreso bruto (Rupias)	Costo del fertilizante y aplicación	Ingreso neto en rupias.
Testigo sin fertilizante.	6,935				
Todo al suelo	8,799	1,844	414.90	297.61	117.29
50% al suelo + 50% vía foliar.	10,493	3,558	800.55	372.61	427.94
25% al suelo + 25% foliar.	8,914	1,999	445.28	229.81	215.47
100% Foliar	8156	1221	274.73	360.61	-85.88

Fuente: Revista, Agricultura de las Américas (7). 1 Rupia (Pakistán) = US \$ 0.01673

El valor principal del fertilizante foliar es suministrar los nutrientes en las fases críticas del desarrollo de la planta. También la urea aplicada al follaje no solo aumentó su propia absorción sino también la de otros nutrientes. Además las aplicaciones foliares produjeron mayor respuesta en los rendimientos obtenidos de una dosificación específica de nutriente que los habidos con las aplicaciones radicales (cuadro 4) (7).

Cuadro 4. Relaciones de absorción entre aplicaciones al suelo y foliares. Revista, Stoller (17).

ELEMENTO	FERTILIZANTE	FERTILIZACIÓN AL SUELO
N	1	5
P ₂ O ₅	1	20
K ₂ O	1	3
S	1	3
Ca	1	40
Mg	1	75
B	1	4
Cu	1	10
Fe	1	50
Mn	1	20
Zn	1	12
Mo	1	30
Co	1	25

Debido a esa eficiencia, las aplicaciones foliares suplementarias permitieron una mayor reducción en las cantidades de nutrientes que se aplicaron y lo cual, a su vez resultó, en un ingreso neto mayor después de cubrir el costo adicional de la aplicación (cuadro 5).

Cuadro 5. Requerimiento de nutrición del cultivo de la papa en libra/manzana.

ELEMENTOS	lb/ mz
Nitrógeno	207
Fósforo	78.0
Potasio	389
Calcio	9.0
Magnesio	16.0
Azufre	6.0
Cloro	41.0
Boro	0.14
Cobre	0.10
Hierro	1.40
Manganeso	0.25
Zinc	0.14

Fuente: Armando Astorga, Año 2000 (2).

Por ejemplo, las aplicaciones al suelo de sulfato de manganeso son eficaces en suelos ácidos, pero en suelos calcáreos es mejor usar la aplicación foliar. Las aplicaciones de zinc al suelo rara vez son efectivas, pero sirven bien en las hojas nuevas de ciertos frutales como los cítricos después de la floración (7).

Otro ejemplo son las aplicaciones de cobre al follaje en el cultivo de cítricos no solo resuelven con rapidez los síntomas de deficiencia, sino que contribuyen al control de enfermedades como la mancha grasosa, la melanosis y la roña. Sin embargo es común que la fertilización foliar mejore el aspecto de las plantas, pero que los aumentos del rendimiento final sean escasos. Muchos de los fertilizantes comunes pueden quemar el follaje, si se usan en aplicaciones foliares (7).

La Urea sirve bien como fuente de nitrógeno foliar, pero debe de tener un contenido muy bajo de “biuret”, este subproducto de la fabricación de la urea es tóxico para muchas especies de plantas. En hortalizas, por ejemplo, usar urea a concentraciones no mayores de 0.5 a 0.7% de agua. Los fertilizantes foliares pueden mezclarse con la mayoría de los insecticidas y fungicidas, lo cual es muy conveniente si se deben hacer aplicaciones de esos productos, pero el costo inicial siempre es mayor al de los fertilizantes aplicados al suelo (5).

Se recomienda usar los fertilizantes foliares en forma regular, cada 7 a 10 días. Su efecto es mayor en plantas tiernas o jóvenes, en las que la cutícula de las hojas es todavía permeable. Como los estomas de las hortalizas, están situados principalmente en el revés (envés) de las hojas se recomienda hacer llegar la aspersión por debajo hasta esa superficie inferior. Las aplicaciones funcionan mejor a volúmenes elevados de 470 a 935 litros por hectárea (7).

La fertilización foliar, por lo general, es solo un suplemento de la buena fertilidad del suelo, que debe mantenerse al nivel óptimo. Los análisis de suelo y de tejidos vegetales, indican si existe alguna deficiencia leve que carece de síntomas y ofrecen una base para el programa de fertilización. Si los análisis nos indican escasez de algún elemento, y no hay síntomas visibles de deficiencia, es mejor considerar la fertilización foliar de muchos cultivos solo como una medida de remedio (7).

La papa por su gran capacidad de producción necesita de una adecuada fertilización con los elementos nutritivos indispensables, que aseguren la obtención de altos rendimientos y buena calidad del producto. Existen 16 elementos esenciales en un programa nutricional completo para cualquier cultivo: el Carbono, hidrógeno, oxígeno y algo de nitrógeno son originarios del aire y el agua (14).

El nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, zinc, boro, manganeso, cobre, hierro, molibdeno y cloro son originarios del suelo o del fertilizante (7).

3.1.6 NUTRIENTES NO MÓVILES DE 0-40 DÍAS MÓVILES DE LA GERMINACIÓN

En el período de 0-40 días de vida de una planta, una de las móviles las razones por la cual éstos nutrientes son críticos es porque los mismos no son móviles en la solución del suelo; éstos nutrientes permanecen en el sitio en que fueron puestos. Las raíces deben llegar a éstos nutrientes ya que ellos no fluyen hacia el sistema de raíces. A medida que las ramificaciones de la raíz crecen, ellas deben hacer contacto con los nutrientes para ser absorbidos y llevados a la planta (cuadro 6).

Cuadro 6. Nutrientes críticos en diferentes fases del cultivo de la papa

0-40 días después de la germinación.	Período de rápido crecimiento	Período de fructificación o etapa de reproducción.
Fósforo	Nitrógeno	Calcio
Zinc	Potasio	Boro
Hierro	Azufre	---
Manganeso	Molibdeno	---
Cobre	---	---
Magnesio	---	---

Fuente: Importancia de la Fertilización Balanceada, Revista Stoller (17).

3.1.7 LOS NUTRIENTES DE RÁPIDO CRECIMIENTO

Los nutrientes móviles tales como el nitrógeno, potasio y azufre, pueden ser aplicados casi de cualquier forma: al voleo antes de la siembra, en bandas sobre o al lado de la semilla. El principal objetivo es lograr que éstos nutrientes estén disponibles para la planta al iniciar ésta su etapa de mayor desarrollo vegetativo, que es igualmente la etapa de mayor necesidad de éstos nutrientes.

3.1.8 PERÍODO DE FRUCTIFICACIÓN

En ésta etapa del crecimiento los elementos más importantes son el Calcio y el Boro.

3.1.9. EL CALCIO

Básicamente su labor en la hoja es reducir la respiración ya que la planta hace dos cosas: inhala gas carbónico y exhala oxígeno, en el proceso llamado Fotosíntesis, que produce azúcares y almidones. Sin embargo la planta para vivir consume azúcares y almidones mediante el proceso de respiración y exhala Dióxido de carbono por lo tanto el Calcio controla la velocidad de la respiración o sea la pérdida de azúcares y almidones. Al incrementar los contenidos de calcio en los tubérculos de la papa se obtienen las siguientes ventajas: a) mejor calidad de los tubérculos, b) reducir la incidencia de defectos internos del tubérculo como la mancha café interna y el corazón hueco, c) mejora el almacenamiento y d) se reduce la severa incidencia de pudrición suave (14).

Se ha reconocido que la sanidad de la membrana celular es crucial para la sanidad y sobrevivencia de la célula en la planta. Actualmente se ha establecido muy bien que la sanidad de la membrana celular no puede mantenerse en la ausencia de niveles críticos de calcio alrededor de dicha membrana. Si el nivel de calcio asociado a la membrana se reduce, la membrana empezará a gotear (exudar), causando una pérdida de sales y compuestos orgánicos celulares. También es reconocido que el calcio es una parte integral de la pared celular en donde él provee un eslabón intracelular estable y reversible entre moléculas pécticas, resultando en una pared celular rígida. Además de su papel en la membrana y pared celular, el calcio es ahora visto como un mensajero, así como una hormona. Como un mensajero secundario, el calcio ha demostrado que puede regular varias funciones celulares, cambios en los niveles de calcio celular, puede ayudar a la planta a reaccionar al impacto del estrés ambiental (tanto de sequía, calor, frío) y biótico (bacterias, hongos).

