

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**MANEJO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Var. *Italica*) EN LA
EMPRESA ALIMENTOS CONGELADOS, S.A. (ALCOSA) EN EL DEPARTAMENTO
JALAPA, GUATEMALA DE AGOSTO DE 2004 A MAYO DE 2005**

ROSENDO DE JESÚS FERNÁNDEZ RIVERA

Guatemala, noviembre de 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
MANEJO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Var. *Italica*) EN LA
EMPRESA ALIMENTOS CONGELADOS, S.A. (ALCOSA) EN EL DEPARTAMENTO
JALAPA, GUATEMALA DE AGOSTO DE 2004 A MAYO DE 2005**

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

POR

ROSENDO DE JESÚS FERNÁNDEZ RIVERA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, noviembre de 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR MAGNÍFICO

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr.	Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	Br.	Mirna Regina Valiente
VOCAL QUINTO	Br.	Nery Boanerges Guzmán Aquino
SECRETARIO	Ing. Agr.	Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, noviembre de 2007

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

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Graduación

**MANEJO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Var. Italica) EN LA
EMPRESA ALIMENTOS CONGELADOS, S.A. (ALCOSA) EN EL DEPARTAMENTO
JALAPA, GUATEMALA DE AGOSTO DE 2004 A MAYO DE 2005**

Como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



ROSENDO DE JESÚS FERNÁNDEZ RIVERA

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Porque sin él, ni las hojas de los árboles se mueven, si no es por su poder.

MI PADRE Y MADRE:

Rosendo Fernández Sánchez, Erubia Carlota Rivera García, por darme la vida y facilitarme mis estudios como herencia en esta vida fugaz.

AGRADECIMIENTOS

A:

Los Ingenieros Agrónomos asesores: **Constantino Reyes Fuentes y Gustavo Álvarez Valenzuela**, por el apoyo para la realización del presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN GENERAL	vii
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI, EN EL DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, 2004	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Ubicación de las comunidades	3
1.2.2 Condiciones climáticas	3
1.2.3 Suelos del lugar	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 General	4
1.3.2 Específicos	4
1.4 METODOLOGÍA	5
1.4.1 Fase de reconocimiento	5
1.4.2 Fase de recopilación de la información	5
1.4.3 Fase de análisis de la información	5
1.5 RESULTADOS	6
1.5.1 Estructura administrativa de la empresa Alimentos Congelados, S.A. –ALCOSA–	6
1.5.2 Zona central, sede Mataquescuintla	6
1.5.3 Comunidades productoras de brócoli	6
1.5.4 Manejo del cultivo de brócoli	7
A. Cultivares	7
B. Convenio de producción entre productores y ALCOSA	7
C. Siembra y fertilización	8
D. Manejo fitosanitario	8
E. Cosecha	9
1.5.5 Control de calidad	9
1.5.6 Análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas	10
1.5.7 Priorización de problemas	11
1.6 CONCLUSIONES	12
1.7 BIBLIOGRAFÍA	13

CAPÍTULO II:	EFFECTO DEL ENCALADO EN DIFERENTES PERÍODOS PREVIO A LA SIEMBRA DEL BRÓCOLI, PARA EL CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCÍFERAS (<i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin) EN BRÓCOLI (<i>Brassica oleracea</i> Var. <i>Italica</i>), EN LA ALDEA EL ASTILLERO, JALAPA, JALAPA	15
2.1	PRESENTACIÓN	16
2.1	MARCO CONCEPTUAL	17
2.2.1	EL CULTIVO DEL BRÓCOLI	17
A.	Importancia económica	17
B.	Requerimientos climáticos y edáficos	17
C.	Generalidades botánicas	18
2.2.2	HERNIA DE LAS COLES	18
A.	Clasificación taxonómica	18
B.	Importancia de la enfermedad	19
C.	Sintomatología	19
D.	Desarrollo del patógeno	20
E.	Desarrollo de la enfermedad	22
F.	Condiciones favorables para el desarrollo del patógeno	22
2.2.3	pH DEL SUELO	22
A.	Definición química del pH del suelo	23
B.	Significado práctico de la expresión logarítmica	24
C.	Interacción del pH con elementos de la solución del suelo	24
a.	Interacción de nutrientes en suelos ácidos	24
D.	Acción biológica del pH del suelo	25
2.2.4	ORIGEN DE LA ACIDEZ DEL SUELO	25
2.2.5	ENCALADO DEL SUELO	26
2.2.6	COMO LA CAL REDUCE LA ACIDEZ DEL SUELO	27
2.2.7	ÉPOCA Y FRECUENCIA DE LAS APLICACIONES DE CAL	28
A.	Textura del suelo	28
B.	Dosis de nitrógeno utilizadas	28
C.	Cantidad de bases removidas por los cultivos	28
D.	Cantidad de cal aplicada	29
E.	Rango de pH deseado	29
2.2.8	MATERIALES DE ENCALADO	29
A.	Calcita (CaCO_3) y Dolomita ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$)	29
B.	Óxido de Calcio (CaO)	30
C.	Hidróxido de Calcio ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$)	30
2.2.9	Investigaciones afines	30
2.3	OBJETIVOS	32
2.3.1	GENERAL	32
2.3.2	ESPECÍFICOS	32
2.4	METODOLOGÍA	33
2.4.1	SELECCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL	33
2.4.2	ACTIVIDADES BASE PARA LA FORMULACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	33

A.	Muestreo y análisis del suelo del área experimental	34
B.	Determinación de la cantidad de cal necesaria para llevar el pH de 5.1 a 7.2	35
2.4.3	TRATAMIENTOS EVALUADOS	36
A.	Diseño experimental y modelo estadístico	37
B.	Unidad experimental	37
C.	Distribución de los tratamientos en el campo	38
2.4.4	VARIABLE DE RESPUESTA	38
6.4.1	Porcentaje de incidencia de <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin	38
6.4.2	Rendimiento en kilogramos por hectárea	38
6.4.3	Número de floretes por hectárea	39
2.4.5	MANEJO DEL EXPERIMENTO	39
A.	Preparación del terreno	39
B.	Trazo de las unidades experimentales	39
C.	Aplicación de los tratamientos	39
D.	Siembra	40
E.	Fertilización	40
F.	Riego	40
G.	Control de malezas	41
H.	Control de plagas y enfermedades	41
I.	Cosecha	41
2.4.6	ANÁLISIS DE REGRESIÓN	41
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
2.5.1	INCIDENCIA DE LA HERNIA DE LAS CRUCÍFERAS	42
2.5.2	RENDIMIENTO DE BRÓCOLI EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA	46
A.	Rendimiento actual versus rendimiento de años anteriores	47
B.	Rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea según la incidencia del patógeno	48
2.5.3	NÚMERO DE FLORETES POR HECTÁREA	48
2.5.4	ANÁLISIS ECONÓMICO	50
2.6	CONCLUSIONES	52
2.7	RECOMENDACIONES	52
2.8	BIBLIOGRAFÍA	53

CAPÍTULO III:	INFORME DE SERVICIOS	55
3.1	INTRODUCCIÓN	56
3.2	CAPACITACIÓN A LOS AGRICULTORES EN LOS CULTIVOS DE BRÓCOLI Y PAPA.....	57
3.2.1	OBJETIVOS	57
	A. General	57
	B. Específicos	57
3.2.2	METODOLOGÍA	57
	A. Capacitación en el cultivo de brócoli	57
	a. Primera fase: charlas expositivas	57
	b. Segunda fase: capacitación en campos de cultivo	60
	B. Toma de muestras de suelo e interpretación de resultados de laboratorio	60
	C. Capacitación en el cultivo de papa	61
3.2.3	RESULTADOS	62
	A. Capacitación en el cultivo de brócoli	62
	B. Capacitación en toma de muestras de suelo con fines de fertilidad	63
	C. Capacitación en el cultivo de papa	64
3.2.4	EVALUACIÓN	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Características físicas de una planta típica infectada por el patógeno <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin.	25
Figura 2.	Características físicas de las raíces de una planta de brócoli infestadas por el patógeno <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin	26
Figura 3.	Ciclo de vida de <i>Plasmodiophora brassicae</i> Woronin	27
Figura 4.	Definición química del pH del suelo	29
Figura 5.	Muestreo de suelo en forma de zig-zag	42
Figura 6.	pH del suelo del área experimental según la dosis de CaCO ₃ aplicada	44
Figura 7.	Diseño de la unidad experimental	45
Figura 8.	Distribución de los tratamientos en el campo	46
Figura 9.	Resumen de Tukey para la variable de respuesta porcentaje de incidencia de la hernia de las crucíferas en el cultivo de brócoli	51
Figura 10.	Resumen de Tukey para la variable de respuesta kilogramos de brócoli por hectárea	54
Figura 11.	Floretes de brócoli con tallo largo (estándar antes de 2003) en comparación a florete de tallo corto (estándar actual)	55
Figura 12.	Resumen de Tukey para la variable de respuesta número de floretes por hectárea	57
Figura 13.	Porcentaje de asistencia a las capacitaciones en brócoli, en Jalapa	81
Figura 14.	Porcentaje de asistencia a las capacitaciones en papa, en Jalapa	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Comunidades de Jalapa, productoras de brócoli, para ALCOSA, 2004	7
Cuadro 2.	Principales plagas y enfermedades del cultivo de brócoli	8
Cuadro 3.	Parámetros de calidad del brócoli	10
Cuadro 4.	Análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas	11
Cuadro 5.	Análisis de suelo del área experimental	42
Cuadro 6.	Dosis de cal empleadas en el método de incubación	43
Cuadro 7.	Descripción de los tratamientos evaluados	44
Cuadro 8.	Fecha de aplicación de los tratamientos de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al suelo	48
Cuadro 9.	Análisis de dominancia	58
Cuadro 10.	Análisis de la tasa marginal de retorno	59
Cuadro 11.	Productores de brócoli y papa de las comunidades del departamento de Jalapa	81
Cuadro 12.	Análisis de suelo de las comunidades brocoleras de Jalapa	82

TRABAJO DE GRADUACIÓN

MANEJO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* Var. Italica) EN LA EMPRESA ALIMENTOS CONGELADOS, S.A. – ALCOSA – EN EL DEPARTAMENTO JALAPA, GUATEMALA DE AGOSTO DE 2005 A MAYO DE 2006

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado obtenido de la realización del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía –EPSA– en la empresa de alimentos congelados, S.A. –ALCOSA– en el cultivo de brócoli, en el departamento de Jalapa, Guatemala, de agosto de 2004 a mayo de 2005 y que constó de tres etapas importantes: diagnóstico, investigación y servicios.

Para la realización del diagnóstico se realizaron diversas fases, la primera fase de reconocimiento para identificar las áreas productivas, la segunda fase de recopilación de la información administrativa y técnica del cultivo, y la fase de análisis de la información a través de un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la producción de brócoli de la empresa Alimentos Congelados, S.A., para finalmente priorizar la problemática del cultivo y emitir recomendaciones al respecto.

A través del diagnóstico se estableció que la principal limitante en la producción de brócoli, es la enfermedad de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woronin), para lo cual es necesario desarrollar una investigación, acerca de su manejo.

La investigación consistió en evaluar el encalado del suelo en dosis de 15.996 toneladas métricas de cal hidratada ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$) por hectárea a una profundidad de 0.20 m, en períodos de 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 semanas previo a la siembra del cultivo de brócoli, para variar el pH de 5.1 hasta 7.2 y de esta manera crear condiciones adversas para *Plasmodiophora brassicae* Woronin, en los suelos de la aldea El Astillero, Jalapa, Jalapa, donde los agricultores han tenido que dejar la producción de brócoli por tener altos niveles de incidencia hasta del 100 %.

En el tratamiento testigo (sin encalado) se tuvo una incidencia del 100 %, se cosecharon 5,273 floretes con un rendimiento de 1,141 kg/ha; entre tanto que en los tratamientos con encalado, el mejor tratamiento fue encalar cinco semanas previo a la siembra del brócoli puesto que la incidencia de plantas enfermas fue 15 %, se cosecharon 28,900 floretes con un rendimiento de 12,340 kg/ha, con una tasa marginal de retorno respecto al testigo de 290.58 %, lo cual implica que la inversión adicional entre no encalar el suelo y hacerlo a cinco semanas, permitió una ganancia de 2.90 quetzales por cada quetzal invertido en la práctica de encalado.

A través de las actividades principales del servicio, se capacitó alrededor del 70 por ciento de los agricultores que cultivan brócoli y papa; en la capacitación de brócoli el aspecto sobresaliente e interesante para los agricultores fue el manejo de la enfermedad de la hernia de las crucíferas, de tal forma que también se incluyó un análisis químico del suelo, por ser el pH del suelo un factor determinante para el desarrollo del patógeno. En la capacitación en el cultivo de papa el aspecto sobresaliente e interesante para los agricultores fue el relacionado con la adquisición y criterios para la selección de una semilla adecuada.

Resultado de la evaluación se aprecia que los agricultores, prestan mayor atención cuando en la capacitación se tratan temas que enfocan los problemas inmediatos de la comunidad, menor atención prestan a los temas que como finalidad transmiten conocimiento que les puede evitar complicaciones en un futuro, lo cual se confirma a través del porcentaje de asistencia.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI, EN EL DEPARTAMENTO DE JALAPA, GUATEMALA, 2004

1.1 PRESENTACIÓN

El presente diagnóstico se realizó en agosto del 2004 en plantaciones de brócoli cuya cosecha se comercializa con la empresa Alimentos Congelados, S.A, –ALCOSA–, en las comunidades de Soledad Grande, El Refugio, Pino Dulce del municipio de Mataquescuintla, Jalapa y El Astillero del municipio de Jalapa, Jalapa. El objetivo principal fue determinar la situación actual del manejo agronómico de éste cultivo, especialmente en lo referente al manejo de plagas y enfermedades.

Para la realización del diagnóstico se realizaron diversas fases, la primera fase de reconocimiento para identificar las áreas productivas, la segunda de recopilación de la información tanto administrativa como técnica de campo del cultivo y la fase de análisis de la información a través de un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la producción de brócoli de la empresa de Alimentos Congelados, S.A., para finalmente priorizar la problemática del cultivo y emitir recomendaciones al respecto.

A través del diagnóstico se establece que la principal limitante en la producción de brócoli, es la enfermedad de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woronin).

Como segunda limitante se encontró la falta de conocimiento de los productores del ciclo productivo del brócoli y los aspectos técnicos relacionados al mismo, por lo que fue necesaria la capacitación constante y efectiva de los agricultores.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación de las comunidades

El diagnóstico, investigación y servicios del manejo agronómico de los cultivos de brócoli y papa se realizaron en las comunidades, La Soledad Grande, El Refugio y Pino Dulce, que pertenecen al municipio de Mataquescuintla, Jalapa, y la comunidad de El Astillero del municipio de Jalapa, Jalapa. Las comunidades están distribuidas en dos municipios, ya que su elección no obedece a un marco geopolítico, sino a un marco de producción de hortalizas bajo contrato para la empresa Alimentos Congelados, S.A, (ALCOSA), la cual fue financiante del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía. La ubicación geográfica y altitud en metros sobre el nivel del mar de cada una de las cuatro comunidades se presenta a continuación:

Soledad Grande: 14 ° 32 '05 " Latitud Norte y 90 ° 07'37" Longitud Oeste, 2,590 msnm.

El Refugio: 14° 38 '12 "Latitud Norte y 90 ° 08 '10" Longitud Oeste, 2, 350 msnm.

Pino Dulce: 14° 32'52" Latitud Norte y 90° 09'30 " Longitud Oeste, 2,230 msnm.