La pudrición suave causada por la bacteria, también causa que la membrana exude o gotee y digiera la pared celular por el uso de una enzima hidrolítica, el calcio es protector de las membranas

celulares y le da dureza a la pared celular, no es una sorpresa entonces que el calcio tenga un papel importante en la calidad del tubérculo y crecimiento de la planta. Además el calcio es lixiviado de los camellones, por eso el suelo que rodea los tubérculos contiene muy bajo calcio soluble, especialmente durante la parte tardía del ciclo cuando los tubérculos se desarrollan. Es necesaria una abundancia de calcio para que el cultivo absorba y utilice el Nitrógeno en forma de amonio. El Calcio reduce las filtraciones de jugos alimentarios de las paredes celulares de las raíces, lo cual disminuye tanto el escape de los nutrientes y la susceptibilidad a las enfermedades, como por ejemplo la marchites causada por *verticillium* puede reducirse grandemente con aplicaciones de calcio. El calcio además en cantidades generosas reducirá el daño ocasionado por el sodio (16).

Los niveles altos de calcio reducen la respiración de la planta aumentando la fotosíntesis neta en la planta al mismo tiempo reducen la respiración del fruto y por lo tanto se prolonga la vida de almacenaje del mismo. Investigaciones recientes demuestran que la habilidad de la planta para absorber nitrógeno amoniacal aparentemente está relacionada con la presencia del calcio. Ha sido demostrado que un ambiente rico en amoniaco y pobre en calcio limita grandemente la habilidad de la planta para utilizar el nitrógeno amoniacal. Esto se debe a que el calcio actúa como un catalizador necesario en la absorción del nitrógeno a través del sistema radicular (16).

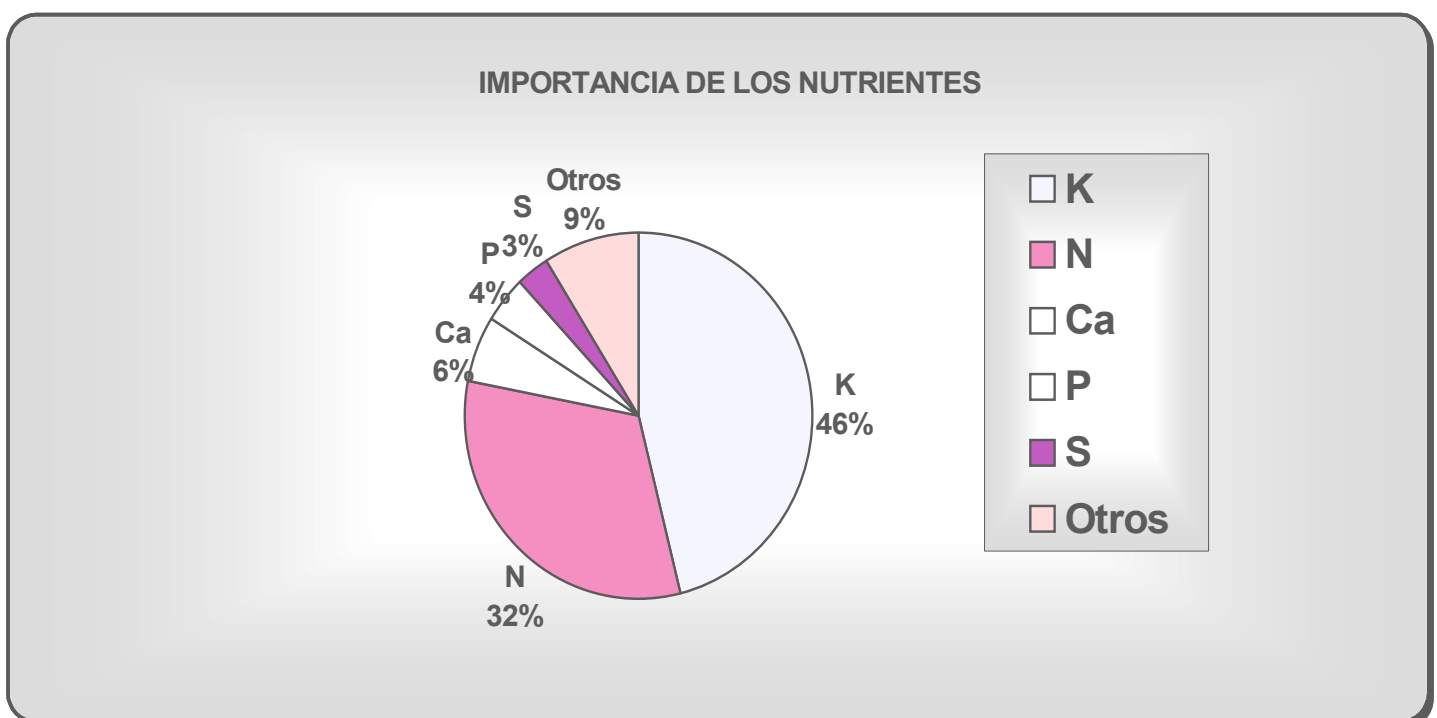
3.1.10 OTRAS FUNCIONES DEL CALCIO EN LA PLANTA

El manejo post-cosecha de productos perecederos como las frutas, vegetales y flores se ha constituido en el “break point” financiero de la Agroindustria Nacional. La comercialización de los productos perecederos en fresco desde Guatemala a países centroamericanos, norteamericanos y europeos enfrenta grandes retos como estrictas normas de calidad, larga distancias, periodos prolongados de almacenamientos, cambios de temperatura y humedad, lo que hace que se reduzca la calidad y vida en anaquel de los productos agrícolas. Para minimizar este impacto se han implementado mejores sistemas de transporte, métodos de almacenamiento, empaques especiales, entre otros, que minimicen el daño mecánico que reduzcan el metabolismo, el intercambio gaseoso y la liberación de etileno (10).

Una nueva herramienta en la batalla en el intercambio de gases es el manejo de la fertilización con énfasis en el calcio y potasio (como inhibidores de etileno) y azufre y nitrógeno como promotores de etileno. El calcio es un catión divalente absorbido principalmente por las raíces y que puede ser movilizado por las células del xilema, sin embargo la situación cambia en el floema debido a la poca capacidad de estas células para traslocar el calcio, el resultado de este cambio hace que los síntomas de deficiencia sean más pronunciados en los tejidos meristemáticos en crecimiento activo (como las yemas apicales y frutos) (10).

Estas zonas meristemáticas se encuentran en constante división celular y su demanda por calcio es alta para la formación de calmodulina, la lamela, los pectatos de calcio y las pectinas que son los constituyentes principales de las paredes celulares en el citoplasma. En el follaje las deficiencias se caracterizan por el amarillamiento y acoloramiento de las hojas jóvenes en la parte apical, en las frutas, por falta de consistencia de las mismas, senescencia y alta liberación de etileno lo cual reduce el periodo de almacenaje (16).

En los programas de fertilización modernos se le da mucho valor al calcio y se le considera como el tercer elemento en importancia en la producción (gráfica 2) (10).



Gráfica 2. Calcio, tercer elemento importante en la nutrición. Fuente. Revista de Agricultura (10).

El calcio juega un papel significativo en los hábitos tanto vegetativos como fructificación en la planta, controla también la cantidad de agua absorbida por los coloides de las células. El calcio actúa dentro de la planta como un filtro protector para nutrientes, que se escurren a través y dentro de la célula. Durante el crecimiento de la planta se producen productos secundarios de ácidos orgánicos y el calcio los neutraliza. Durante el período de crecimiento de las plantas, el calcio juega un papel indirectamente importante que es el de alternar la disponibilidad de ciertos elementos y prevenir la toxicidad de otros. La deficiencia de Calcio en la planta causa un aumento de la transpiración en relación a la fotosíntesis.

La presencia de cantidades normales de calcio en las hojas ayuda a la producción de azúcares, almidones y carbohidratos, que alimentaran los órganos reproductores. El calcio controla la transpiración de las hojas de la planta, pero si la planta está deficiente de calcio, su respiración será más rápida y quemara innecesariamente los azúcares, almidones y carbohidratos producidos por las hojas por fotosíntesis y éstos no podrán ser trasladados a los órganos reproductores y las hojas pequeñas de las terminales, y en éstas condiciones seguramente habrá deficiencia de calcio (10).

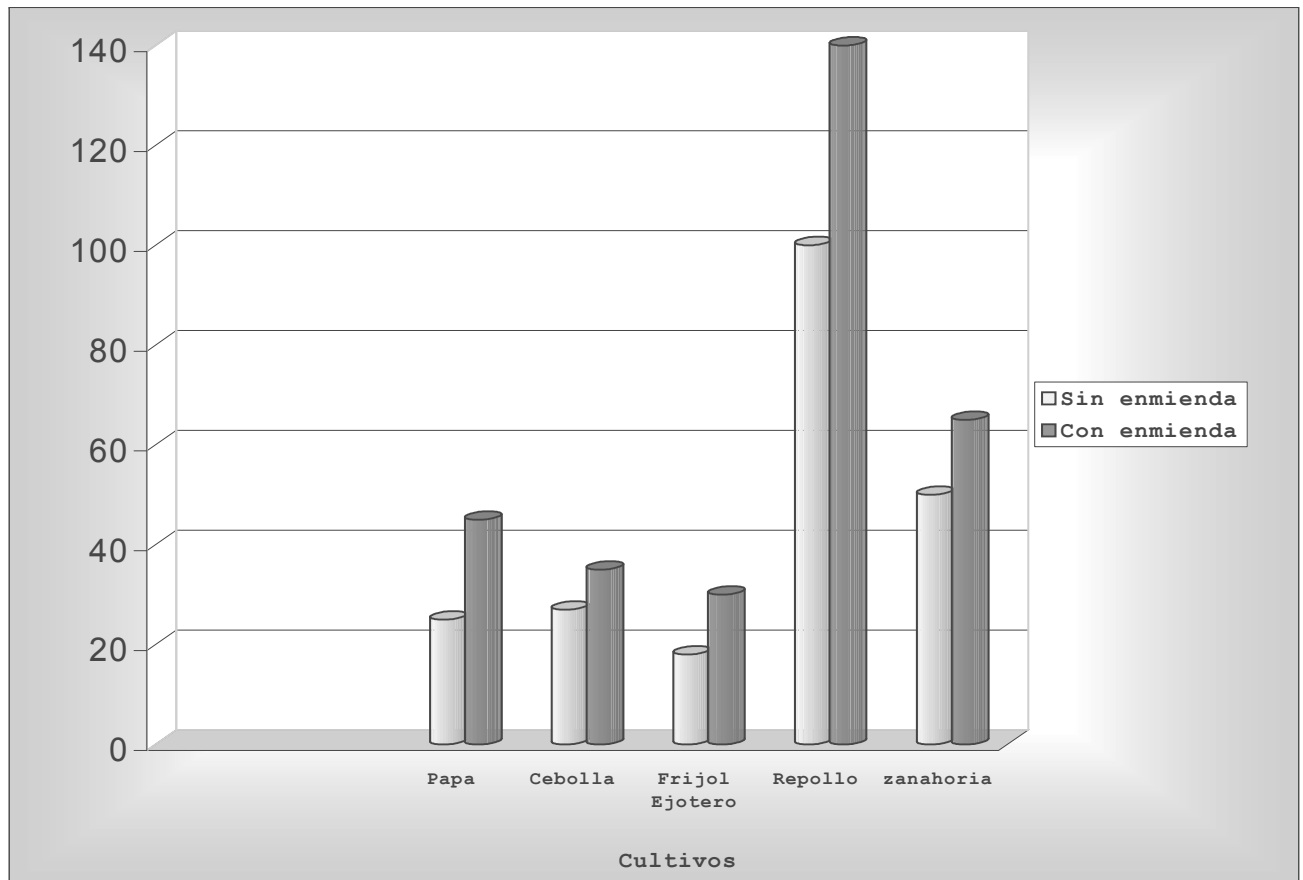
3.1.11 USO DE LA CAL AGRÍCOLA

Con el programa especial de seguridad alimentaria de FAO, en el Departamento de Sololá, se logró la incorporación de paquetes tecnológicos apropiados y de bajo costo especialmente en las comunidades de Oratorio y Chaquijyá en donde el 38% y el 50% de las familias tuvieron incremento en la producción de sus cultivos de papa, cebolla, zanahoria y ejote, esto se debió a la utilización de la cal agrícola para disminuir la acidez de los suelos y con esto se redujo el ataque de la hernia de la crucíferas (*Plasmidiophora brassicae*) y la calidad de los mismos especialmente en los cultivos de repollo, brócoli, coliflor, logrando rendimientos hasta 120 qq/ cuerda o sea equivalente a 76,364 kg/ha.

Los agricultores de la región han podido observar que con la aplicación de cal agrícola y un manejo integrado de plagas oportuno se logra incrementar los rendimientos en un 14–20% en papa, cebolla, frijol, repollo y zanahoria, además se ha obtenido mejores precios por la calidad de las cosechas.

En la gráfica 3 se presentan los rendimientos con y sin enmienda en los principales cultivos tradicionales especialmente las comunidades de Xibalbay, Oratorio y Chaquijyá en donde los rendimientos de la papa y frijol se han duplicado (fotos 1 y 2).

La cal agrícola que se utiliza, su función es neutralizar suelos fuertemente ácidos, y su capacidad para corregir ésta acidez debe ser de un mínimo de 104%, la calidad física o la granulometría es muy importante ya que una partícula muy grande reaccionará en forma lenta e incompleta, mientras que una partícula demasiado fina el efecto residual será muy corto, por lo tanto lo ideal es una combinación de partículas que le permitan un efecto rápido y duradero (cuadro 7) (12).



Gráfica 3. Rendimiento de cultivos tradicionales. Fuente: FAO, Sololá.

Cuadro 7. Características de los productos utilizados en la corrección de la acidez del suelo.

PRODUCTO	COMPOSICIÓN QUÍMICA	PODER DE NEUTRALIZACIÓN.
Cal agrícola o carbonato de calcio	CaCO_3	95 a 100%
Cal dolomítica o carbonato de calcio y magnesio	$\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$	95 a 108%
Cala viva u oxido de calcio	CaO	170%
Cal hidratada, cal apagada o hidróxido de calcio	Ca(OH)_2	135%
Yeso agrícola o sulfato de calcio	CaSO_4	0%
Mezclas	Variable	Variable

Fuente: IMERCA.

3.1.12 EL MAGNESIO

El magnesio es absorbido por la planta en su forma catiónica, ingresa en el interior de las células participando en distintas funciones y constituciones moleculares como son:

- a. Forma parte de las moléculas de la clorofila, moléculas que produce la síntesis de los hidratos de carbono a partir de la energía lumínica y el Bióxido de carbono de la atmósfera.
- b. Forma parte constituyente de los pectatos de las laminillas medias de las células, el magnesio es abundante en las semillas, tejidos meristemáticos y frutos.
- c. Entra en la constitución molecular de 15 enzimas del grupo de las sintetizadoras de polipéptidos, las trasfosforilasas y descarboxilasas.
- d. Interviene en las síntesis de los aceites vegetales.