El Astillero: 14° 31'28" Latitud Norte y 90° 04'45" Longitud Oeste, 2,050 msnm (2).

1.2.2 Condiciones climáticas

En general el clima en las comunidades es frío; de diciembre a febrero se registran temperaturas mínimas de hasta menos tres grados centígrados, llegando a formar escarcha, la temperatura mínima promedio anual es de 2 grados centígrados; la temperatura máxima anual es de 28 grados centígrados y el promedio anual es de 16 grados centígrados (2).

La humedad relativa oscila alrededor del 75 por ciento en los meses de febrero a abril y el resto del año es del 88 por ciento; los vientos en promedio son del orden de los 4 kilómetros por hora y la precipitación de 1,316 milímetros anuales (1, 2).

1.2.3 Suelos del lugar

Los suelos de las comunidades usados en la agricultura según USDA, pertenecen a las clases V, VI y VII, de textura franca y pH ácido y ligeramente ácido (2).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- A. Conocer el proceso del manejo del cultivo de brócoli y las limitantes asociadas en el mismo, en la empresa Alimentos, Congelados, S.A. (ALCOSA), en comunidades del municipio de Mataquescuintla, Jalapa, Guatemala.

1.3.2 Específicos

- A. Establecer las limitantes técnicas en la producción del cultivo brócoli.

- B. Identificar los aspectos sociales que pueden contribuir a mejorar la producción del cultivo de brócoli.

1.4 METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente diagnóstico en términos generales se realizaron las fases: de reconocimiento, recopilación de la información y de análisis de la información.

1.4.1 Fase de reconocimiento

Dentro de esta fase, se realizaron visitas a las instalaciones de la empresa en la sede central y en las oficinas que se encuentra en el municipio de Mataquescuintla, Jalapa, también los recorridos siguientes:

- A. Recorrido en la empresa ALCOSA
- B. Establecimiento en la sede de Mataquescuintla
- C. Recorrido en áreas productoras de brócoli
- D. Recorrido en centros de acopio

1.4.2 Fase de recopilación de la información

Esta fase es la de mayor importancia, ya que en ella se tomaron datos muy puntuales y relevantes en la producción de brócoli. La información se obtuvo de tres puntos importantes donde se encierra el proceso productivo de brócoli en el municipio de Mataquescuintla, en el área de cultivo de brócoli, en el área de acopio y en el área de control de calidad. En términos generales la información recabada corresponde a:

- A. Estructura administrativa y técnica de la empresa.
- B. Comunidades productoras de brócoli.
- C. Cultivares de brócoli.
- D. Plagas y enfermedades relevantes.
- E. Parámetros de calidad.

1.4.3 Fase de análisis de la información

Luego de haber obtenido la información de las dos fases anteriores se efectuó un Análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) para posteriormente ubicar los principales problemas que existían dentro del proceso productivo del cultivo de brócoli.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Estructura administrativa de la empresa Alimentos Congelados, S.A. (ALCOSA)

La empresa de Alimentos Congelados, S.A. (ALCOSA), está conformada por tres departamentos: Finanzas, Agrícola y Control de Calidad. El departamento agrícola está conformado por 17 agrónomos distribuidos en las zonas: Salamá, Teculután, Costa Sur, Central, Altiplano y Xela.

La estructura jerárquica comprende:

- A. Gerente de Campo
- B. Jefes de Zona
- C. Técnicos Agrícolas

En la zona central, se encuentra ubicado el departamento de Jalapa, donde se realizó el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía.

1.5.2 Zona central, sede Mataquescuintla

La sede se encuentra ubicada en la entrada del pueblo, la cual consiste en una oficina de atención a los productores y con una bodega donde se encuentra todos los insumos agrícolas para el mantenimiento del cultivo de brócoli. En esta sede es donde los agricultores se abocan para la obtención de los pilones de brócoli.

En la sede laboran el Ingeniero Agrónomo, jefe de la sede, un encargado de bodega, y el técnico de campo.

El técnico de campo, se encarga de asesorar a los agricultores en el manejo del cultivo desde el transplante de pilón de brócoli hasta su cosecha y la entrega en los centros de acopio.

1.5.3 Comunidades productoras de brócoli

En el Cuadro 1, se presentan las comunidades productoras de brócoli para la empresa Alimentos Congelados, S.A, del departamento de Jalapa.

Cuadro 1. Comunidades de Jalapa, productoras de brócoli, para ALCOSA, 2004.

Mataquescuintla, Jalapa	Jalapa, Jalapa
El Pajal	C. Hernández
Los Planes	La corona
La Esperanza	El astillero
Las Brisas	
Tenosco	
Pino Dulce	
La Soledad	
El Refugio	
San Granada	

En las doce comunidades se cultiva un total de 210 hectáreas de brócoli durante la época lluviosa y 52 hectáreas durante la época seca. Es importante indicar que los agricultores además de cultivar brócoli para la empresa Alimentos Congelados, S.A., también cultivan papa la cual por medio de intermediarios la comercializan hacia la república de El Salvador.

1.5.4 Manejo del cultivo de brócoli

A. Cultivares

- a Monaco
- b Marathon
- c Legasi
- d Domador

El cultivar Monaco es el de mejor calidad en consistencia de la flor, color, estructura, firmeza, tamaño, peso, etc., por lo que es el más ampliamente empleado por los agricultores y técnicos de ALCOSA.

B. Convenio de producción entre productores y ALCOSA

Para el establecimiento de plantaciones, la empresa de Alimentos Congelados, S.A., le da a los agricultores crédito, el cual se cancela contra la cosecha. El crédito abarca desde la planta en pilón, insumos, asesoría técnica, etc. Los agricultores que desean trabajar con la empresa, tienen que llenar un contrato cada vez que deseen

plantar brócoli, este debe ser hecho 15 días antes de ser entregado el pilón, la entrega del pilón de brócoli a los agricultores se realiza cada 8 días. El compromiso que adquiere el agricultor a cambio del crédito es entregar toda la producción obtenida a la empresa.

C. Siembra y fertilización

Antes del transplante, se pica bien el suelo. Para sembrar una hectárea se necesita aproximadamente 42,600 pilones; antes del transplante se aplica abono químico completo a razón de 260 kilogramos por hectárea y orgánico 1900 kilogramos por hectárea.

La segunda fertilización se realiza aplicando 10-20-18 (nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente) más elementos menores a los 20 días después de la primera.

La tercera fertilización se realiza a los 45 días después del transplante, con 10-0-20 (nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente) más elementos menores.

D. Manejo fitosanitario

Para la zona central, especialmente para los municipios de Mataquescuintla, y Jalapa, Jalapa, las principales plagas y enfermedades se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Principales plagas y enfermedades del cultivo de brócoli.

Plagas	Enfermedades
<i>Plutella xylostella</i>	<i>Plasmodiophora brassicae</i>
<i>Agrotis ipsilon</i>	<i>Cercospora brassicicola</i>
<i>Phyllophaga spp</i>	<i>Alternaria brassicae</i>
<i>Spodeptera spp.</i>	<i>phitophthora</i>

La hernia de las coles *Plasmodiophora brassicae* Wornin, es una de las principales enfermedades del cultivo de brócoli, según la empresa ALCOSA y agricultores de la región de los municipios de Mataquescuintla y Jalapa, Jalapa, esta enfermedad llega a ocasionar del 60 a 70% de pérdidas en algunas áreas y en otras hasta el 100%. Las áreas de producción van desde 0.16 a 3 hectáreas, que ya no pueden ser cultivadas, debido a que el patógeno se ha dispersado de tal manera que ya no es posible cultivar especies de la familia de las crucíferas

Para corregir el problema, se ha aplicado cal dolomítica, a razón de 380 kilogramos por hectárea, normalmente durante una semana previo a la siembra del brócoli; sin embargo, no se ha realizado ningún estudio acerca de la cantidad adecuada, como tampoco acerca del tiempo previo a la siembra de su aplicación.

La principal plaga es la *Plutella*, que provoca en su mayor parte el rechazo de brócoli a los agricultores, lo cual se puede controlar con un buen plan de fumigación y siguiendo el mismo no representa problema alguno.

E. Cosecha

La fase de cosecha se efectúa a los dos meses con 15 días después del trasplante; para este tiempo se está obteniendo las primeras flores que están listas para corte, las flores son transportadas en costales, llevadas por bestias o en carro a los centros de acopio, para luego colocarla en canastos plásticos, seguidamente es revisada por el de control de calidad, si clasifica es llevada por camiones a la planta empacadora.

1.5.5 Control de calidad

Los parámetros establecidos de control de calidad se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Parámetros de calidad del brócoli.

PARÁMETROS DE CALIDAD	EXPECTATIVAS DE COMPRA
Tamaño de la muestra	De 1 a 15 canastas 11 libras De 16 a 150 canastas 22 libras
Diámetro de cabeza	Máximo 7 pulgadas tolerancia de 10%
Largo de tallo	a) Destroncados, hasta el último brazuelo. b) Con tallo 6 pulgadas.
Madurez	Las cabezas deben ser compactas, grano cerrado, bien desarrollado, debe ser corte del día, se rechaza o se castiga malformaciones, manchas y amarillamiento, floreado 4%.
Gusanos	(de 1 a 15 canastas) 2 gusanos máximo. (de 16 a 150 canastas) 3 gusanos máximo. Se descuenta 1% por cada gusano.
Afidos	Se tolera el 2%.
Manchas	Se castigan todas las manchas causadas por gusanos, enfermedades, oxidación y otros que afectan la apariencia. No se acepta si existe quemadura de pesticidas y pudrición.
Daño mecánico	Se castiga el daño mecánico, oxidación, o malformación, lastimado, orillas de cabezas 2%.
Materia extraña	Usar costal con orilla. Se castiga a los que no usan costal. Se advierte una vez del material extraño. Rafia se castiga con el 5%. No se acepta ningún material extraño, principalmente pita, palos, pelos, piedras, hojas, vidrio, etc.

Para que la producción de los agricultores pueda ser aceptada es necesario que cumpla con cada uno de los ítems indicados.

1.5.6 Análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

El análisis FODA de la empresa, pretende determinar las Fortalezas que se puedan aprovechar, las Oportunidades que se deben incentivar, las Debilidades que se deben corregir y las Amenazas que se deben prevenir y se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis FODA de la empresa Alimentos Congelados, S.A.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
Trabajo en equipo	Ampliación del área de siembra de brócoli.	Falta de agua para riego en época seca.	Difícil acceso a áreas cultivadas en época lluviosa.
Experiencia de los técnicos	Manejo adecuado de las plantaciones	Poco personal relacionado con los programas fitosanitarios.	Desvió de los productos agrícolas a cultivos no correspondientes a la empresa
Insumos agrícolas	Aplicaciones de los productos agrícolas de acuerdo al plan de manejo.	Malas aplicaciones de los productos y dosis inadecuadas	Aalto porcentaje de larvas de <i>Plutella xylostella</i> a en la empacadora.
Transporte del producto a la empacadora.	Todos los agricultores tienen acceso al transporte de su producto clasificado por el personal de control de calidad.	Necesidad de tener un control de calidad más estricto en los centros de acopio.	Disminución del área que se encuentra en producción, por la rápida diseminación de <i>Plasmodiophora brassicae</i> .
		No existe un manejo adecuado de las plagas del suelo que afectan al brócoli.	Mal manejo de la fertilización y otras actividades del suelo, las cuales disminuyen la productividad.
		No existen análisis de suelo de las áreas productoras de brócoli.	
		No existe un laboratorio, que diagnostique enfermedades, plagas y fertilidad de suelos.	
		Bajo conocimiento del manejo de todo ciclo del cultivo de brócoli.	

1.5.7 Priorización de problemas

Los problemas que tienen un efecto en la productividad del cultivo de brócoli, disminuyendo los rendimientos de producción son los siguientes:

- A. Disminución de las áreas productoras de brócoli por causa de la Hernia de las Coles (*Plasmodiophora brassicae*).
- B. Poco conocimiento del ciclo productivo del brócoli. Es necesario la capacitación a productores.
- C. No existe un archivo de análisis de suelos, para la elaboración de planes de manejo.

1.6 CONCLUSIONES

- 1.6.1 La principal limitante en la producción de brócoli, es la enfermedad de la hernia de las crucíferas, para lo cual es necesario desarrollar una investigación acerca de su manejo adecuado.

- 1.6.2 Un aspecto importante que debe tomarse en cuenta para lograr un adecuado manejo del cultivo de brócoli, es la capacitación constante y efectiva a los agricultores.

1.7. BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
2. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.

CAPÍTULO II

**EFFECTO DEL ENCALADO EN DIFERENTES PERIODOS PREVIO A LA SIEMBRA DEL
BROCOLI, PARA EL CONTROL DE LA HERNIA DE LAS CRUCIFERAS
(*Plasmodiophora brassicae* Woronin) EN BROCOLI (*Brassica oleracea* Var. Italica),
EN LA ALDEA EL ASTILLERO, JALAPA, JALAPA**

**EFFECT OF THE ONE WHITENING IN DIFFERENT PERIODS BEFORE THE SOWING
TIME OF BROCCOLI, TO CONTROL THE HERNIA OF THE CRUCCIFERAE
(*Plasmodiophora brassicae* Woronin) IN BROCOLI (*Brassica oleracea* Var. Italica),
AT "EL ASTILLERO", JALAPA.**

2.1 PRESENTACIÓN

Se evaluó el encalado del suelo a razón de 15.996 toneladas métricas de cal hidratada ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$) por hectárea a una profundidad de 0.20 m, en períodos de 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 semanas previo a la siembra del cultivo de brócoli, para variar el pH de 5.1 a 7.2 y de esta manera crear condiciones adversas para *Plasmodiophora brassicae* Woronin, en la aldea El Astillero, Jalapa, Jalapa, donde los agricultores han tenido que dejar la producción de brócoli por tener altos niveles de incidencia hasta del 100 %.

En el ensayo se evaluaron ocho tratamientos, siete períodos de encalado y el testigo absoluto (sin encalado del suelo), en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, para un total de 32 unidades experimentales en un área de 643 m².

En el tratamiento testigo se tuvo una incidencia del 100 %, se cosecharon 5,273 floretes con un rendimiento de 1,141 kg/ha; entre tanto que en los tratamientos con encalado, el mejor tratamiento fue encalar cinco semanas previo a la siembra del brócoli puesto que la incidencia de plantas enfermas fue 15 %, se cosecharon 28,900 floretes con un rendimiento de 12,340 kg/ha, con una tasa marginal de retorno respecto al testigo de 290.58 %, lo cual implica que la inversión adicional entre no encalar el suelo y hacerlo a cinco semanas, permite una ganancia de 2.90 quetzales por cada quetzal invertido en la práctica de encalado para el 2005.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 El cultivo de brócoli

El brócoli es una hortaliza originaria del mediterráneo y en Asia se cultiva por la producción de brotes y flores para su consumo en fresco y congelado (1).

Botánicamente se le denomina como ***Brassica oleracea L. var. Italica***, pertenece a la subclase IV, Dellenidae, orden Caparales y a la familia Cruciferae o Brassicae del grupo las coles (2).

A. Importancia económica

La importancia económica del brócoli se debe actualmente a su demanda en el mercado internacional. El destino para los Estados Unidos es del 85% de la exportación y el resto para algunos países europeos (1, 2, 7).

San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Quiché, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Jalapa, Alta Verapaz y Baja Verapaz son zonas brocoleras tradicionales de Guatemala. Existen plantas de procesamiento en donde se llevan a cabo actividades de clasificación, empaque y embarque, siendo por ello, el brócoli un cultivo que actualmente tiene gran importancia socioeconómica en Guatemala (2, 11).