El magnesio se encuentra en el suelo en forma catiónica compitiendo con el Potasio (K) y el manganeso (Mn), en ésta competición iónica cuando hay un exceso de potasio disminuye la absorción de magnesio, en cambio cuando existe un exceso de magnesio disminuye la absorción de manganeso (en elevadas concentraciones puede llegar a ser tóxico). La carencia de magnesio por problemas del suelo o por su cantidad insuficiente, produce los siguientes síntomas: Clorosis general en la planta principalmente en las hojas viejas por falta de clorofila, la clorosis es de tipo internerval en las hoja, provocando una defoliación intensa en la planta, los síntomas son mas notables después del período vegetativo (de intenso crecimiento) y generalmente después de intensas lluvias en suelos que son susceptibles de un gran lavado o lixiviado de sales. En suelos alcalinos, una gran concertación de magnesio puede llegar a ser toxica, pero la carencia de este elemento suele ser frecuente, de allí la importancia de su fertilización

3.1.13 EL BORO

El boro es un nutriente esencial en todas las etapas de crecimiento de la planta y en especial cuando se está formado el fruto, porque el Boro es el nutriente que transporta los productos de la fotosíntesis como azúcares, almidones y carbohidratos producidos en la hoja, hacia las flores y frutos. Sin cantidades adecuadas de boro, las plantas no pueden enviar suficiente alimento a los frutos, lo que provocará una purga. El boro también juega un papel muy importante en la fertilidad del polen; bajos niveles de Boro producen flores infértiles. Al contrario del nitrógeno, el boro no se transloca de las partes viejas de las plantas hacia las partes jóvenes, por lo tanto si el boro del suelo es escaso o no puede ser asimilado, las hojas nuevas y los frutos sufrirán esa deficiencia.

Por la poca movilidad del boro en la planta, es preferible que el total del boro a aplicar se divida en varias aplicaciones, de manera que la planta disponga de una adecuada cantidad de boro disponible todo el tiempo (17).

Las aplicaciones foliares de boro son más efectivas que las aplicaciones al suelo, debido a que el exceso de lluvia pueda lixiviar el boro fuera del alcance de las raíces, también puede intervenir en la química del suelo pudiendo en un momento aparecer como no asimilable (17).

Análisis foliares han demostrado que con aplicaciones de boro puedan reducirse las concentraciones excesivas de nitrógeno y por purga excesiva, debido a las lluvias o daños de insectos, lo que significa que la planta no tendrá un crecimiento vegetativo exuberante, sino que al traslocar mejor los alimentos podrá tener una mejor fructificación. Dosis pequeñas de boro cada ocho a quince días es lo indicado. Entre sus funciones está el controlar el movimiento de éstos azúcares y almidones de la hoja a la fruta. Tanto el calcio como el boro muestran sus deficiencias en la etapa de maduración de los frutos, principalmente como anomalías de la fruta, tales como la pudrición apical en los tomates, corazón vacío en apio y papa. El calcio y el boro son muy importantes juntos, pues el calcio ayuda a retener más azúcares y almidones al reducir la velocidad de respiración y el boro moviliza éstos azúcares y almidones de la hoja a la fruta (17).

Tanto el calcio como el boro son elementos no móviles y es más eficiente aplicar pequeñas dosis en forma repetida por vía foliar, que en una sola aplicación grande. En los tejidos una relación correcta es 200 partes de calcio por una parte de boro. La cantidad de boro a aplicar es mínima pero ésta actúa como un regulador de la relación potasio/calcio y es importante en la formación de proteínas en el tubérculo que se va a cosechar, ya que éstos son productos ricos en almidón y magnesio además de ser el principal constituyente de la clorofila ayuda a la translocación de los almidones, lo mismo sucede con el potasio, que participa en la formación y transferencia de almidón y azúcares (17).

3.1.14 LA FERTILIZACIÓN Y LAS ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS

Las interacciones entre los nutrientes y los factores bióticos (hongos, malas hierbas e insectos) en determinado momento pueden limitar el desarrollo de la planta presentado riesgo para operaciones del cultivo. Una fertilización excesiva puede llegar a producir mayor desarrollo vegetativo y condiciones ambientales propicias para ciertos agentes causales de enfermedades. El desequilibrio entre los nutrientes útiles a las plantas también puede ser causa de la incidencia y severidad de enfermedades.

Pueden reconocerse dos grandes causas de las enfermedades en las plantas: las carenciales por difusión orgánica y las parasíticas. Las plantas pueden, y esto sucede a menudo, presentar estados patológicos por carencia de elementos esenciales, reconocibles por síntomas típicos.

En el caso de enfermedades ocasionadas por agentes patógenos, como los hongos, bacterias y virus, al penetrar en la planta se tornan dependientes de ella. Cuando la infestación es muy intensa como en el caso de los hongos, la pura utilización de nutrientes por este es suficiente para matar a la planta (9).

Por lo general la planta atacada muere por acción de las toxinas que el patógeno expulsa en su interior. Los patógenos pueden penetrar la planta y no causar ningún daño debido a que su crecimiento puede ser limitado por la resistencia que la misma ejerce por el patógeno. Esta resistencia definida como la habilidad de la planta para prevenir, restringir o retardar el desarrollo de una enfermedad puede provenir a menudo de una inadecuada relación entre las características químicas de la planta y el patógeno, su estado de nutrición, la presión osmótica o el pH, pero mayormente tiene que ver con los factores de nutrición (9).

Las plantas bien fertilizadas producen nuevas raíces para reemplazar aquellas destruidas por los patógenos. El buen crecimiento de las raíces requiere niveles adecuados de todos los nutrientes especialmente de fósforo y potasio. Las enfermedades foliares pueden retardar el crecimiento de la raíz al reducir el flujo de la fotosíntesis. Los nutrientes pueden reducir la habilidad de los patógenos para causar enfermedades al inhibir el crecimiento, penetración o actividad enzimática. La sobrevivencia de los patógenos en el suelo puede ser profundamente afectada por la adición de fertilizante y cal. Estos pueden modificar el ambiente físico y químico, así como afectar la disponibilidad de sustratos. En algunos casos, como en la cal o diferentes fuentes de Nitrógeno, el cambio de pH afecta el crecimiento de los patógenos que habitan en el suelo. Aun cuando pocas enfermedades pueden ser totalmente eliminadas por un fertilizante, la severidad de la mayoría de las mismas se ve reducida por medio de una adecuada nutrición. La nutrición mineral balanceada promueve el control químico, biológico y genético de los patógenos de los cultivos (14).

Las enfermedades causadas por hongos atacan las partes aéreas de la planta, hojas, ramas, tallo y también los órganos subterráneos, ó sean las raíces y los tubérculos, ese es el caso del tizón tardío (*Phytophthora infestans*), cuando las condiciones climáticas son muy favorables a su desarrollo. Otros atacan solamente los tubérculos, como acontece con varios hongos del suelo y otras prosperan en el follaje como el Oidium y la roya. Los virus y las bacterias que causan enfermedades en la papa, generalmente invaden toda la planta. Los nemátodos conocidos en este cultivo solo atacan los órganos subterráneos.

En general, las mayores pérdidas son causadas por enfermedades fungosas del follaje, pero en algunas áreas, las que atacan la base del tallo, las raíces y los tubérculos se han convertido en problemas más graves (cuadro 8).

Cuadro 8. Plagas y Enfermedades de la papa.

AFECCIÓN	NOMBRE COMÚN	AGENTE CAUSAL	PARTE AFECTADA	TRATAMIENTO
ENFERMEDADES FÚNGICAS	Mildiú	<i>Phytophthora infestans</i>	Hojas, tubérculos	Var. Resistentes, Captán, propineb, caldo bordelés
	Negrón de la papa	<i>Alternaria solani</i>	Hojas	Var. Resistentes, Captán, zineb, caldo bordelés.
	Fusariosis	<i>Fusarium solani</i>	Tubérculos	Cuidados en cosecha y almacenamiento, caldo bordelés
	Sarna Ordinaria	<i>Actinomyces scabies</i>	Tubérculos	Var. Resistentes, caldo bordelés
	Sarna verrugosa	<i>Synchytrium endobioticum</i>	Tubérculos	Var. Resistentes, caldo bordelés
	Sarna pulverulenta	<i>Spongospora subterranea</i>	Tubérculos	Var. Resistentes, caldo bordelés
	Viruela de la papa	<i>Rhizoctonia solani</i>	Parte aérea, tubérculos	Rotaciones, desinfección de los tubérculos
ENFERMEDADES BACTERIANAS	Podredumbre húmeda	<i>Bacillus phytophthorus</i>	Tubérculos	Buen drenaje, rotación de cultivos
	Podredumbre anular	<i>Corynebacterium sepedonicum</i>	Tubérculos	Buen drenaje, rotación de cultivos
	Podredumbre parda	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Tubérculos	Buen drenaje, rotación de cultivos
	Gangrena del tallo	<i>Erwinia carotovora</i>	Base del tallo	Buen drenaje, rotación de cultivos
ENFERMEDADES VÍRICAS	Las causadas por los virus del enrollado, Aucuba, XAX,+AYX+YS y M		Hojas, toda la planta	Uso de semillas libres de virus, var. resistentes

Fuente: Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería (11).

Continuación del cuadro 8.

PLAGAS INSECTOS NEMATODOS ASOCIADOS LA PAPA	DE Y A	Escarabajo de la papa	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	Hojas	Triclorfón, carbaril, clorfenvifós, fenvalerato, decametrina,
		Polillas de la papa	<i>Phthorimaea operculella</i>	Tubérculos	Desinfección de los almacenes
		Tostón	<i>Liriomyza</i> sp.	Hojas	Insecticidas sistémicos
		Nocheros	<i>Copitarsia consueta</i>	Hojas, tallos y ramas	Insecticidas de contacto
		Nematodos	<i>Globodera</i> sp., entre otros	Raíz	Productos microgranulados

Fuente: Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería (11).

3.1.15 EL TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*) Y SUS CONDICIONES ECOLÓGICAS

También recibe varios nombres vernáculos que varían de país a país y aún de región a región dentro de un mismo país. Los más conocidos en América latina son: gota, gotera, lancha, hilo fungoso. Esta enfermedad es sin lugar a dudas, la que causa mayores pérdidas en el mundo entero en papa y tomate. Se presenta siempre cuando hay condiciones climáticas propicias para el desarrollo del hongo como son lluvias frecuentes, alta humedad relativa (90 a 100%) o rocío abundante.

La temperatura juega también un papel decisivo, pues las esporas (esporangios) que tienen forma globosa similar a un limón, solo se desarrollan entre 9 a 25°C. Aproximadamente bajo condiciones ideales de humedad.

Un ataque fuerte de tizón tardío puede matar un cultivo completo en cuestión de días, pues el proceso de reproducción es muy rápido cuando existen los factores ambientales favorables para el desarrollo y difusión del hongo en el cultivo. La enfermedad se propaga cuando las condiciones favorables se presentan cuando en un término de 10 días el total de lluvias alcanza 27mm o más. La temperatura ideal para la producción de los esporangios está comprendida entre 15° y 18° C o si durante 7 días el promedio de temperatura es de 25°C o menos. La aparición de esporangios sobre los tejidos infectados se da cuando la humedad relativa es de 91 a 100%. Bajos condiciones ideales, las esporas con producidas en un término de 14 horas (4).

3.1.16 CICLO DE VIDA DEL TIZÓN TARDÍO

La forma en que éste hongo sobrevive de un año a otro a dado lugar a numerosas explicaciones. Se han enunciado varias teorías, pero la más aceptada es la que indica que *P. infestans* puede pasar de un año a otro en el tubérculo (figura 1) (15).

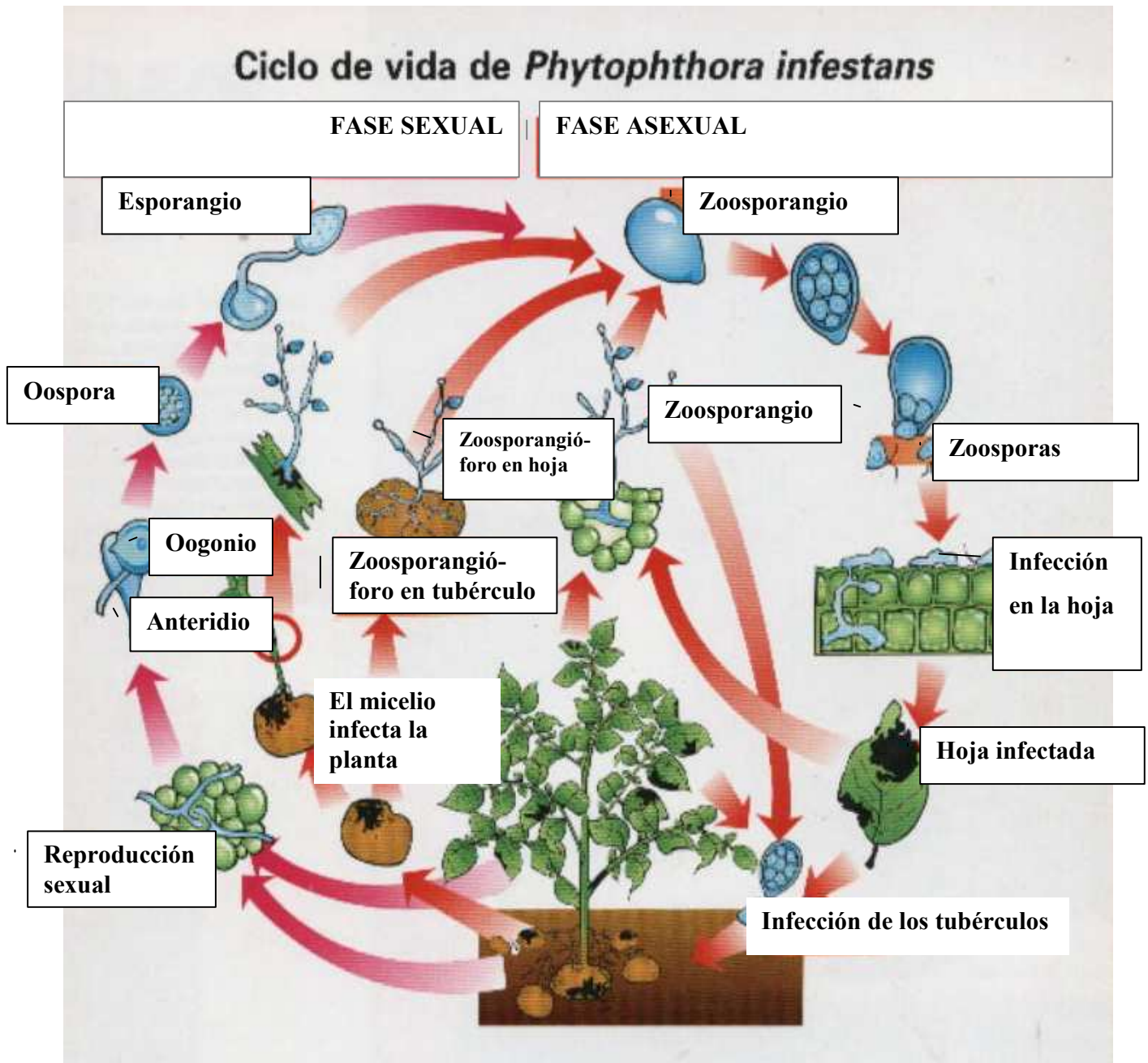


Figura 1. Ciclo de vida de *Phytophthora infestans*. Fuente: Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería (11).

En México se han encontrado esporas, donde existen ambos tipos compatibles de apareamiento. Las hojas que tocan el suelo son las primeras en infectarse, lo que sugiere que las zoosporas probablemente juegan un rol en la supervivencia de *P. infestans* bajo condiciones adversas (1). La hibernación de *P. infestans* se hace en forma de micelio ya sean en los tubérculos de plantas voluntarias, en los tubérculos desechados o en los almacenes para semilla.