B. Requerimientos climáticos

El brócoli es una hortaliza que requiere climas frescos o templados, y bajo ciertas condiciones se da en climas que tienden a ser cálidos. La temperatura óptima oscila entre 15 a 18 °C y la temperatura ideal para la germinación está entre 25 y 30 °C (2, 6).

El brócoli se adapta a una gran variedad de tipos de suelo, que fluctúan desde los muy livianos hasta los muy pesados, prosperan mucho mejor en los suelos de textura franca. Deben además poseer altos contenidos de materia orgánica y suficientes nutrimentos capaces de conferirles características físicas y químicas deseables (6).

C. Generalidades botánicas

Es una planta herbácea con raíces profundas y amplias lo que le permite tener un buen anclaje y una gran capacidad de absorción de nutrientes. Las hojas son erectas verde oscuro y algo rizadas, festoneadas con ligerísimas espículas, presentando un limbo hendido, que en la base de la hoja puede dejar en ambos lados del nervio central pequeños fragmentos de limbo foliar, a modo de folíolos (1, 10).

Las hojas suelen ser pecioladas, siendo erectas y se extienden más en forma horizontal y abierta. Generalmente desarrollan solamente hojas cuando está en su fase de crecimiento, que irán decreciendo en tamaño cuando empiezan a surgir las flores. Sus tallos principales rematan en una masa globulosa de yemas hipertrofiadas lateralmente, capaces de rebrotar (2, 10).

Las masas de inflorescencias hipertrofiadas son verdosas grisáceas o moradas, el grado de compactación es mediano (pellas abiertas). Las flores amarillas blanquecinas están formadas por cuatro pétalos en forma de cruz que se agrupan en racimos desarrollados a partir del tallo principal. Es una flor de polinización alógama y la fructificación se produce en silículas (10).

2.2.2 Hernia de las coles

A. Clasificación taxonómica

El patógeno responsable de la enfermedad denominada hernia o nudo de la raíz de las crucíferas es *Plasmodiophora brassicae* (Woronin), cuya clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino:	Protozoa
Phylum:	Plasmodiophoromycota
Orden:	Plasmodiophorales
Familia:	Plasmodiophoraceae
Genero:	Plasmodiophora
Especie:	<i>Plasmodiophora brassicae</i> (18).

B. Importancia de la enfermedad

La hernia es una enfermedad ampliamente difundida en muchos países de Europa y América donde ocasiona serios daños a la economía. Esta enfermedad fue estudiada por vez primera en 1872 por Woroni, quien reportó que la espora infecciosa era una zoospora con un flagelo, pero en 1934, Ledingham demostró la existencia de un segundo flagelo más corto (21).

En Guatemala, la enfermedad se ha diseminado en forma acelerada. En 1995 se determinó su distribución geográfica en 7 departamentos de la república, generalmente en el altiplano central y zona central. Se encontró hernia en San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala y Jalapa (5).

C. Sintomatología de la enfermedad

Las plantas afectadas manifiestan marchitamiento y clorosis de la parte aérea, siendo más marcada en horas de mayor intensidad solar, pero pueden recuperarse durante la noche (Figura 1).



Figura 1. Características físicas de una planta típica infectada por el patógeno *Plasmodiophora brassicae* Woronin.

La raíz presenta tumores, o hinchamientos en forma de huso. En el caso de la raíz principal, este es globoso y de un diámetro de 2 a 5 cm mientras que en las secundarias los tumores son alargados. Como consecuencia, el desarrollo del eje principal queda detenido, dando lugar a la producción de numerosas raicillas anormales, largas y fibrosas (Figura 2) (21).

Las plantas muestran al inicio un vigor normal, pero gradualmente se va produciendo un enanismo. La enfermedad al marcarse severamente, puede incluso causar la muerte de la planta (21).

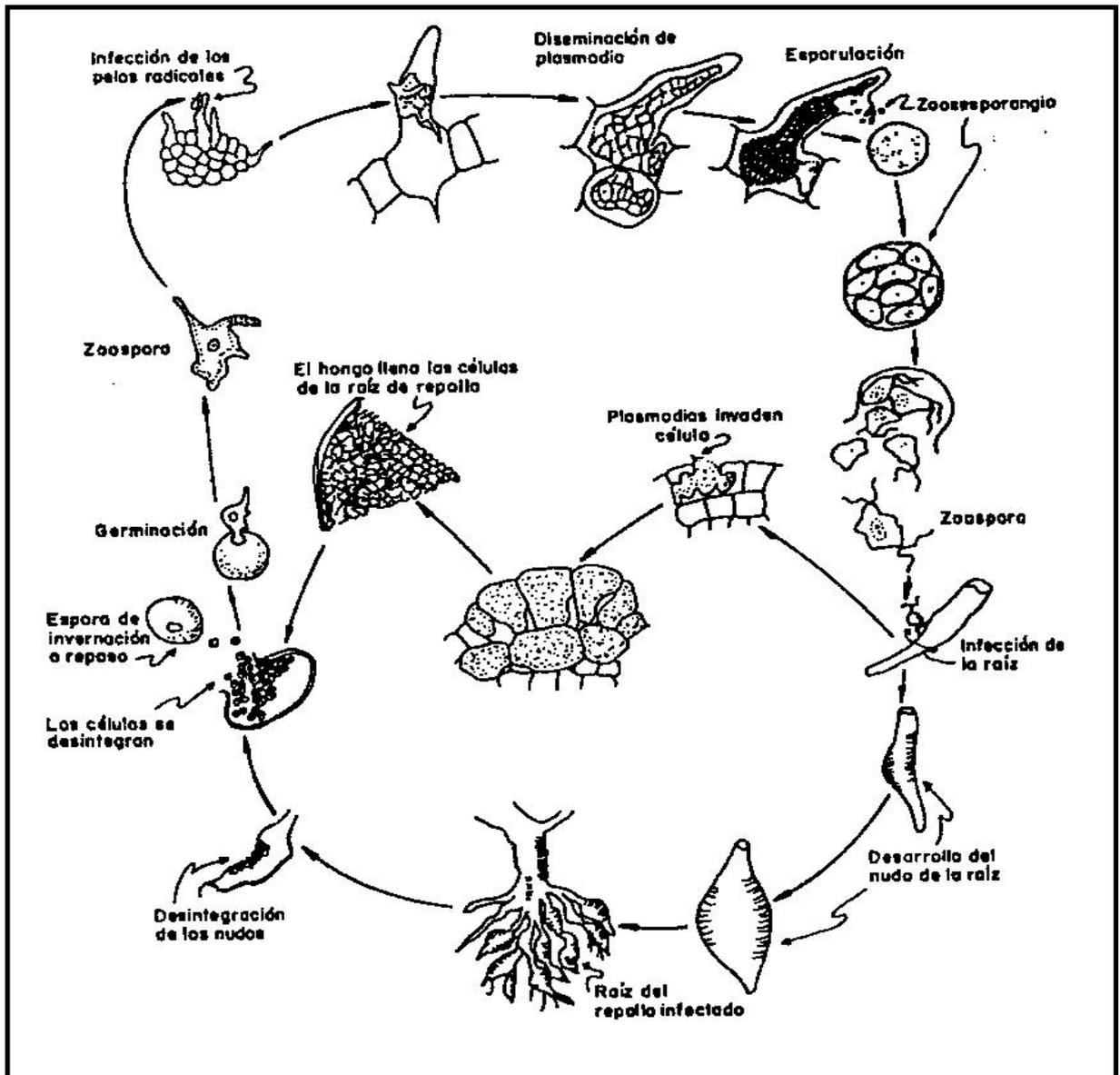


Figura 2. Características físicas de las raíces de una planta de brócoli infestadas por el patógeno *Plasmodiophora brassicae* Woronin.

D. Desarrollo del patógeno

Es un protozoo mucilaginoso cuyo soma es un plasmodio que produce esporas latentes o zoosporangios, que cuando germinan producen zoosporas. Estas penetran en

los pelos radiculares de la planta huésped formando un plasmodio. En pocos días el plasmodio se fragmenta en porciones multinucleadas que forman un zoosporangio. Los zoosporangios salen del hospedero y cada uno de ellos libera de cuatro a ocho zoosporas secundarias. Algunas zoosporas forman cigotos y producen un nuevo plasmodio que forman nuevas esporas latentes y son liberadas al suelo tal como se aprecia en la Figura 3 (16, 21).



Fuente: Monterroso (16)

Figura 3. Ciclo de vida de *Plasmodiophora brassicae* Woronin.

E. Desarrollo de la enfermedad

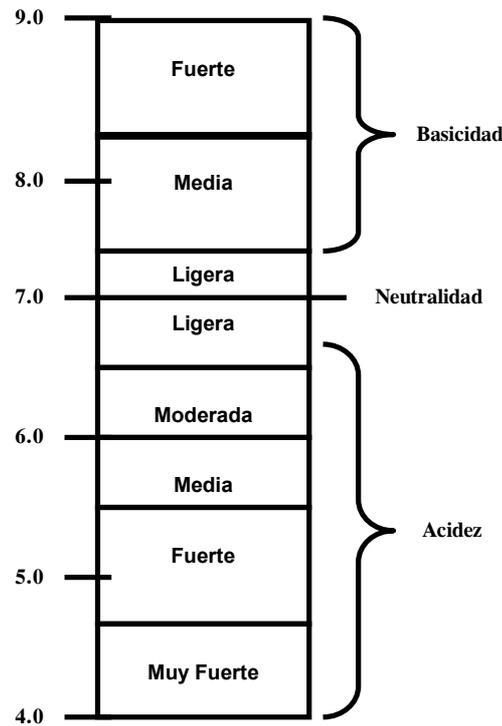
Los plasmodios se encuentran en las células corticales, donde se multiplican y para difundirse lo hacen a través de la división de la célula huésped, causándoles hipertrofia e hiperplasia, que es un alargamiento y división excesiva de las células. Este crecimiento anormal destruye las células esclerenquimatosas y reduce el xilema, mientras que el floema aumenta proporcionalmente, ejerciendo cierta presión sobre los vasos xilemáticos los cuales se comprimen y dislocan, por lo que se tornan menos eficientes para el transporte del agua y minerales a través del sistema radicular, dando como resultado enanismo y marchites de la planta (21).

F. Condiciones favorables para el desarrollo del protozoo

Las condiciones favorables para el desarrollo del hongo es de una humedad del suelo mayor del 50% de la capacidad de campo, temperaturas bajas comprendidas de 9 a 20 °C en el ambiente y en el suelo de 9 a 30 °C, humedad relativa de 80 a 85 % y pH de 5 a 7. Cuando todos estos factores llegan a conjugarse, la infección puede alcanzar hasta un 100% de incidencia (21).

2.2.3 pH del suelo

El término pH define la relativa condición básica o ácida de una sustancia. La escala del pH cubre un rango de 0 a 14. Un valor de pH de 7.0 es neutro. Los valores por debajo de 7.0 son ácidos. Aquellos que están sobre 7.0 son básicos. La mayoría de los suelos productivos fluctúan entre un pH de 4.0 a 9.0. Un ácido es una sustancia que libera iones hidrógeno. Cuando un suelo se satura con iones hidrógeno actúa como un ácido débil. Mientras mayor sea el contenido de iones hidrógeno retenidos por el complejo de intercambio, mayor será la acidez del suelo. El aluminio (Al) también actúa como un agente acidificante y activa los iones hidrógeno. Los grados relativos de acidez y basicidad se presentan en la Figura 4 (12).



Fuente (12)

Figura 4. Grados de acidez y basicidad encontrados en la mayoría de suelos agrícolas.

A. Definición química del pH del suelo

El pH del suelo es definido como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno (H^+). Cuando el agua (HOH) se ioniza a H^+ y OH^- (solución neutra), tanto el H^+ y el OH^- están en concentraciones de 10^{-7} moles por litro (9).



$$\frac{[H^+][OH^-]}{[HOH]} = 1 \times 10^{-14}; \quad [H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}$$

Por lo que el logaritmo negativo de H^+ es 7, ó pH 7. Cuando la concentración de H^+ es mayor (más ácido), tal como 10^{-4} moles por litro, el pH es 4. En soluciones alcalinas la concentración de OH^- excede la concentración de H^+ . La suma de las concentraciones de H^+ y OH^- es igual a 10^{-14} moles por litro (9).

B. Significado práctico de la expresión logarítmica

El pH del suelo mide la actividad de los iones H^+ y se expresa en términos logarítmicos. El significado práctico de la expresión logarítmica del pH es que cada cambio de una unidad en pH representa un cambio de una magnitud diez veces mayor en la acidez o alcalinidad del suelo. Así por ejemplo, un suelo con pH de 6.0 tiene diez veces más actividad de iones H^+ que uno de pH 7.0.

C. Interacción del pH con elementos de la solución del suelo

Desde un punto de vista químico el pH de la solución del suelo afecta la solubilización, disponibilidad y absorción de los nutrimentos en el suelo; afecta el porcentaje de saturación de bases y el porcentaje de saturación de acidez; la generación de carga variable y por lo tanto la capacidad de intercambio catiónico y aniónico del suelo (3).

a. Interacción de nutrientes en suelos ácidos

En suelos ácidos, la concentración de elementos como aluminio, hierro, y manganeso pueden llegar a niveles tóxicos, debido a que su solubilidad se incrementa notablemente (4).

La toxicidad del aluminio es probablemente el factor que más limita el crecimiento de las plantas en suelos fuertemente ácidos. El hidrógeno solamente es tóxico a un pH menor a 4.2 (4).

Los organismos responsables de descomponer la materia orgánica y de mineralizar al nitrógeno, fósforo y azufre pueden ser menores en número y actividad (4).

El calcio puede ser deficiente cuando la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo es extremadamente baja. También puede presentarse una deficiencia de magnesio (4).

D. Acción biológica del pH del suelo

A pH menores de 5.5 la actividad de las bacterias y actinomicetes es baja; los hongos son más adaptables y se desarrollan en ámbito de pH más amplio, hasta soportar pH más ácidos. La nitrificación, la fijación de nitrógeno, la mineralización y la amonificación prosperan mejor bajo condiciones neutras ya que la participación de las bacterias en estos procesos es decisiva. Elevada acidez inhibe la actividad de las lombrices (3).

2.2.4 Origen de la acidez del suelo

Es muy importante conocer a que se debe la acidez o alcalinidad de los suelos siempre que se planea un programa de fertilización o encalado del suelo. Se sabe que la proporción de iones hidrógeno y iones oxhidrilo presentes en el suelo y en las soluciones acuosas de éste, determinan en gran medida los efectos de la acidez y/o la alcalinidad del suelo. Sin embargo, lo importante es saber a qué obedece la presencia o ausencia de estos iones.

Pese a que mucha gente cree que el principal factor que influye en la acidez o alcalinidad de los suelos es el uso de los fertilizantes químicos, esto no es así. Las condiciones climatológicas determinan en gran medida la predominancia de la acidez o la alcalinidad del suelo (13).

El clima tiene una influencia dominante en las propiedades del suelo. Las diferencias entre las características del suelo en las principales y mayores regiones climáticas del mundo fue lo que motivó a los investigadores a desarrollar sistemas de clasificación de suelo. La lluvia, el viento y la temperatura controlan la intensidad de lixiviación y el desgaste de minerales en el suelo, lo cual tiene la mayor influencia en las propiedades químicas de los suelos, particularmente acidez, alcalinidad y salinidad. La acidez esta asociada con suelos lixiviados, con altas precipitaciones, mientras que la alcalinidad ocurre principalmente en regiones más secas (13).