Después que la planta emerge, el hongo invade algunos de los brotes en desarrollo y esporula, siempre que las condiciones sean favorables produciéndose así un inóculo primario. Una vez realizada la infección primaria, la diseminación se realiza por medio de los esporangios que son transportados por el agua y por el viento. Cuando en un campo se cultiva papa por primera vez, la infección generalmente va en la misma semilla. Por esto es importante el uso de semillas sanas, que no muestren síntomas. De la pudrición causada por *Phytophthora* u otros hongos y el tratamiento preventivo de la semilla antes de la siembra, para eliminar las esporas que puedan ir adheridas a la superficie del tubérculo. Esta práctica es indispensable cuando se usan semillas partidas y muy recomendables cuando son enteras, en especial cuando la semilla no está en óptimas condiciones de sanidad o algunos brotes están tan desarrollados que se desprenden en el proceso de la siembra (1).

La caída de los brotes origina heridas que son la puerta de entrada de muchos microorganismos que pueden impedir la germinación o reducir el número de brotes y su vigor, con las consiguientes pérdidas en la producción. Las esporas producidas en el follaje de la papa son arrastradas por la lluvia o el riego por aspersión y llevadas hasta los tubérculos en formación o ya formados, provocando pudriciones en ellos si las condiciones climáticas son favorables. En términos generales, los ataques del *P. infestans* se inician por las hojas, desde que las plantas están pequeñas si hay inóculo y condiciones climáticas favorables al desarrollo del hongo. Cuando no se controla en forma adecuada la enfermedad y dichas condiciones de humedad y temperatura persisten, el hongo puede atacar también los tallos de la planta, invadiéndola completamente (1).

3.1.17 MANEJO DEL TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans*)

El daño de esta enfermedad puede reducirse significativamente si se utilizan variedades resistentes o tolerantes a la misma. Si se utilizan variedades con cierto grado de tolerancia, lo ideal es hacer monitoreos de la plantación en épocas de mucha lluvia. Esto se hace por medio de muestreos al azar con caminamientos en sig-sag a lo largo y ancho del área sembrada. Si el 80 por ciento de las plantas muestreadas tienen al menos una mancha pequeña de tizón en una hoja, lo recomendable es hacer una aplicación de un fungicida de contacto. Cuando se siembra una variedad susceptible a la enfermedad, lo mejor es hacer una rotación adecuada de fungicidas sistémicos con fungicidas de contacto. Se recomienda

intercalar el uso de fungicidas sistémicos con los de contacto. Por ejemplo, un programa de control, cuando las condiciones de lluvia no son extremas, puede consistir en hacer la primera aplicación con un sistémico a los 20 o 25 días de la siembra. Luego esperar 15 días y posteriormente intercalar tres aplicaciones de fungicidas de contacto los cuales serán espaciados por cinco días. Al finalizar el efecto de la última aplicación de fungicidas de contacto se inicia nuevamente el ciclo con la aplicación de un fungicida sistémico. El efecto de un sistémico dura aproximadamente 15 días, mientras que el de los fungicidas de contacto dura aproximadamente una semana (si las condiciones de precipitación no son extremas). No es recomendable hacer más de dos aplicaciones de un mismo insecticida sistémico en un ciclo de cultivo, debido a que el hongo puede llegar a desarrollar resistencia.

Cuando las condiciones de humedad ambiental son extremas (épocas de temporal, y la variedad que se siembra es susceptible, por ejemplo Loman o Atlantic deben aplicarse fungicidas sistémicos. Las aplicaciones deberán hacerse cada cuatro o cinco días, hasta que las condiciones de alta humedad cambien (1, 8, 9).

En el caso del manejo de postcosecha. Después de la cosecha los tubérculos deben dejarse extendidos en el suelo expuestos al sol por un periodo de 2 horas para que se aireen y se sequen bien, lo que ayuda a terminar de suberizar la piel del tubérculo, lo cual al frotarse con las manos no debe desprenderse, esto contribuye a evitar daños durante la manipulación, transporte y almacenamiento, también facilita el desprendimiento de la tierra adherida. Selección Los tubérculos que van a almacenarse deben presentar en su totalidad un buen estado sanitario, deberán llegar limpios al almacén para el tratamiento que se efectúe sea efectivo al estar directamente en contacto con la piel de los tubérculos; dentro de esto se realiza la labor de clasificación (eliminación de los tubérculos enfermos y cuerpos extraños). La selección puede hacerse a mano, en forma mecánica o en forma mixta (1, 8, 9).

3.1.18 LA FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPA

El cultivo de la Papa es uno de los que demanda una gran cantidad de nutrientes, por eso es importante conocer lo que extrae del suelo/mz: a) 140 Kg de Nitrógeno (N_2), b) 35 Kg de Fósforo (P_2) y c) 140 Kg. de Potasio (K). Por otro lado, los requerimientos nutricionales de la papa/mz son: a) 40 kg de Nitrógeno, b) 50 kg de Fósforo y c) 200 kg de Potasio.

El programa de fertilización sugerido contempla; al momento de preparar el suelo se recomienda hacer una aplicación de materia orgánica y se puede usar 140 qq de estiércol seco y/o gallinaza/mz. Al momento de la siembra, la aplicación de 3 qq de 18-46-0/mz.

A los 15 días después de la siembra: aplicar 3.5 qq de nitrato de amonio más 2.5 qq de cal/mz. A los 30 días después de la siembra: aplicar 2.5 qq de Urea más 2.5 qq de cal/mz. A los 45 días: aplicar 3.5 qq de nitrato de amonio más 2.5 qq de cal/mz.

En el caso de las fertilizaciones. A los 15 días después de la siembra se debe iniciar cada 10 ó 15 días el programa de fertilización foliar haciendo énfasis en la deficiencia de Manganeseo (2, 7, 13, 14)

3.1.18 LA FERTILIZACIÓN FOLIAR Y EL TIZÓN TARDÍO

Dentro de los factores externos que afectan la resistencia al tizón tardío se menciona que las lluvias en las zonas donde éstas son intensas, no debe abusarse de los abonos foliares tipo nitrogenados, pues debilita a la planta de papa y la hace susceptibles al tizón, en todo caso en el momento de la siembra, se sugiere agregar 1 o 2 qq de fósforo/ha, para darle más dureza a las hojas y tallos, así la enfermedad afectará al cultivo más lentamente. En suelos arenosos se deben aplicar nitratos y en suelos arcillosos urea, para una mayor utilización y absorción por parte de la planta.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la zona papera en el municipio de Sololá en el departamento de Sololá. Que se compone por 329 manzanas sembradas (230.3 hectáreas) en 864 fincas o terrenos registrados según el 4^{to} censo agropecuario con una producción anual de 76,693 quintales (1,687.42 kg)

3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El experimento se llevó acabo en el terreno del señor Miguel Chiroy localizado geográficamente en la coordenadas 14° 45' 58.4" latitud norte y 91° 11'10.3" longitud oeste, ubicado cerca de la Escuela Tipo Federación del departamento de Sololá.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Generar información básica sobre la fertilización tradicional más la aplicación de calcio, magnesio y boro en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en la zona papera del municipio y departamento de Sololá.

4.2 ÚNICO OBJETIVO ESPECÍFICO

Comparar el programa de fertilización tradicional que los agricultores del lugar emplean con el programa de fertilización que involucra la incorporación de calcio y magnesio al suelo más aplicaciones foliares a base de calcio y boro sobre el rendimiento y calidad de papa.

5. METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo planteado se prepararon dos parcelas de 200 metros cuadrados, las que se sembraron con papa y se llevaron acabo todas las prácticas culturales comunes para el cultivo en la zona, el control tradicional de las malezas (hierbas no deseables), así como el control respectivo de plagas y enfermedades. En relación con la fertilización en la primera parcelas solo se fertilizó con el método que el agricultor a adoptado que es solo la aplicación de fertilizantes granulados aplicados al suelo mientras que en la segunda parcela se aplicaron las mismas dosis de fertilizante granulado aplicado al suelos, también se realizaron enmiendas de cal agrícola y aplicaciones foliares de calcio, magnesio y boro.

5.1 IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada una de las parcelas fue identificada con códigos “A”o “B”. Siendo A, la parcela del agricultor y B, la parcela con enmiendas y aplicaciones de calcio, magnesio y boro.

5.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Los suelos de ambas parcelas fueron preparados antes de la siembra a una profundidad de 0.40 m quedando el suelo mullido. En la parcela “B” se aplicó cal agrícola, como enmienda del suelo una cantidad de 9.09 kg equivalentes a 454.50 kg/ha.

5.3 SIEMBRA

La siembra se realizó en forma directa, con los tubérculos enteros de papa, debido al tamaño pequeño de la semilla y de la variedad. La distancia entre surcos fue de 0.80 m y entre plantas de 0.30 m.

5.4 FERTILIZACIÓN

En la parcela “A” con el método tradicional se aplicaron 18.87 kg de 15-15-15 al momento de la siembra, equivalente a 943.50 kg/ha. En la parcela “B” además de 15-15-15, cal agrícola y aplicaciones foliares de calcio y boro cada 8 días desde la germinación hasta 25 días antes de la cosecha, a una dosis de 100 cc/bomba de 4 galones.

5.5 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

En ambas parcelas, al momento de la siembra se aplicó 58.17 kg/ha en forma granulada de Namacur (Fenamifós) y Mocap (Etoprofós) para el control de nemátodos y plagas del suelo, para enfermedades se aplicó Ridomil (Mancozeb + Metalaxil) 2.60 kg/ha alternando con Previcur (Propamocarb) y Curzate (Cimoxanilo).

5.6 DEFOLIACIÓN

Ésta práctica se realizó en ambas parcelas a los 20 días antes de la cosecha.

5.7 COSECHA

Para efectos de la evaluación y comparación de las parcelas, se cosechó totalmente el área de cultivada de ambas parcelas.

5.8 VARIABLES EVALUADAS

Se tomó en cuenta el largo de los tubérculos y diámetro de los mismos para definir la calidad de la producción (1ª, 2ª y 3ª). En cuanto al rendimiento del cultivo se pesó la cosecha total de cada una de las parcelas. También se tomó en cuenta el precio en Quetzales de cada una de las calidades obtenidas en cada parcela.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos en kilogramos obtenidos en ambas parcelas estuvieron en el rango 40 y 750 kg/parcela (cuadros 9, 10 y 11).

Cuadro 9. Rendimiento e ingreso total de la parcela "A"- la del agricultor. Sololá 2005.

CALIDAD	RENDIMIENTO (Kgs)	PRECIO (Q/kg)	TOTAL
Papa de 1ª Calidad	200.89	1.76	Q. 353.57
Papa de 2ª Calidad	112.72	0.55	Q. 62.00
Papa de 3ª Calidad	64.54	0.22	Q. 14.20
TOTAL	378.15 Kg.		Q. 429.77

Cuadro 10. Rendimiento e ingreso total de la parcela “B” – parcela con enmiendas. Sololá 2005

CALIDAD	RENDIMIENTO (Kgs)	PRECIO (Q/ kg)	TOTAL
Papa de 1ª Calidad	740.38	1.76	Q. 1,303.06
Papa de 2ª Calidad	48.17	0.55	Q. 26.49
TOTAL	789.01		Q. 1,330.55

Cuadro 11. Comparación entre las parcelas “A y “B”

PARCELAS	RENDIMIENTO (Kgs)	PRECIO TOTAL	NIVELES DE CALIDAD
A	378.15	Q.429.77	1,2,3
B	789.01	Q. 1,330.55	1,2

Se pudo determinar que el rendimiento de la parcela “B” donde se usó la fertilización con las enmiendas de calcio, magnesio y boro tuvieron un incremento en el rendimiento de 47.92% y en cuanto al ingreso bruto significó un incremento del 32.30%

La parcela “A” del agricultor en la que se empleó un programa tradicional a base de Triple 15 aplicada en forma granulada al suelo, registró un rendimiento de 378.15 kilogramos por parcela que es rendimiento equivalente de 18,907.5 Kg./ha reportando tres tipo de calidades (primera, segunda y tercera). Mientras que en la parcela “B”, con enmiendas al suelo más aplicaciones foliares registró un rendimiento de 789.01 kilogramo por parcela, equivalentes a 39,450.5 kg/ha, únicamente se obtuvieron dos calidades de papa. En síntesis, con las enmiendas al suelo en dicha localidad se incrementó el rendimiento en un 133%, además se mejoró la calidad del llenado del tubérculo de la papa, lo que indica que también hay un incremento en el ingreso bruto en monetario, dichas observaciones probablemente corresponden en cierta forma como consecuencia de las aplicaciones foliares de calcio, magnesio y boro. Sin embargo no se determinó con certeza cual de los 3 elementos fue el que tuvo mayor influencia sobre el rendimiento y calidad del tubérculo, de acuerdo a otros trabajos realizados con estos mismos objetivos en otras áreas con el mismo cultivo y otras hortalizas se cree que el calcio incide en el incremento del rendimiento y calidad de los cultivos (2).

8. CONCLUSIONES

1. La producción de papa empleando la variedad Loman incrementó su producción en 133% (39,450.5 kg/ha) adicionándole cal agrícola (454.5 kg/ha) y fertilizaciones foliares de calcio, magnesio y boro en dosis de 100 cc/bomba de 4 galones, con frecuencia de 1 vez por semana hasta los 25 días antes de la cosecha, que la producción tradicional del agricultor con sólo la aplicación de triple 15 (943.5 kg/ha) que registró un rendimiento de 18,907.5 kg/ha.

9. RECOMENDACIONES

Para lugares con las condiciones similares de clima y suelos se recomienda hacer aplicaciones de cal agrícola (35.5% calcio y 15% magnesio) a razón de 454 kilogramos por hectárea y 20 a 25 litros de calcio-boro por hectárea en cinco aplicaciones durante el ciclo fenológico del cultivo.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Amex, T. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Lima; Perú; Centro Internacional de la Papa. p. 56-60
2. Astorga A. 2000. Lo nuevo en la fertilización de la papa. Revista Agricultura no. 34: P.36-37.
3. Bayer, DE 1989. El cultivo de la papa en Perú. Correo Fitosanitario 1/89:1-5.
4. Calí Balá, EA. 1986. Evaluación del control químico del tizón tardío (Phytophthora infestans De Bary) en papa (Solanum tuberosum) en dos localidades del departamento de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 65 p.
5. Cásseres, E. 1981. Producción de hortalizas. San José, Costa Rica, IICA. 387 p.
6. Gudiel, VM. 1980. Manual agrícola Superb. 5 ed. Guatemala, Productos Superb. 289 p.
7. Henkes R. 1970. Fertilización foliar en gran escala. Revista Agricultura de las Américas 45(2):10-15.
8. ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT). 1980. Producción de semilla mejorada. Guatemala. 70 p.
9. Jaramillo, A. 1989. La papa control de sus enfermedades y plagas en América Latina. Guatemala, Rohm and Haas. 65 p.
10. Macz, OE. 2000. La importancia del calcio en el manejo poscosecha. Revista Agricultura no. 31:21-23.
11. Océano, MX. 2002. Enciclopedia práctica de la agricultura y ganadería. México. p. 518-523.
12. Orellana Girón, LV. 1999. Corrección de la acidez del suelo. Revista Agricultura no. 16:51-53.
13. Orellana L, LF. 2002. El empleo de fertilizantes resulta de gran ayuda cuando los suelos no puedan proporcionar suficientes cantidades de nutrientes para el buen desarrollo de las plantas. Revista Agricultura no. 51:16-18.

14. _____. 2003. Nutrición balanceada. Revista Agricultura no. 58:17-18.
15. Sarasola, A; Rocca de Sarasola, M. 1973. Fitopatología general. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur, v.1, p. 135-322; v.2, p. 183-202.
16. Stoller, AJ; Wiltse, M. 1989. Calcium: the elusive nutriend. Informador Agrícola Stoller: suplemento 1(2):1-2.
17. _____, 1989. Importancia de la fertilización completa y balanceada. Informador Agrícola Stoller: suplemento 2(2):2-2.