Los suelos también tienen fuentes internas de acidez:

- La respiración de la raíz y la actividad microbiana producen bióxido de carbono que es disuelto para producir ácido carbónico en la solución del suelo. Este ácido débil es significativamente disociado únicamente por arriba de pH 5, y en suelos neutrales y alcalinos se convierte en una fuente importante de iones hidrógeno.
- Los ácidos orgánicos son liberados por la vegetación, materia orgánica en descomposición y las raíces de las plantas.
- Las raíces liberan iones hidrógeno y oxhidrilos para mantener la neutralidad eléctrica en sus superficies durante la absorción de los iones de los nutrientes. Por lo tanto pueden ser una fuente ácida o básica.

Los minerales del suelo son normalmente ácidos, liberando iones hidrógeno durante su desgaste por el agua del suelo (13).

2.2.5 Encalado del suelo

La acidez del suelo afecta de diversas maneras el crecimiento de las plantas. Cuando el pH es bajo (la acidez es alta), uno o varios factores perjudiciales pueden deprimir el crecimiento del cultivo.

Cuando se aplica la cal para lograr un pH óptimo, la cal hace más que solamente elevar el pH del suelo ya que (12):

- Reduce la toxicidad de aluminio y otros metales.
- Mejora las condiciones físicas del suelo.
- Estimula la actividad microbiana en el suelo.
- Incrementa la CIC en suelos de carga variable.
- Incrementa la disponibilidad de varios nutrientes.
- Proporciona calcio y magnesio para las plantas.
- Mejora la fijación simbiótica de nitrógeno por parte de las leguminosas.
- Limita la acción de agentes patógenos que se desarrollan en medios ácidos.

Sin embargo, en suelos tropicales con alto contenido de óxidos de hierro y aluminio, el “sobre encalar” el suelo buscando llegar a valores de pH mayores a 6.00 puede reducir

drásticamente la producción, cuasar deterioro estructural del suelo, reducir la disponibilidad de fósforo e inducir deficiencias de zinc, boro y manganeso (12).

2.2.6 Cómo la cal reduce la acidez del suelo

Los procesos y reacciones por los cuales la cal reduce la acidez del suelo son muy complejos. Sin embargo, una visión simplificada de estos procesos explicará como funciona la cal. Como se mencionó anteriormente, el pH del suelo es una expresión de la actividad de iones hidrógeno. La principal fuente de iones hidrógeno en la mayoría de los suelos de pH menor a 5.5 es la reacción de aluminio con el agua, como se demuestra en la siguiente ecuación:



Esta reacción libera iones hidrógeno y a su vez incrementa la cantidad de aluminio listo para reaccionar. El encalado constituye el manejo más convencional para contrarrestar el efecto de la acidez, representa una enmienda para ese sistema, y consiste en la aplicación masiva de sales básicas comúnmente calcio y en forma preferencial calcita (12)

La acción que se persigue con este producto es la neutralización de la acidez intercambiable, o sea del aluminio principalmente y de los iones hidrógeno intercambiables. El hecho que el ácido carbónico se descomponga en dióxido de carbono que se volatiliza y agua, es esto que permite la neutralización (12).

La cal reduce la acidez del suelo al convertir parte de los iones hidrógeno en agua. Cuando el pH es mayor a 5.5 el aluminio se precipita como hidróxido de aluminio eliminando la acción tóxica de este metal y la principal fuente de hidrógeno (12).

Las reacciones del encalado funcionan de la siguiente manera: los iones de Ca^{-2} de la cal reemplazan al Al^{+3} en los sitios de intercambio, y el ion carbonato reacciona con el agua de la solución del suelo creando un exceso de iones oxhidrilo, que a su vez reacciona con el exceso de iones hidrógeno, formando agua (12).

Cuando el pH alcanza niveles de 5.5 prácticamente se han conseguido la neutralización total del Al porque para arriba de estos valores el Al precipita como hidróxidos insolubles. Se considera que la forma hidrolítica $Al(OH)_3$ es la principal responsable(12).

2.2.6 Época y frecuencia de las aplicaciones de cal

En rotaciones que incluyen un cultivo de leguminosas con una demanda de pH alto, la cal debe aplicarse de 3 a 6 meses antes de la siembra, especialmente en suelos muy ácidos. El encalar unos días antes de sembrar los cultivos puede a menudo producir resultados desalentadores debido a que la cal no tiene el tiempo suficiente para reaccionar en el suelo. Los materiales de encalado más cáusticos (como el óxido e hidróxido de calcio) deben ser aplicados con suficiente tiempo de anticipación para prevenir daños a las semillas que están por germinar o las plántulas recién transplantadas.

El hacer recomendaciones generales con respecto a la frecuencia de aplicación de cal no es una buena alternativa debido a que en esta práctica están involucrados muchos factores. La mejor forma de determinar la necesidad de un reencalado es el análisis de suelo. Los factores que influyen la frecuencia del encalado son los siguientes (12):

A. Textura del suelo

Los suelos arenosos deben ser reencalados más a menudo que los suelos arcillosos.

B. Dosis de nitrógeno utilizadas

Dosis altas de amonio (NH_4) generan una acidez considerable por las reacciones que produce en la solución del suelo.

C. Cantidad de bases removidas por los cultivos

Dependiendo del cultivo, del rendimiento y de las partes cosechadas, se pueden remover cantidades substanciales de calcio y magnesio del suelo.

D. Cantidad de cal aplicada

La aplicación de cantidades altas de cal generalmente reduce la frecuencia del reencalado, pero no se debe sobreencalar (12).

E. Rango de pH deseado

El mantener un pH alto generalmente requiere de aplicaciones más frecuentes de cal que cuando se busca mantener un pH intermedio. A menudo no se logra obtener el rango deseado de pH debido a que no se aplica la cantidad requerida de cal, se está usando un material de baja calidad (gránulos gruesos), no se mezcla completamente la cal con el suelo. El análisis de suelo puede determinar los cambios de pH a través del tiempo (12).

2.2.8 Materiales de encalado

Cuando se selecciona un material de encalado, se debe tener en cuenta el valor de neutralización, grado de finura y reactividad de la cal. En los sitios donde el contenido de magnesio en el suelo es bajo o deficiente, se debe considerar el contenido de magnesio de la cal como uno de los factores para seleccionar el material (12).

El valor neutralizante de un material de encalado se determina por comparación con el valor neutralizante del carbonato de calcio puro (CaCO_3). Se ha establecido que el valor neutralizante del calcio puro es 100 y de esta forma se puede determinar por comparación el valor de neutralización de cualquier material de encalado. Este valor se denomina “valor de neutralización positiva” o “equivalente de carbonato de calcio”. Los valores de neutralización relativa de la cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ está entre 120 a 135 por ciento (12).

A. Calcita (CaCO_3) y Dolomita ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$)

Estos son los materiales de encalado de uso más común. Depósitos de calcita y dolomita de alta calidad se encuentran localizados en muchos lugares del mundo. Estas cales generalmente son minadas a cielo abierto. La calidad depende del contenido de impurezas del material tales como arcilla o residuos de materia orgánica. Sus valores de

neutralización (CaCO_3 equivalente) fluctúan desde 65 – 70 % hasta un poco más del 100% (12).

B. Oxido de Calcio CaO

Material conocido también como cal quemada, el CaO es un polvo cáustico, blanco, desagradable de manejar. Se manufactura por medio de la incineración de la calcita y su pureza depende de la pureza de la materia prima. Cuando se aplica al suelo reacciona casi inmediatamente, por lo tanto, cuando se requieren resultados rápidos, es ideal utilizar este material (o el hidróxido de calcio). Se debe mezclar completamente con el suelo inmediatamente después de la aplicación, debido a que se solidifica rápidamente y puede tornarse ineficiente (12).

C. Hidróxido de Calcio ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$)

Frecuentemente conocido como cal hidratada o cal de construcción, el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ es también un polvo blanco, cáustico, difícil y poco placentero de manejar. Se prepara mediante la hidratación del CaO. Este tipo de cal también neutraliza rápidamente la acidez cuando se aplica al suelo (12).

2.2.9 Investigaciones afines

Desde el año 1974 se dieron los primeros indicios de la existencia de *Plasmodiophora brassicae* en Guatemala según investigó Monterroso y Kruegg (16), pues destacaron que “esporas del hongo” se encontraban adheridas a los repollos, luego identificaron que en el valle de Almolonga, Guatemala, la incidencia de la enfermedad iba en aumento así como su distribución. Los mismos autores señalan algunas medidas de control del patógeno.

En Guatemala la enfermedad se ha diseminado en forma acelerada. En 1995 se determinó su distribución geográfica en 7 departamentos y entre ellos se encuentra Jalapa (5).

López Quiñónez (14), en 1995 evaluó solarizado simple y en combinación con encalado y productos químicos, en Patzicia, Chimaltenango, para determinar su eficiencia en el control de la hernia del brócoli, encontró que el control químico no fue efectivo para el hongo pues se presentó incidencia superior al 90 por ciento, en tanto que el encalado solo, solarizado solo y la combinación de ambos reducen la incidencia hasta no tener plantas enfermas obteniendo los mayores rendimientos en el cultivo de brócoli de alrededor de 20,000 kg/ha.

El segundo trabajo fue realizado por Paz (17) en 1996, quien evaluó diferentes periodos de exposición de solarizado y solarizado encalado, además de solo encalado, como métodos de control de la hernia del brócoli. El mejor tratamiento consistió en solarizar el suelo con encalado durante ocho semanas, seguido por solarizado más encalado del suelo por seis semanas y el menos eficiente fue el solarizado más encalado a dos semanas previo a la siembra.

2.3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.3.1 Objetivo General

- A. Establecer el efecto del encalado con cal hidratada en diferentes períodos previo a la siembra del brócoli, para el control de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) en brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Italica*), en la aldea El Astillero, Jalapa, Jalapa.

2.3.2 Objetivos Específicos

- A. Establecer el período de encalado que permita el control de *Plasmodiophora brassicae*, en el cultivo de brócoli en forma económica.
- B. Identificar el tratamiento que permita obtener el mayor beneficio económico.

2.3.3 Hipótesis

- A. El período de encalado del suelo de ocho semanas previo a la siembra, permitirá reducir la incidencia de plantas enfermas por *Plasmodiophora brassicae*, con lo cual se logrará tener el máximo rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea.

2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Selección del área experimental

Para seleccionar el área experimental dentro de los límites de la Aldea El Astillero, Jalapa, Jalapa, se sostuvieron pláticas iniciales con los productores de brócoli del lugar a fin de dar a conocer la naturaleza de la investigación, involucrarlos en el proceso y realizar con ellos

Visitas a las áreas productoras de brócoli que tenían antecedentes de presencia de hernia de las crucíferas. Se tomaron fotografías de cada área, se observó la sintomatología del follaje y raíces de las plantas, se recolectaron muestras de plantas infectadas para verificación del patógeno.

Todas las áreas potenciales fueron consideradas, seleccionando como área experimental aquella que reunió las características siguientes:

- ✓ el ciclo de cultivo previo al ensayo presentar una incidencia superior al 80 %,
- ✓ que en el área fuera posible desarrollar un diseño experimental,
- ✓ que el área fuera representativa de la mayor parte de los agricultores en cuanto a relieve y principales características físicas del suelo evaluadas a nivel de campo.

2.4.2 Formulación de los tratamientos

El objetivo principal de la investigación fue evaluar el efecto del encalado para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin, en el cultivo de brócoli, por lo que fue necesario realizar dos actividades, previo a formular los tratamientos. La primera actividad fue la toma y análisis de muestra de suelo del área experimental a fin de establecer el pH y contenido de nutrientes promedio, para luego desarrollar la segunda actividad que consistió en la determinación de la cantidad de cal necesaria a aplicar en los tratamientos, para llevar el pH inicial de 5.1 a un pH de 7.2, determinación que se hizo por medio del método de la incubación de CaCO_3 (cal dolomítica), empleando en la práctica el equivalente a Ca(OH)_2 (cal hidratada) por ser de mayor uso comercial, mayor capacidad de reacción por su menor tamaño de partícula y de mas bajo costo.

A. Muestreo y análisis del suelo del área experimental

Para el muestreo se realizó la metodología de zig-zag (Figura 5), tomando 10 submuestras de un área de 643 m², para obtener una muestra compuesta de un kilogramo. Luego se llevó la muestra de suelo al laboratorio de suelo, planta y agua Salvador Castillo Orellana de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se le efectuó un análisis de rutina.

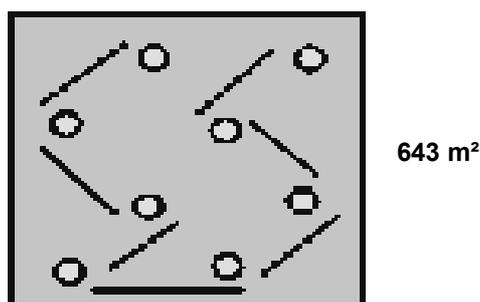


Figura 5. Muestreo de suelo en forma de zig-zag.

Los resultados del análisis se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de suelo del área experimental

Identificación	pH	ppm		meq/100 gr		ppm			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Rango medio		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-45
Parcela	5.1	6.35	610	6.24	1.29	0.50	7.50	10.0	25.0

Según el análisis de suelo, el patógeno *Plasmodiophora brassicae* Woronin, tiene las condiciones óptimas para poder desarrollarse, siendo una de las condiciones óptimas para su desarrollo la acidez del suelo, que para el área experimental presenta un pH ideal de 5.1; químicamente los aluminios e hidrógenos son los que proporcionan la acidez al suelo.

El análisis demuestra que el suelo se encontró en desorden nutricional, el fósforo y el potasio son dos elementos principales que se encuentran fuera del rango óptimo de disponibilidad, por lo cual el rendimiento puede ser variado.

B. Determinación de la cantidad de cal necesaria para llevar el pH de 5.1 a 7.2

La segunda actividad básica para la formulación de los tratamientos, fue la determinación de la cantidad necesaria de cal hidratada a emplear para llevar el pH del suelo de 5.1 a 7.2. Esto se realizó por medio del método de incubación del CaCO_3 , el cual consistió en aplicar diferentes cantidades de CaCO_3 a 50 gramos de suelo del área experimental en recipientes; a cada uno de los siete recipientes con 50 gramos de suelo se le aplicó la dosis en gramos de CaCO_3 indicada en la segunda columna, que equivale a la dosis en toneladas métricas por hectárea de la tercera columna del Cuadro 6.

Cuadro 6. Dosis de cal empleadas en el método de incubación

Número	Dosis de CaCO_3	
	Gramos por 50 gramos de suelo	Toneladas métricas por hectárea a 0.20 m de profundidad
1	0.05	2
2	0.10	4
3	0.15	6
4	0.20	8
5	0.25	10
6	0.30	12
7	0.35	14

A los 15 días después de haber incubado la cal y el suelo, se tomó la lectura del pH del suelo en cada uno de los siete recipientes, graficando los valores de la cantidad de CaCO_3 en el eje "X" y los valores de pH en el eje "Y" a fin de construir una curva; luego, sobre la curva se interceptó el valor de pH de 7.2 para conocer el valor de CaCO_3 que permite llegar el pH del suelo a este valor según se muestra en la Figura 6.

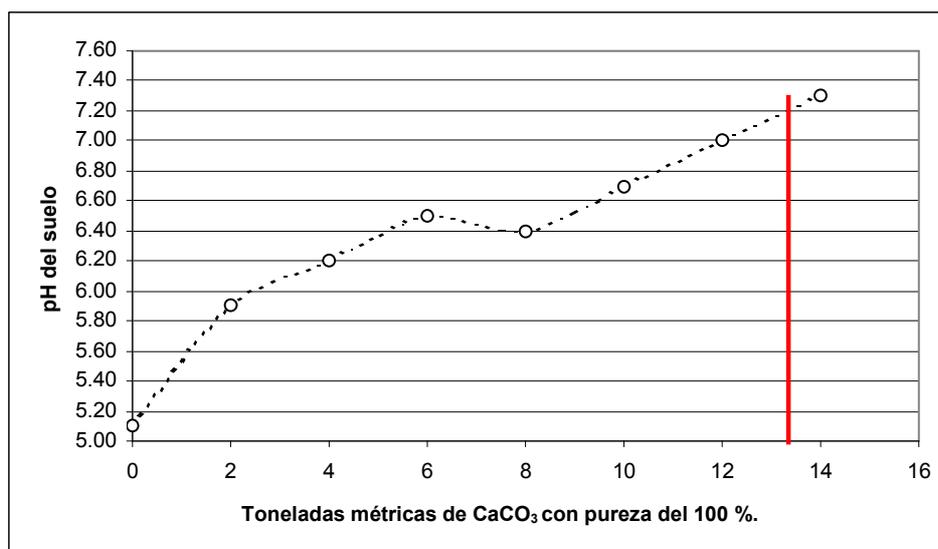


Figura 6. pH del suelo del área experimental según la dosis de CaCO₃ aplicada

Según la Figura 6, la cantidad de CaCO₃, que permite obtener un pH de 7.2 es de 13.33 toneladas métricas por hectárea, que su equivalente a cal hidratada Ca(OH)₂ a un 80 por ciento de pureza es de 15.996 toneladas métricas por hectárea.

2.4.3 Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados fueron ocho y consistió en aplicar cal hidratada (cal de construcción) Ca(OH)₂ al suelo a razón de 15.996 toneladas métricas por hectárea en distintos períodos previo a la siembra del brócoli como se indica en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Descripción del tratamiento
1	Encalado del suelo con 15.996 TM/ha de Ca(OH) ₂ , 2 semanas antes de la siembra
2	Encalado del suelo con 15.996 TM/ha de Ca(OH) ₂ , 3 semanas antes de la siembra
3	Encalado del suelo con 15.996 TM/ha de Ca(OH) ₂ , 4 semanas antes de la siembra
4	Encalado del suelo con 15.996 TM/ha de Ca(OH) ₂ , 5 semanas antes de la siembra
5	Encalado del suelo con 15.996 TM/ha de Ca(OH) ₂ , 6 semanas antes de la siembra
6	Encalado del suelo con 15.996 TM/ha de Ca(OH) ₂ , 7 semanas antes de la siembra
7	Encalado del suelo con 15.996 TM/ha de Ca(OH) ₂ , 8 semanas antes de la siembra
8	Sin encalado del suelo

A. Diseño experimental

Para la investigación se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 32 unidades experimentales. El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = Variable de respuesta
 u = Efecto de la media general
 T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento
 B_j = Efecto del i-ésimo bloque o repetición
 E_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

B. Unidad experimental

El tamaño de la unidad experimental fue de 19.06 metros cuadrados con 3.85 metros de ancho y 4.95 metros de largo, las plantas se distribuyeron al cuadro a 0.55 metros, con lo cual se tiene 63 plantas por unidad experimental (parcela bruta) y 35 plantas de la parcela neta al eliminar una hilera de plantas de las orillas (Figura 7).

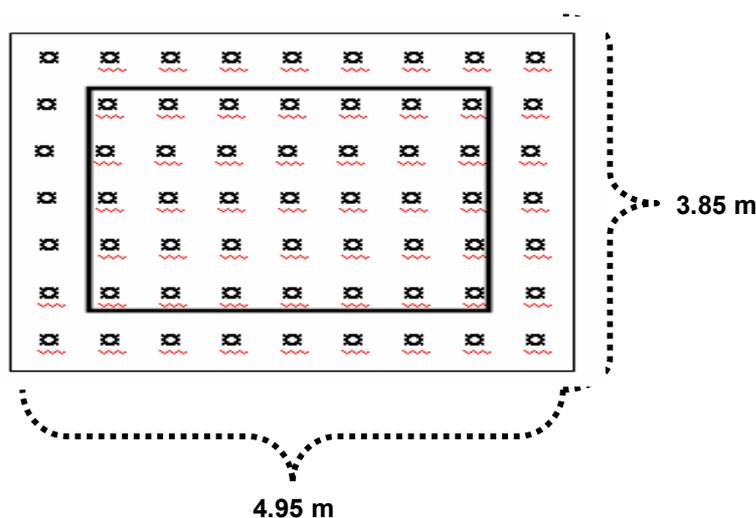


Figura 7. Diseño de la unidad experimental

C. Distribución de los tratamientos en el campo

Los tratamientos se distribuyeron en cuatro bloques completos, con una distancia entre bloques de un metro y entre unidades experimentales dentro del bloque de 0.75 metros, lo cual hace un área total de 643.08 metros cuadrados (13.80 m x 46.60 m) (Figura 8).

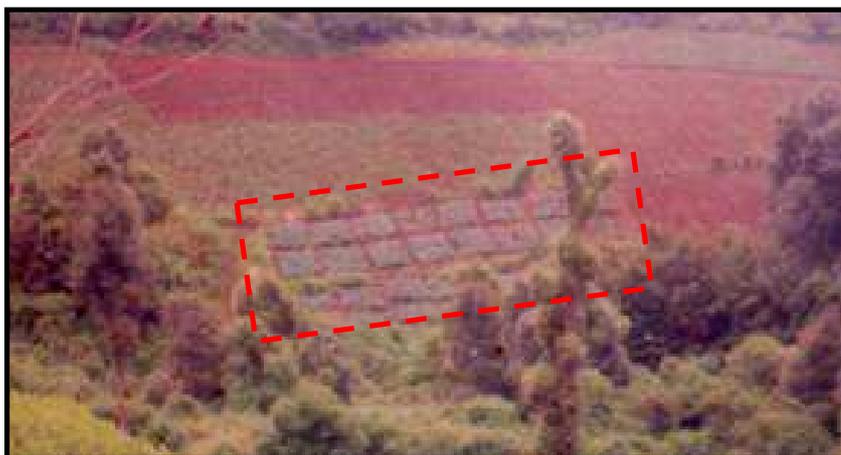


Figura 8. Distribución de los tratamientos en el campo

2.4.4 Variable de respuesta

Para evaluar la respuesta a la aplicación de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en distintos períodos previo a la siembra del cultivo de brócoli se tuvieron las variables de respuesta siguientes:

A. Porcentaje de incidencia de *Plasmodiophora brassicae* Woronin

La determinación de la incidencia del patógeno en la plantación se efectuó posterior a la cosecha. Para obtener el porcentaje de incidencia se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{Porcentaje de Incidencia} = \frac{\text{Total de plantas enfermas en la parcela neta}}{35} \times 100$$

B. Rendimiento en kilogramos por hectárea

Se cosecharon todas las cabezas de brócoli, que cumplieron con el estándar de calidad que es color verde oscuro, flor consistente, diámetro de la flor no mayor a 17.78 cm y la cabeza libre de plagas y enfermedades. El peso unitario de los floretes de cada

unidad experimental se sumó y luego se empleó la ecuación siguiente para obtener el rendimiento en kilogramos por hectárea.

$$\text{Kilogramos por hectárea} = \text{kilogramos por unidad experimental} \times 944.51$$

C. Número de floretes por hectárea

Para calcular el número de floretes por hectárea se empleó la ecuación siguiente:

$$\text{Floretes por hectárea} = \text{Floretes por unidad experimental} \times 944.51$$

2.4.5 Manejo del experimento

El manejo del experimento en términos generales consistió en la preparación del terreno, trazo de las unidades experimentales, aplicación de los tratamientos, riego, control de malezas, control de plagas y enfermedades y cosecha.

A. Preparación del terreno

El terreno se preparó previo al trazo de las unidades experimentales dentro de cada uno de los cuatro bloques; se realizó la limpia de los rastrojos, se realizó un riego, luego un raspado con azadón, paso de arado con bueyes y mullido con azadón.

B. Trazo de las unidades experimentales

Para el trazo de las unidades experimentales, primero se alineó una pita en forma perpendicular a la pendiente del terreno, luego a partir de ella se trazaron a intervalos de 3.85 metros los cuatro bloques con un espacio entre bloques de un metro. Dentro de cada bloque se delimitaron a una distancia de 0.75 metros entre cada una de ellas.

C. Aplicación de los tratamientos

Para la aplicación de los tratamientos a razón de 15.996 toneladas métricas por hectárea de Ca(OH)_2 , se procedió a depositar en las fechas indicadas 30.48 kilogramos de Ca(OH)_2 en cada una de las cuatro unidades experimentales de cada tratamiento (Cuadro 8). Para ello se empleó un azadón y se removió el suelo a profundidad de 20 centímetros,

colocando la cal y luego removiendo a manera de uniformizar homogéneamente con el suelo.

Cuadro 8. Fecha de aplicación de los tratamientos de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al suelo

Tratamiento	Fecha
T7 = Aplicación de 30.48 kg/ue (15.996 TM/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) 8 semanas antes de la siembra	07 marzo-05
T6 = Aplicación de 30.48 kg/ue (15.996 TM/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) 7 semanas antes de la siembra	14 marzo-05
T5 = Aplicación de 30.48 kg/ue (15.996 TM/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) 6 semanas antes de la siembra	21 marzo-05
T4 = Aplicación de 30.48 kg/ue (15.996 TM/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) 5 semanas antes de la siembra	28 marzo-05
T3 = Aplicación de 30.48 kg/ue (15.996 TM/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) 4 semanas antes de la siembra	04 abril-05
T2 = Aplicación de 30.48 kg/ue (15.996 TM/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) 3 semanas antes de la siembra	11 abril-05
T1 = Aplicación de 30.48 kg/ue (15.996 TM/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) 2 semanas antes de la siembra	18 abril-05

Previo a la aplicación de los tratamientos se humedeció toda el área experimental, luego se mantuvo húmeda antes de la siembra a fin de lograr una buena reacción del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en la solución del suelo.

D. Siembra

La siembra o trasplante de brócoli en las 32 unidades experimentales se realizó el 02 de mayo de 2005 por medio de pilones de un mes de edad. Se tuvo especial cuidado de no doblar la raíz al momento de introducir el pilón en cada una de las posturas.

E. Fertilización

Se realizaron dos fertilizaciones, la primera con 15-15-15 (nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente) al momento del trasplante a razón de 386.32 kilogramos por hectárea, y la segunda a los 45 días a razón de 584 kilogramos por hectárea de 20-0-20 (nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente); también se aplicó fertilizante orgánico a razón de 1136.25 kilogramos por hectárea previo al trasplante.

F. Riego

El riego se aplicó por medio de aspersion, desde el 07 de marzo en que se aplicó el primer tratamiento de encalado (a fin de lograr reaccionar la cal en la solución del suelo) hasta el momento de la siembra, pues a partir de esta fecha la humedad necesaria para el desarrollo del cultivo fue suministrada por la precipitación pluvial.

G. Control de malezas

En esta práctica se efectuó una raspa antes de la siembra de pilones; luego a los 30 días, y finalmente 15 días después al momento del aporque.

H. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades se realizaron las siguientes aplicaciones de productos químicos y biológicos: Metomilo a razón de 25 cc por bomba de 16 litros cada quince días intercalado con *Thiacloprid* y *Beta-Cyflutrin* a razón de 25 cc por bomba de 16 litros en aplicaciones el 2, 23 y 31 de mayo. *Bacillus thuringiensis* Var. *Kurstaki* a razón de 5 cc por bomba de 16 litros, Spinosin A y D a razón de 50 cc por bomba, aplicaciones que se realizaron el 15, 23 y 30 de junio y 8 de julio. El hidróxido de cobre se aplicó juntamente con las otras aplicaciones a razón de 50 cc por bomba de 16 litros.

I. Cosecha

La cosecha se realizó el 13, 15, 18 y 20 de marzo de 2005, teniendo las consideraciones indicadas en el inciso 6.4 para la toma y registro de los valores de las variables de respuesta bajo estudio.

2.4.6 Análisis de la información

Para el análisis de la información se realizaron los análisis de varianza para cada una de las variables de respuesta, luego se establecieron diferencias entre las medias por medio de la prueba de separación de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia, para identificar los mejores tratamientos según la variable en cuestión. Se realizaron análisis de regresión lineares, cuadráticos, simples y múltiples a fin de poder interpretar las variables relacionadas entre sí.

2.5 RESULTADOS

Los valores por tratamiento y repetición de cada una de las cuatro variables de respuesta del cultivo de brócoli, sometido a distintos períodos de encalado con cal hidratada ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$), previo a la siembra se presentan en el Anexo 1; con ellos se realizó el análisis estadístico y económico que se discute.

Siendo el objetivo principal, evaluar el efecto del encalado en diferentes períodos previo a la siembra del brócoli, para el control de la hernia de las crucíferas, se discute primero la variable porcentaje de incidencia que mide directamente este efecto y se analiza específicamente el efecto del tiempo de encalado sobre la incidencia; seguidamente se analizan las variables de respuesta del rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea y número de floretes por hectárea en términos del o de los mejores tratamientos.

2.5.1 Incidencia de la hernia de las crucíferas

El análisis de varianza para la variable de respuesta incidencia de la hernia de las crucíferas en el cultivo del brócoli, causada por el agente causal *Plasmodiophora brassicae*, indica que existen altas diferencias significativas entre los tratamientos (puesto que $\text{Pr}>F$ es menor a 0.05), es decir que al menos uno o más tratamientos de los aplicados, permiten reducir la cantidad de plantas de brócoli enfermas mucho más que los otros tratamientos. Para conocer cuáles son esos tratamientos se presenta en la Figura 9 el resumen de la prueba de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia.

De acuerdo a la Figura 9, en el tratamiento testigo, donde no se encaló el suelo como medida de control para el agente causal de la hernia de las crucíferas, todas las plantas de brócoli de cada una de las cuatro unidades experimentales (repeticiones) manifestaron la sintomatología típica de la enfermedad, es decir una incidencia del cien por ciento; este nivel de incidencia es muy superior y estadísticamente diferente al de los otros siete tratamientos evaluados.