11. ANEXOS



FOTO 1. APLICACIÓN DE CAL AGRICOLA AL SUELO

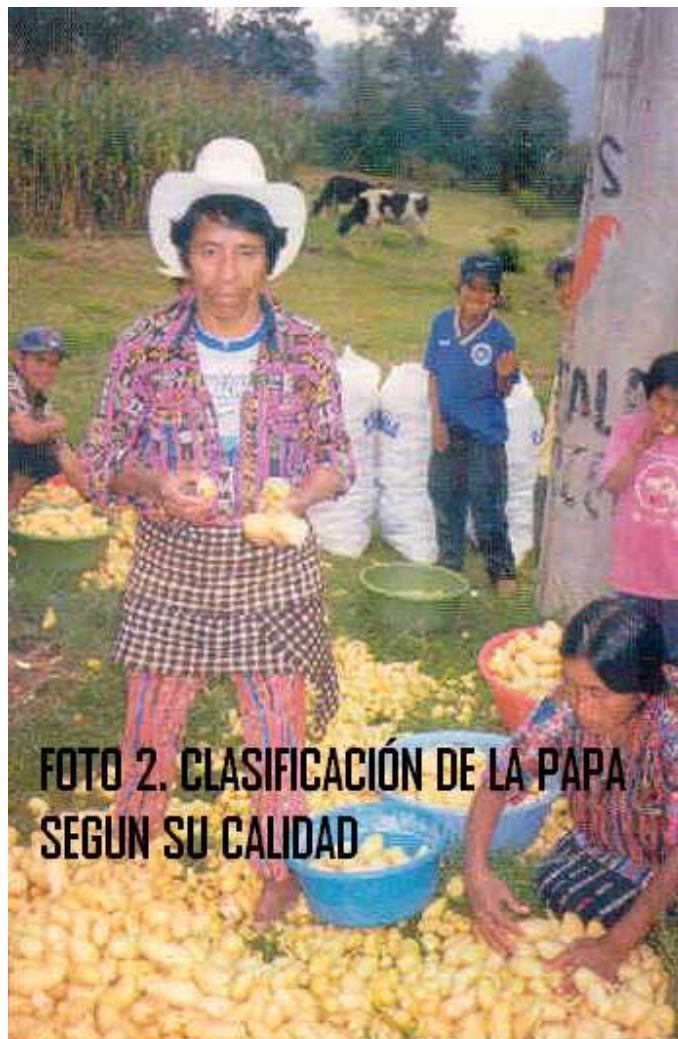


FOTO 2. CLASIFICACIÓN DE LA PAPA SEGUN SU CALIDAD



FOTO 5. PLATICA A PRODUCTORES DE PAPA SOBRE LA IMPORTANCIA DEL CALCIO Y BORO EN EL CULTIVO DE LA PAPA.

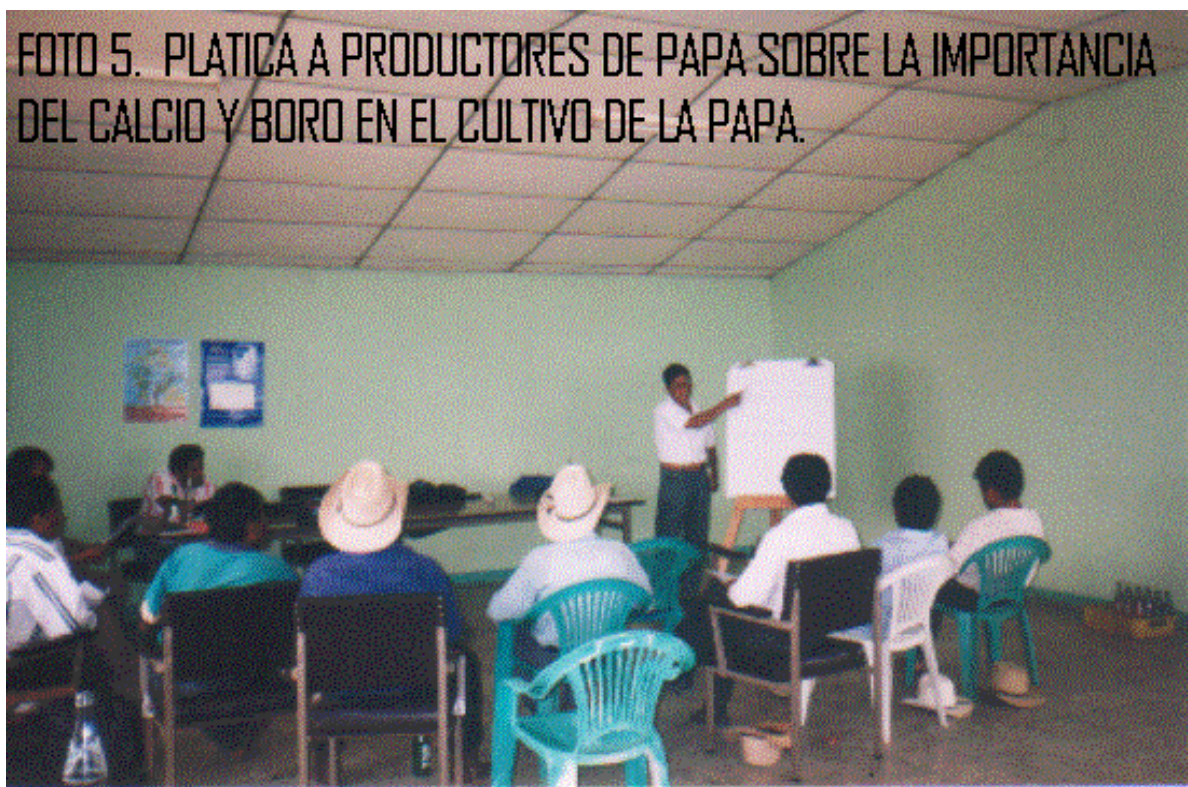


FOTO 6. PROMOCIÓN DE LOS FERTILIZANTES FOLIARES

FOTO 7. COSECHA DE LA PARCELA CON APLICACIÓN GRANULADA MAS FOLIAR

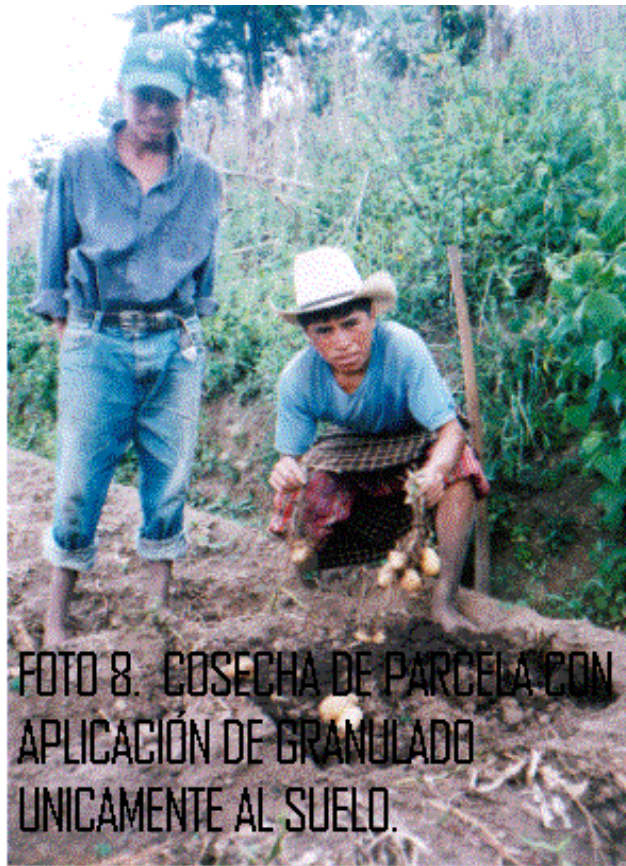


FOTO 8. COSECHA DE PARCELA CON APLICACIÓN DE GRANULADO UNICAMENTE AL SUELO.