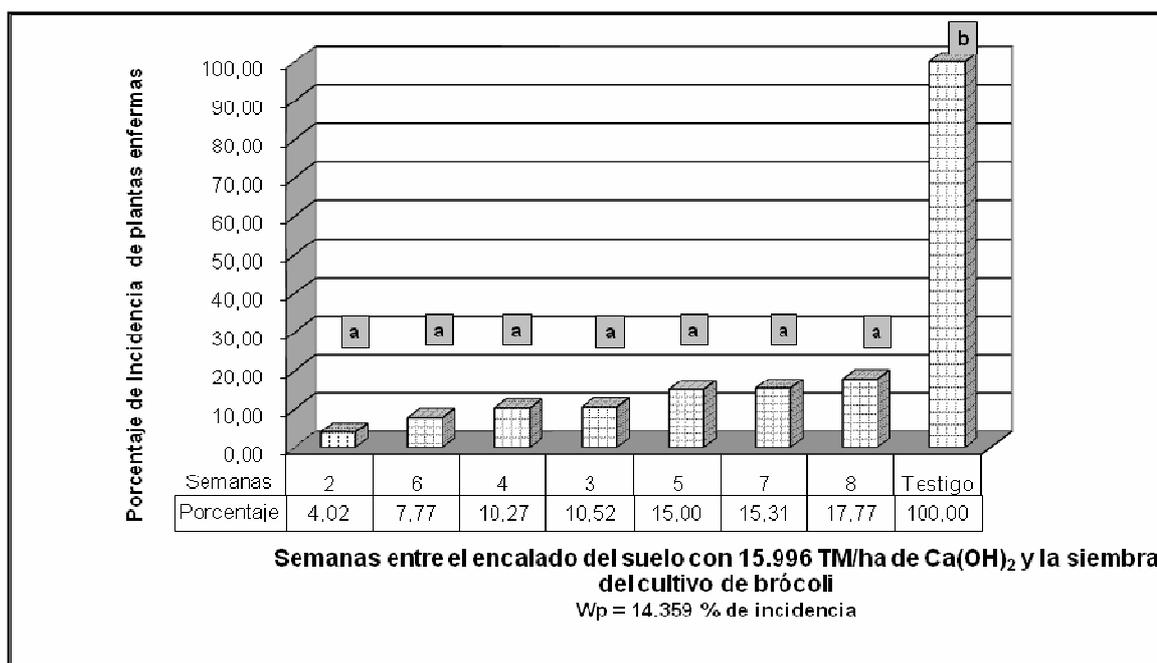


Figura 9. Resumen de Tukey para la variable de respuesta porcentaje de incidencia de la hernia de las crucíferas en el cultivo de brócoli.

La incidencia del 100 % en suelo sin encalar, confirma que el pH a 5.1 ó condición ácida es muy propicio para el desarrollo del patógeno, lo que favorece su movilidad dentro del suelo para alcanzar las raíces de todas las plantas presentes e infectarlas.

En los otros siete tratamientos donde se encaló el suelo a razón de 15.996 TM/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a una profundidad de 0.20 metros, la cantidad de plantas enfermas fue menor al 20 %, de lo que se deduce que el encalado redujo la acidez del suelo convirtiendo parte de los hidrógenos en agua y principalmente los aluminios en hidróxidos de aluminio, con lo que se elevó el pH y de esta manera se pudo inhibir parte del desarrollo del patógeno de la hernia de las crucíferas en estos siete tratamientos.

Al observar la Figura 9, se aprecia que el menor porcentaje de incidencia se presentó en el suelo donde el encalado se realizó a las dos semanas previo a la siembra, el segundo mejor tratamiento corresponde a seis semanas, seguido por el tratamiento de cuatro semanas. Esta situación es muy compleja de explicar en términos de los valores

promedio de cada tratamiento, por lo que se corrieron análisis de regresión, empleando únicamente los siete tratamientos donde se corrigió el pH del suelo por medio del encalado.

De acuerdo al análisis de regresión lineal simple realizado (Anexo 6) entre el tiempo en semanas de aplicación del encalado previo a la siembra (SEMPS) y la incidencia del patógeno *Plasmodiophora brassicae* Woronin (INCID), se tiene que la regresión es significativa ($Pr > F = 0.0134$), es decir, si hay regresión entre la incidencia del patógeno y el tiempo previo a la siembra de aplicación del encalado al suelo con una confianza del 98.66 por ciento de que el modelo es válido. El modelo lineal explica el 21 por ciento de la variación de la incidencia del patógeno asociada al tiempo de aplicación del encalado y se define como sigue:

$$\text{INCID} = 1.726 (\text{SEMPS}) + 2.8989$$

Donde:

INCID = Incidencia de *Plasmodiophora brassicae* en porcentaje.

SEMPS = Semanas previo a la siembra en que se aplicó el encalado al suelo.

El modelo planteado explica que por cada semana que transcurre entre la aplicación del encalado al suelo y la siembra del brócoli, la incidencia de la hernia de las crucíferas aumentará en 1.72 por ciento lo cual es alto, pues la regresión está validada para el rango de incidencia del 4 al 18 por ciento; es decir, que entre más tiempo se deje transcurrir entre la aplicación del encalado al suelo y la siembra del brócoli, el efecto del incremento del pH del suelo será menor y por lo tanto habrá menor control del patógeno, por lo que, para lograr un mejor efecto del encalado sobre la incidencia de *Plasmodiophora brassicae*, es necesario aplicar la cal dos semanas previo a la siembra, con lo cual se tendrá la menor incidencia del 6.35 por ciento (según el modelo matemático), que representa 4.02 por ciento en términos prácticos del ensayo.

En relación a esta situación hay dos aspectos importantes que mencionar: primero, que la cal hidratada o cal de construcción ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$), tiene una gran rapidez de reacción en la solución del suelo debido a su fino tamaño de partículas y alto valor neutralizante

(135 %), en relación al carbonato de calcio o cal agrícola (CaCO_3) empleada en evaluaciones anteriores puesto que para ésta última el mejor tiempo de aplicación entre el encalado y la siembra fue de 8 semanas (13). El segundo aspecto importante a considerar, es que, aunque no se realizaron mediciones de pH al final del ensayo, el pH tendría a disminuir nuevamente al transcurrir el tiempo de aplicación de la cal y de allí que la incidencia se incremente a medida que el tiempo entre la aplicación de la cal y la siembra del cultivo de brócoli sea mayor, aunque es importante señalar que este aumento en la incidencia no es significativo; es probable que la fuente de acidez para el presente caso sea la aplicación del abono orgánico como práctica normal en el lugar de la investigación.

En tal sentido, es importante que en el manejo integral del cultivo de brócoli, se planifiquen correctamente todas las prácticas agrícolas a fin de evitar, limitar o sustituir por otras, aquellas que tiendan a acidificar el suelo.

2.5.2 Rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea

El análisis de varianza para esta variable (Anexo 3), indica que en al menos uno de los ocho tratamientos evaluados se tiene un rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea diferente a los demás ($\text{Pr}>F = 0.0001$).

El resumen de la prueba de Tukey al cinco por ciento de significancia de la Figura 10, presenta las medias de cada uno de los ocho tratamientos. En primer lugar se aprecia que se formaron dos grupos estadísticamente diferentes, el primer grupo que incluye a los siete tratamientos donde se aplicó $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al suelo y el segundo grupo estadístico de Tukey que contiene únicamente al tratamiento testigo donde no se aplicó la práctica de encalado.

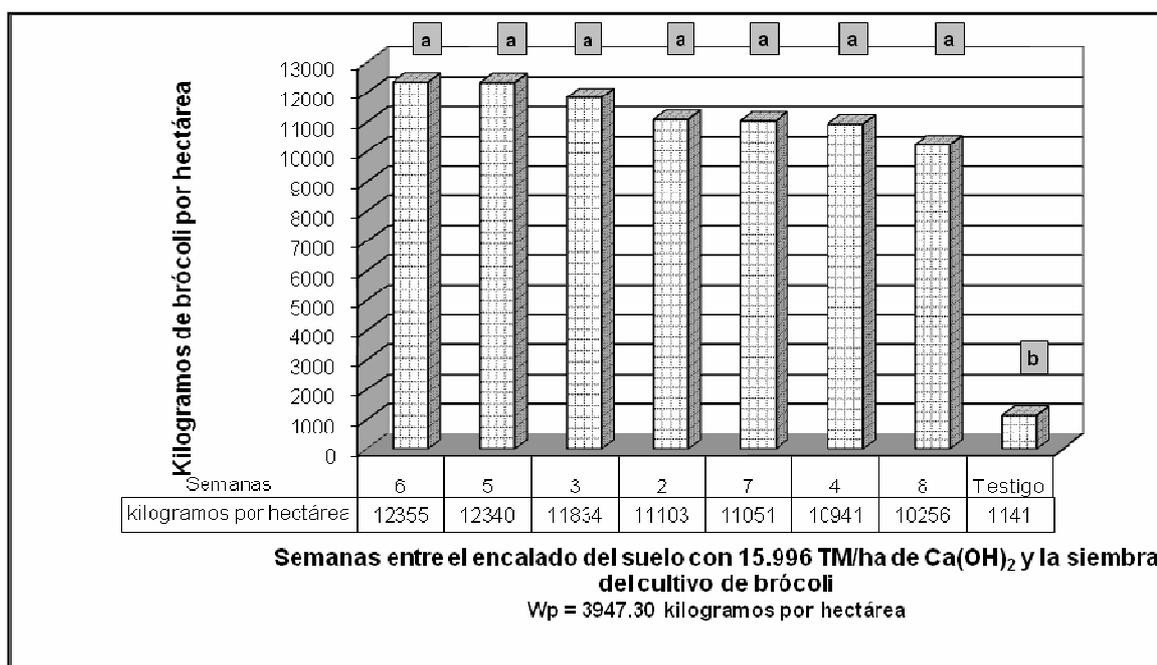


Figura 10. Resumen de Tukey para la variable de respuesta kilogramos de brócoli por hectárea.

Los siete tratamientos donde se encaló el suelo y que presentó el mayor rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea, también corresponden a los siete tratamientos donde se presentó menos del veinte por ciento de plantas enfermas. No fue posible explicar por medio de algún modelo matemático válido la relación entre el tiempo encalado previo a la siembra (en semanas) y el rendimiento del brócoli en kilogramos por hectárea, ya sea como relación lineal directa, inversa o cuadrática.

Al aplicar el encalado dos semanas previo a la siembra se obtiene el menor porcentaje de incidencia (4.02 %) que es estadísticamente igual y seguido en segundo lugar por el encalado a seis semanas (7.77 %), sin embargo el mayor rendimiento corresponde al encalado a seis semanas previo a la siembra con 12,355 kg/ha, seguido en la cuarta posición (pero estadísticamente igual) por el encalado a dos semanas con 11,103 kg/ha, lo que representa 1,252 kilogramos menos. Es probable que por solo existir dos semanas entre la aplicación del encalado y la aplicación de la primera fertilización

orgánica y química se tuvieran 1,252 kilogramos menos de brócoli por hectárea en este tratamiento, debido a que el calcio que no hubiera reaccionado con los iones hidrógeno, pudiera formar compuestos insolubles de fósforo, limitando su disponibilidad para las plantas o por algún tipo de stress ocasionado por la reciente aplicación; del mismo modo esta pudo ser la causa de que el número de floretes por hectárea no sea el mayor con el tratamiento a dos semanas de encalado previo a la siembra del brócoli tal como se aprecia en el inciso 7.3.

A. Rendimiento actual versus rendimiento de años anteriores

El máximo rendimiento obtenido en la presente investigación fue de 12,355 kg/ha al aplicar 15.996 TM/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al suelo seis semanas previo a la siembra del cultivo; entre tanto que López Quiñónez (11) en 1995 obtuvo un rendimiento máximo de 19,242 kg/ha y Paz Kroell (1) en 1996 obtuvo un rendimiento máximo de 18,549 kg/ha de brócoli, ambos rendimientos son superiores al máximo alcanzado en esta investigación y se debe a que los estándares de corte exigidos por las empresas comercializadoras en ese tiempo son diferentes a los empleados actualmente por la empresa Alimentos Congelados, S.A. (Figura 11).

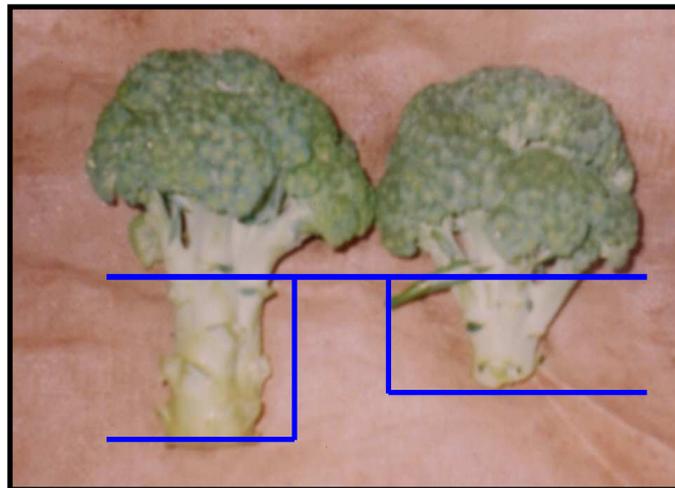


Figura 11. Floretes de brócoli con tallo largo (standard antes de 2003) en comparación a florete de tallo corto (estándar actual).

El menor rendimiento actual se debe a que después del año 2003, las inflorescencias (florete) se entregan sin tallo, en tanto que antes del año 2003, los floretes se entregaban con una extensión del tallo (tallo largo), siendo esta porción extra de materia fresca la que hace la diferencia de los rendimientos anteriores y actuales.

B. Rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea según la incidencia del patógeno

Al relacionar el rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea en función de la incidencia de *Plasmodiophora brassicae*, se tiene el siguiente modelo de regresión lineal simple el cual es válido puesto que la $Pr>F$ es de 0.0134 y explica el 68 por ciento de la variación del rendimiento en kilogramos por hectárea asociado a la incidencia del patógeno (Anexo 7).

$$\text{KGHA} = -110.29445 (\text{INCID}) + 12,618.80726$$

Donde:

KGHA = Kilogramos por hectárea de brócoli.

INCID = Incidencia de plantas enfermas en porcentaje.

De acuerdo al modelo anterior, en una hectárea cultivada con brócoli, por cada uno por ciento de plantas enfermas con *Plasmodiophora brassicae*, es decir por cada 330 plantas enfermas por hectárea, el rendimiento se reduce en 110.29 kilogramos por hectárea, lo cual en términos prácticos casi equivale a decir que la planta que es afectada por el patógeno no podrá ser comercializada.

2.5.3 RENDIMIENTO DE FLORETES POR HECTÁREA

El análisis de varianza para el número de floretes por hectárea indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados para el control del patógeno *Plasmodiophora brassicae* en el cultivo de brócoli, puesto que la $Pr>F=0.0001$ fue menor a 0.05 (Anexo 4). En la Figura 12 se presenta el resumen de la prueba múltiple de separación de medias de Tukey al cinco por ciento de significancia para esta variable.

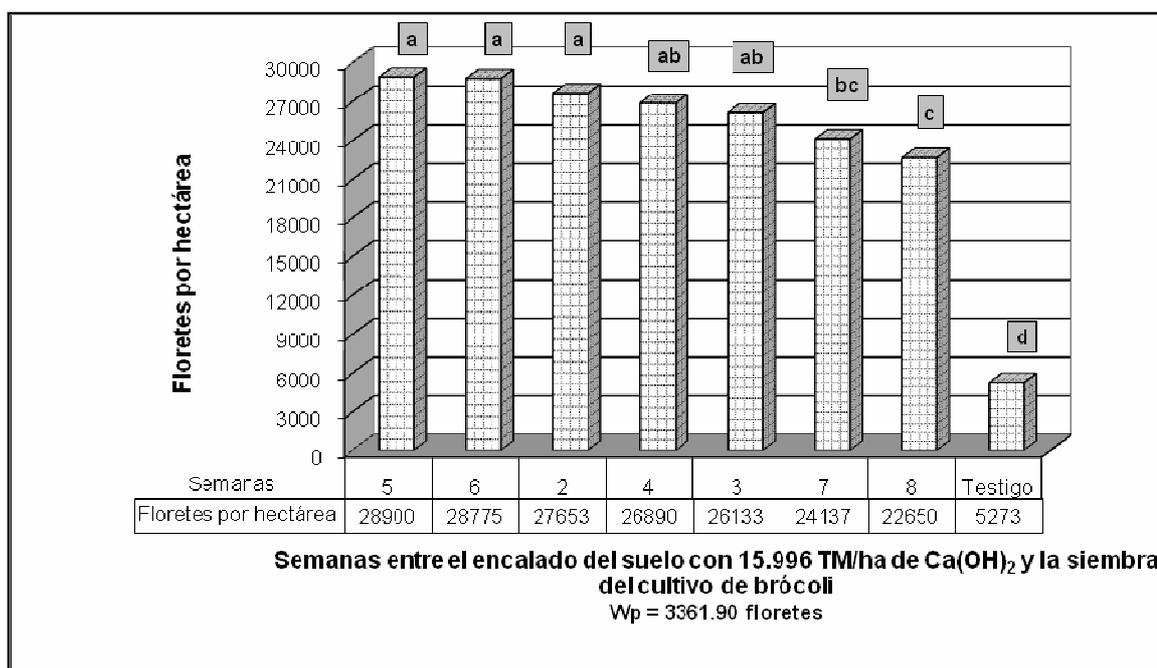


Figura 12. Resumen de Tukey para la variable de respuesta número de floretes por hectárea.

En este caso, el mayor número de floretes por hectárea lo ocuparon igualmente los tratamientos en que se aplicó la cal a las 2, 3, 4, 5 y 6 semanas previo a la siembra, con un rendimiento desde los 26,133 hasta 28,900 floretes por hectárea, luego el segundo grupo lo conforman los tratamientos donde se aplicó la cal a las 7 y 8 semanas previo a la siembra y finalmente la menor cantidad de floretes por hectárea se presentó donde no se aplicó cal al suelo para el control del patógeno de la hernia de las crucíferas.

La incidencia de *Plasmodiophora brassicae* afecta el número de floretes cosechados por hectárea, de tal forma que por cada uno por ciento de plantas enfermas en una hectárea de cultivo (330 plantas enfermas de un total de 33,057 plantas cultivadas) se pierden 230.85 floretes, lo que equivale a decir que de 330 plantas afectadas por el patógeno 230.85 no podrán ser cosechadas, de tal forma que 70 % de las plantas afectadas por el patógeno no producen un florete para ser comercializado y del resto (30 %) de las plantas afectadas por el patógeno si es posible obtener un florete para el mercado en fresco.

Lo anterior es válido puesto que para el modelo de regresión:

$$\text{Floretes por hectárea} = -230.85266 (\text{Porcentaje de incidencia}) + 29,015.71615$$

la $Pr>F = 0.0001$ fue menor a 0.05 y explica el 88 por ciento de la variación del número de floretes asociado a la incidencia del patógeno (Anexo 8).

2.5.4 Análisis económico

En el Cuadro 9, se presenta el análisis de dominancia de los tratamientos evaluados, donde la E significa encalado y S semanas, así “E2S”, es el tratamiento de encalado del suelo dos semanas previo a la siembra. Los costos variables de la cal hidratada y la aplicación de la misma están depreciados para un tiempo de aprovechamiento de cuatro años.

Cuadro 9. Análisis de dominancia realizado en el 2005.

Tratamiento	Costos Variables	Beneficio Neto	Dominancia
Testigo	Q 799.98	Q 1,231.00	ND
E2S	Q 5,797.45	Q13,965.89	ND
E3S	Q 5,832.87	Q15,231.66	ND
E4S	Q 5,868.28	Q13,606.70	D
E5S	Q 5,903.70	Q16,061.51	ND
E6S	Q 5,939.11	Q16,052.79	D
E7S	Q 5,974.53	Q13,696.26	D
E8S	Q 6,009.94	Q12,245.74	D

Como se aprecia en el Cuadro 9, son los tratamientos testigo, encalado del suelo a 2, 3 y 5 semanas previo a la siembra del brócoli, los que al incrementar los costos variables en la nueva alternativa también incrementan su beneficio neto, siendo tratamientos no dominados “ND” y los que se emplearon para el análisis de la tasa marginal de retorno (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de la tasa de retorno marginal

Tratamiento	Ingreso Neto	Costos Variables	Incremento		Tasa Marginal de Retorno	Residuo
			Beneficio Neto	Costo Variable		
Testigo	Q 1,231.00	Q 799.98				Q 431.02
E2S	Q 13,956.89	Q 5,797.45	Q 12,725.89	Q 4,997.47	254.65	Q 8,159.44
E3S	Q 15,231.66	Q 5,832.87	Q 1,274.77	Q 35.42	3599.01	Q 9,398.79
E5S	Q 16,061.51	Q 5,903.70	Q 829.85	Q 70.83	1171.61	Q10,157.81

De acuerdo a la tasa marginal de retorno calculada en el año 2005, se aprecia que al encalar el suelo, es decir de pasar de no controlar el patógeno de la hernia de las crucíferas (tratamiento testigo) y encalar el suelo con 15.996 toneladas métricas por hectárea de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dos semanas previo a la siembra, por cada quetzal que se invierte se recupera el quetzal invertido más una ganancia de Q. 2.54; luego entre encalar el suelo a las dos semanas previo a la siembra y hacerlo a las tres semanas previo a la siembra, por cada quetzal adicional que se invierte se recupera el quetzal invertido más una ganancia de Q. 35.99; y finalmente entre encalar el suelo a las tres semanas previo a la siembra y hacerlo a las cinco semanas previo a la siembra, por cada quetzal adicional invertido en el arrendamiento del terreno se recuperará el quetzal invertido más una ganancia de Q. 11.71; en tal sentido el mejor tratamiento es aquel en el que se debe de encalar el suelo para el control de la hernia de las crucíferas, cinco semanas previo a la siembra del brócoli.

El análisis de residuos ratifica que el tratamiento de encalado del suelo a cinco semanas previo a la siembra del brócoli es el mejor, puesto que presenta el mayor residuo de Q. 10,157.81 al restar de los beneficios netos el valor de los costos variables.

2.5.5 Conclusiones y recomendaciones

A. Conclusiones

- a. El encalado del suelo en diferentes períodos previo a la siembra del brócoli, tiene efecto negativo sobre *Plasmodiophora brassicae*, reduciendo la incidencia de un 100 hasta un 15 por ciento.
- b. El período de encalado previo a la siembra del brócoli que presentó la menor incidencia de hernia de las crucíferas fue el de dos semanas.
- c. El período de encalado previo a la siembra del brócoli, que presentó el mayor rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea fue el de seis semanas.
- d. El período de encalado que tuvo mayor beneficio económico fue el de cinco semanas previo a la siembra del brócoli.

B. Recomendaciones

- a. Para los agricultores de la aldea El Astillero, Jalapa, Jalapa, que los terrenos presentan problemas con *Plasmodiophora brassicae*, y que el pH del suelo esté alrededor de 5, se recomienda que encalen el suelo con 15.996 toneladas métricas de cal hidratada ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$) por hectárea cinco semanas previo a la siembra del brócoli, ya que de esta manera se logra reducir la incidencia de plantas enfermas hasta en un 85 % y su aplicación es económicamente viable pues se recuperan los costos de la inversión.

2.6 Bibliografía

1. AGEXPRONT (Asociación Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales de Guatemala, GT). 2002. Estadísticas de exportación, cultivo del brócoli. Guatemala. 2 p.
2. _____. 2003. Manual técnico de producción de brócoli (*Brassica olerácea* Var. Itálica). Guatemala. 42 p.
3. Bertsch F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
4. Cansinos, J. 2004. Manual de fertilidad de suelos. Guatemala. USAC, Facultad de Agronomía, Sub-área de suelos. p 184 – 191.
5. Carranza Bazini, H; Morales, R; Salguero, NV. 1995. Distribución geográfica e incidencia de la hernia del brócoli (*Plasmodiophora brassicae*), en Guatemala. *In* Manejo integrado de plagas en brócoli. (1995, Guatemala). V. Salguero ed. Guatemala, MIP / ICTA / CATIE / ARF. p. 49 – 61.
6. Casseres, E. 1980. Producción de hortalizas. San José, Costa Rica, IICA. 397 p.
7. Díaz Gularte, G. 2002. Información nacional del cultivo de brócoli. Guatemala. 12 p. Sin publicar
8. Díaz, Gularte, G. 2003. Manual técnico de producción comercial de brócoli. Guatemala, AGEXPRONT / BCIE. 42 p.
9. Donahue, L; Miller, W; Shickluna, C. 1987. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. México, Prentice Hall. 625 p.
10. EDIFARM, GT. 2003. Manual de hortalizas. Guatemala. 522 p.
11. Hernández, JA. 1990. Estimación de área y producción de hortalizas y frutas en Guatemala. Guatemala, CIPREDA. 11 p.
12. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo, MX). 2000. Manual de fertilidad de suelos. México, 175 p.
13. Lazcano-Ferrat, I. 1996. Controle la acidez y alcalinidad y aumente la fertilidad de su suelo. México, INPOFOS, Informaciones Agronómicas. 16 p.
14. López Quiñónez, MA. 1995. Evaluación de métodos de control de la hernia de la crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo del brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) en Patzicía, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 58 p.

15. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color.
16. Monterroso, D; Ruegg, K. 1974. Incidencia del nudo o hernia del repollo (*Plasmodiophora brassicae*) en el valle de Almolonga, Quetzaltenango. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 8 p.
17. Paz Kroell, HL. 1996. Evaluación de cuatro periodos de solarizado, encalado y sus combinaciones, para el control de la hernia de la crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) en brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica Plenck) en el Tejar, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 40 p.
18. Romero, C. 1998. Fitopatología. México, Universidad Autónoma Chapingo. 148 p.
19. Salazar García, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Queretaro, México, Instituto de la Potasa y el Fósforo. 165 p.
20. Samayoa Juárez, JO. 1997. Evaluación del solarizado y encalado en época seca, para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin en brócoli *Brassica oleracea* L. var. Italica Plenck, en el Tejar, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 62 p.
21. Walker, JC. 1965. Patología vegetal. Barcelona, España, Omega. p 345 – 349.

CAPÍTULO III
INFORME DE SERVICIOS
REALIZADOS EN COMUNIDADES DEL DEPARTAMENTO DE JALAPA

3.1 PRESENTACIÓN

De las nueve comunidades del departamento de Jalapa, que producen brócoli para la empresa Alimentos Congelados, S.A., (ALCOSA), en cuatro de ellas se prestó el servicio de capacitación en los cultivos de brócoli y papa, por ser éstas donde se concentra la mayor extensión cultivada. Las comunidades seleccionadas fueron Pino Dulce, El Refugio y Soledad Grande, del municipio de Mataquescuintla, Jalapa y la comunidad de El Astillero del municipio de Jalapa, Jalapa.

A través del servicio, se capacitó alrededor del 70 por ciento de los agricultores que cultivan brócoli y papa; en la capacitación en brócoli el aspecto sobresaliente e interesante para los agricultores fue el manejo de la enfermedad de la hernia de las crucíferas, de tal forma que también se incluyó un análisis químico del suelo con fines de fertilidad, por ser el pH del suelo un factor determinante para el desarrollo del patógeno. En la capacitación en el cultivo de papa el aspecto sobresaliente e interesante para los agricultores fue el relacionado con la adquisición y criterios para la selección de una semilla adecuada.

Resultado de la evaluación se aprecia que los agricultores, prestan mayor atención cuando en la capacitación se tratan temas que enfocan los problemas inmediatos de la comunidad, menor atención prestan a los temas que como finalidad transmiten conocimiento que les puede evitar complicaciones en un futuro.

3.2 CAPACITACIÓN A LOS AGRICULTORES EN LOS CULTIVOS DE BRÓCOLI Y PAPA

3.2.1 Objetivos

A. General

- a. Capacitar a los agricultores de las comunidades de Pino Dulce, Refugio, Soledad Grande y El Astillero del departamento de Jalapa, en el manejo de los cultivos de brócoli y papa de acuerdo a los lineamientos técnicos de la empresa agroexportadora.

B. Específicos

- a. Enseñar a los agricultores los aspectos técnicos del cultivo de brócoli desde la preparación del suelo hasta la cosecha con el propósito de incrementar los rendimientos.
- b. Capacitar a los agricultores en la toma, preparación, análisis e interpretación de muestras de suelos con fines de fertilidad.
- c. Preparar bajo lineamientos técnicos a los agricultores en el cultivo de papa.

3.2.2 Metodología

A. Capacitación en el cultivo de brócoli

La capacitación en el cultivo de brócoli incluyó dos grandes fases, en la primera fase se realizaron ocho reuniones en las que se proporcionó charlas expositivas a los agricultores, la segunda fase se llevó directamente en los campos de cultivo a solicitud individual o en grupo a fin de resolver inquietudes de los agricultores y/o supervisión de las parcelas de cultivo.

a. Primera fase: charlas expositivas

En esta fase se prepararon materiales para exponer aspectos importantes del cultivo de brócoli, en cada una de las cuatro localidades se presentaron dos charlas, en la primera charla las generalidades del cultivo hasta el manejo de plagas y en la segunda

charla desde el manejo de enfermedades hasta los parámetros de calidad. El contenido detallado de las charlas se expone a continuación:

Contenido de la exposición:

- Importancia nutricional del brócoli como alimento.
- Principales cultivares
- Requerimientos climáticos
- Requerimientos de suelo
- Requerimientos de fertilización
- Cualidades de los cultivares
 - Germinación
 - Madurez
 - Altura y diámetro de la planta
 - Color de la cabeza
 - Tamaño del grano
- Manejo de plagas
 - Gallina ciega
 - Gusano alambre
 - Gusano nochero
 - Tortuguilla
 - Mariposa blanca
 - Palomilla dorso de diamante
 - Gusano soldado
 - Falso medidor
- Control químico, biológico, uso de feromonas sexuales e insectos benéficos.
- Manejo de enfermedades
 - Enfermedades causadas por bacterias
 - *Erwinia* spp.
 - *Pseudomonas* spp.
 - *Xanthomonas* spp.
 - Enfermedades causadas por hongos

- *Alternaria brassicae*
 - *Phoma lingam*
 - *Rhizoctonia solani*
 - *Cercospora brassicicola*
 - *Plasmodiophora brassicae*
 - *Fusarium* spp.
 - *Pythium* spp.
 - *Peronospora* spp.
 - *Phytophthora* spp.
- Daños fisiológicos
 - Lepra
 - Tallo hueco
 - Manejo de malezas
 - Cosecha
 - Parámetros de calidad

A los agricultores de cada una de las cuatro localidades, se les indicó, antes del inicio de cada charla, que al final de las mismas se haría una evaluación rápida a través de preguntas en forma verbal y que de acuerdo a los conocimientos asimilados, se otorgarían (en cada localidad) dos juegos de material de apoyo como sigue:

- **Manual técnico de producción comercial de brócoli**, elaborado por la AGEXPRONT y el BCIE, el cual fue publicado en el año 2003.
- **Manual gráfico de producción de brócoli**, elaborado por el Ing. Guillermo Díaz Gularte, con el financiamiento de la Agencia de Cooperación de Estados Unidos (AID), el cual fue publicado en el año 2004.

Ambos manuales, fueron la base para la preparación de las charlas, ya que contienen información actualizada para Guatemala, como producto de una investigación exhaustiva en el cultivo de brócoli y que incluye, no solo la experiencia a nivel de campo, sino que además una forma sencilla y práctica de transmitirla a agricultores del área rural de Guatemala, como es el caso del manual gráfico de producción de brócoli.

b. Segunda fase: capacitación en campos de cultivo

En esta segunda fase, se solucionaron dudas que los agricultores plantearon al epesista en las visitas a los campos de cultivo. La mayoría de preguntas fueron resueltas durante las visitas a los campos de cultivo, y se centralizaron en su mayoría en cuanto al manejo de enfermedades, especialmente la hernia de las crucíferas.

Los agricultores interesados en el manejo de la enfermedad de la hernia de las crucíferas, recibieron una capacitación especial en campo, para lo cual se coordinó a fin de que estuvieran presentes durante el montaje del ensayo de evaluación de dosis de encalado para el control de la enfermedad; finalmente se proporcionó la información obtenida del ensayo y se realizó una visita de campo para ver el efecto de los tratamientos sobre el cultivo al momento de la cosecha.

B. Toma de muestras de suelo, e interpretación de resultados de laboratorio

En este caso, se tomaron dos muestras de suelo, una en la aldea Pino Dulce y la otra en la aldea El Refugio. Para el caso de la aldea El Astillero, la capacitación en toma de muestras de suelo se realizó cuando se obtuvo la muestra de suelo del área experimental donde se condujo el ensayo de evaluación de dosis de encalado para el control de la hernia de las crucíferas.

En la capacitación que incluyó teoría y práctica, se expusieron los aspectos siguientes:

- Muestra simple
- Muestra compuesta
- Número de submuestras
- Estratificación del terreno
- Procedimiento para obtención de la muestra simple
- Secado a la sombra de la muestra
- Preparación de la muestra para envío al laboratorio
- Interpretación de resultados

Luego de enviar las muestras al laboratorio y con los resultados de cada uno de los tres muestreos, se convocó a una reunión a los agricultores de las Comunidades Pino Dulce, El Refugio y El Astillero a fin de analizar los resultados obtenidos de las tres muestras de suelo; la reunión se realizó en la aldea El Astillero.

C. Capacitación en el cultivo de papa

Para la capacitación en el cultivo de papa, se preparó una charla para cada una de las cuatro localidades; la temática, aunque fue amplia, se circunscribió especialmente a la fase de establecimiento de la plantación. Los aspectos tratados fueron los siguientes:

Contenido de la exposición

- Selección de la semilla.
- Centros de venta de semilla.
- Época de compra de la semilla.
- Clasificación de la semilla según el tamaño.
- Clasificación de la semilla según su aspecto fitosanitario
- Tratamiento de la semilla previo al encierro.
- Selección de la semilla por flotación previo al encierro.
- Encierro de la semilla (cuarto oscuro) previo a la siembra.
- Rebrote previo a la siembra.
- Selección final de la semilla por rebrote.
- Siembra.
- Fertilización orgánica.
- Fertilización química.
- Emergencia de plántulas.
- Calzado de las plantas.
- Poda mecánica o química del área foliar.
- Llenado del tubérculo.
- Cosecha.

3.2.3 Resultados

En el Cuadro 11, se presenta la totalidad de agricultores de cada una de las cuatro comunidades del departamento de Jalapa, que cultivan brócoli y papa, además se indican las temporadas en que se dedican a la producción de estos cultivos.

Cuadro 11. Productores de brócoli y papa de las comunidades del departamento de Jalapa.

Municipio	Comunidad	PRODUCTORES							
		Productores		Abril-Junio		Julio-Octubre		Diciembre-Marzo	
		Bro	Pap	Broc	Pap	Broc	Pap	Broc	Pap
Mataquescuintla	Pino Dulce	31	41	23	37	12	10	4	23
Mataquescuintla	Refugio	26	25	19	22	17	7	8	17
Mataquescuintla	Soledad Grande	27	27	21	25	9	15	7	13
Jalapa	El Astillero	24	26	17	18	15	9	3	21
TOTAL		108	119	80	102	53	41	22	74

Referencia: Bro = Brocólí, Pap = Papa

Del Cuadro 11, se observa que en las cuatro localidades un total de 108 agricultores se dedican a la producción de brócoli, cultivando anualmente un total de 231 hectáreas; un total de 119 agricultores se dedican a la producción de papa cultivando anualmente un área total de 222 hectáreas. En la aldea Pino Dulce es donde se concentra el mayor número de productores tanto de brócoli y papa

A. Capacitación en el cultivo de brócoli

En la Figura 13, se presenta el porcentaje de asistencia de los agricultores a las capacitaciones en el cultivo de brócoli, con base al número de productores por localidad que se indican en el Cuadro 11.

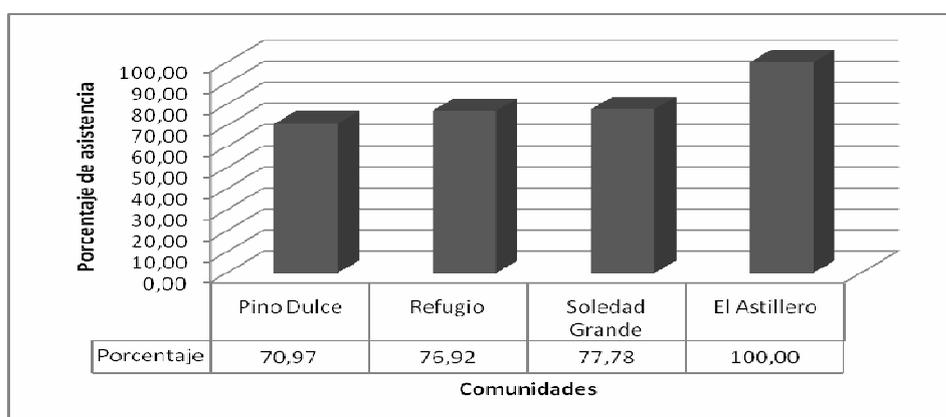


Figura 13. Porcentaje de asistencia a las capacitaciones en brócoli, en Jalapa.

La asistencia de agricultores a la capacitación en el cultivo de brócoli fue superior al 70 por ciento en las cuatro localidades; en la comunidad de El Astillero, se tuvo una asistencia del 100 por ciento de los agricultores, lo cual se debió al gran interés de éstos para resolver la gran problemática que los aqueja referente a la enfermedad de la hernia de las crucíferas.

B. Capacitación en toma de muestras de suelo con fines de fertilidad

En el Cuadro 12 se presenta el resultado del laboratorio de análisis de suelo agua y planta “Salvador Castillo Orellana”, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cuadro 12. Análisis de suelo de las comunidades brocoleras de Jalapa.

	pH	ppm		Meq/100 gr		ppm			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Rango Medio		(12 -16)	(120 - 150)	(6 - 8)	(1.5 - 2.5)	(2 - 4)	(4 - 6)	(10 - 15)	(10 - 15)
Pino Dulce	5.3	10.15	440	6.24	1.03	1.0	3.5	19.5	16.5
El Refugio	5.9	2.17	615	12.48	1.85	0.1	9.5	5.0	10.0
El Astillero	5.1	6.35	610	6.24	1.29	0.5	7.5	10	25

En términos generales la interpretación conjunta del análisis de suelo fue la siguiente:

- Según el análisis de suelo, el patógeno *Plasmodiophora brassicae* Woronin, causante de la hernia de las crucíferas, tiene las condiciones óptimas para poder desarrollarse, en las tres localidades.
- Químicamente los aluminios e hidrógenos proporcionan la acidez del suelo.
- El suelo puede responder bien a aplicaciones de fertilizantes fosforados.
- Para evitar las pérdidas en la producción de brócoli que en algunos casos llegan hasta el 100 por ciento debido a la hernia de las crucíferas, es necesario encalar el suelo con 16 toneladas métricas por hectárea de cal hidratada cinco semanas previo a la siembra del cultivo.

A la capacitación en toma de muestras de suelo con fines de fertilidad, asistió alrededor del 60 por ciento de los agricultores tanto de brócoli como de papa, lo que

representa una asistencia de 15 agricultores de cada cultivo por cada localidad, para un total de 120 personas en total.

C. Capacitación en el cultivo de papa

En la Figura 14, se presenta el porcentaje de asistencia de agricultores a la capacitación en el cultivo de papa.

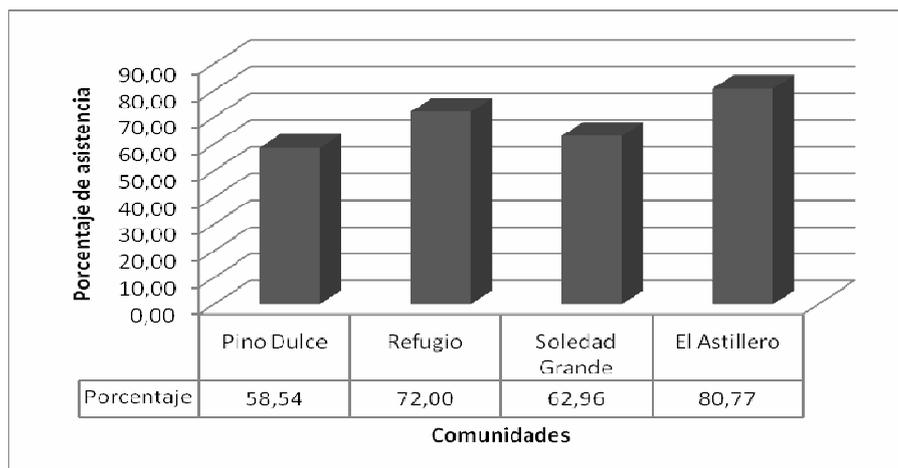


Figura 14. Porcentaje de asistencia a las capacitaciones en papa, en Jalapa.

En la Comunidad Pino Dulce, donde se presentó el mayor número de agricultores que se dedican al cultivo de papa, solamente el 58 por ciento asistieron a la capacitación (24 de 41 agricultores); en la comunidad de El Astillero, se presentó el mayor porcentaje de asistentes a la capacitación (80.77 %), es decir 21 agricultores que cultivan papa de un total de 26, como se indica en el Cuadro 11.

De la capacitación ofrecida, las preguntas sobresalientes fueron en torno a cómo adquirir una buena semilla libre de plagas y enfermedades.

3.2.4 Evaluación

Tomando como base el porcentaje de asistencia de los agricultores y la temática tratada, las capacitaciones agrícolas, resultan interesantes en la medida en que tiendan a resolver sus necesidades más inmediatas, como es el caso de la enfermedad de la hernia de las crucíferas; a medida que la temática no resuelve inquietudes inmediatas, los

agricultores le prestan menor atención, aunque por esencia la información sea fundamental con el propósito de evitar pérdidas en el futuro inmediato por desconocimiento.

4. ANEXOS

Anexo 1. Datos de las variables de respuesta del cultivo de brócoli analizadas estadísticamente

Bloque	Tratamientos	Peso	Kilogramos	Floretes por	Incidencia
		Unitario (gr)	por hectárea	hectárea	Porcentaje
1	TES	320	1918.18	6003	100.00
1	E2S	331	9964.00	30065	11.11
1	E3S	524	13361.36	25508	0.00
1	E4S	316	8859.00	28025	0.00
1	E5S	446	12706.81	28508	0.00
1	E6S	452	13150.00	29075	11.11
1	E7S	481	11300.00	23508	11.11
1	E8S	456	10252.27	22505	20.00
2	TES	252	1259.09	5000	100.00
2	E2S	640	16643.18	26008	0.00
2	E3S	538	13986.36	26021	15.00
2	E4S	458	11927.27	26024	11.11
2	E5S	566	15561.36	27501	20.00
2	E6S	507	13445.45	26500	5.00
2	E7S	609	15222.72	25011	21.05
2	E8S	574	12054.54	21005	11.11
3	TES	282	1136.36	4025	100.00
3	E2S	255	7521.81	29456	0.00
3	E3S	344	9125.45	26500	11.11
3	E4S	377	10556.36	28009	15.00
3	E5S	308	9578.18	31082	15.00
3	E6S	387	11623.63	30016	0.00
3	E7S	361	8112.72	22503	11.11
3	E8S	469	10796.36	23000	20.00
4	TES	41	249.09	6062	100.00
4	E2S	410	10283.63	25082	5.00
4	E3S	410	10861.82	26502	16.00
4	E4S	487	12420.00	25503	15.00
4	E5S	404	11512.72	28510	25.00
4	E6S	380	11201.81	29507	15.00
4	E7S	375	9567.27	25526	18.00
4	E8S	329	7920.00	24088	20.00

Donde:

TES	=	Testigo
E2S	=	Encalado del suelo con 13.33 TM/ha de Ca (OH) ₂ , 2 semanas antes de la siembra del brócoli.
E3S	=	Encalado del suelo con 13.33 TM/ha de Ca (OH) ₂ , 3 semanas antes de la siembra del brócoli.
E4S	=	Encalado del suelo con 13.33 TM/ha de Ca (OH) ₂ , 4 semanas antes de la siembra del brócoli.
E5S	=	Encalado del suelo con 13.33 TM/ha de Ca (OH) ₂ , 5 semanas antes de la siembra del brócoli.
E6S	=	Encalado del suelo con 13.33 TM/ha de Ca (OH) ₂ , 6 semanas antes de la siembra del brócoli.
E7S	=	Encalado del suelo con 13.33 TM/ha de Ca (OH) ₂ , 7 semanas antes de la siembra del brócoli.
E8S	=	Encalado del suelo con 13.33 TM/ha de Ca (OH) ₂ , 8 semanas antes de la siembra del brócoli.

Anexo 2. Análisis estadístico de la variable de respuesta incidencia en porcentaje de plantas enfermas con el protozoo *Plasmodiophora brassicae* Woronin.

2.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable: INCIDENCIA

FUENTE	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	Probabilidad > F
Modelo	10	28190.24010000	2819.02401000	76.91	0.0001
Bloque	3	242.06526250	80.68842083	2.20	0.1179
Tratamiento	7	27948.17483750	3992.59640536	108.93	0.0001
Error	21	769.73858750	36.65421845		
Total	31	28959.97868750			

2.2 PRUEBA DE TUKEY

Significancia= 0.05 grados de libertad= 21 Cuadrado medio del error= 36.65422

Valor crítico = 4.743

Diferencia minima significativa = 14.359

Grupo Tukey	Media	número	tratamiento
A	100.000	4	TES
B	17.778	4	E8S
B	15.318	4	E7S
B	15.000	4	E5S
B	10.528	4	E3S
B	10.278	4	E4S
B	7.778	4	E6S
B	4.028	4	E2S

Anexo 3. Análisis estadístico de la variable de respuesta rendimiento en kilogramos por hectárea de brócoli.

3.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable: rendimiento en kilogramos por hectárea

FUENTE	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	Probabilidad > F
Model	10	455466884.3147	45546688.4315	16.44	0.0001
Bloque	3	71415153.4272	23805051.1424	8.59	0.0006
Tratamiento	7	384051730.8875	54864532.9839	19.81	0.0001
Error	21	58168673.3963	2769936.8284		
Corrected Total	31	513635557.7110			

3.2 PRUEBA DE TUKEY

Significancia= 0.05 grados de libertad del error= 21 cuadrado medio del error= 2769937

Valor crítico= 4.743

Diferencia mínima significativa= 3947.3

Grupo Tukey	Media	número	tratamiento
A	12355	4	E6S
A			
A	12340	4	E5S
A			
A	11834	4	E3S
A			
A	11103	4	E2S
A			
A	11051	4	E7S
A			
A	10941	4	E4S
A			
A	10256	4	E8S
B	1141	4	TES

Anexo 4. Análisis estadístico de la variable de respuesta número de floretes por hectárea de brócoli.

4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

FUENTE	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	Probabilidad > F
Modelo	10	1711102437.500	171110243.750	85.16	0.0001
Bloque	3	9907578.625	3302526.208	1.64	0.2096
Tratamiento	7	1701194858.875	243027836.982	120.95	0.0001
Error	21	42194427.375	2009258.446		
Total	31	1753296864.875			

4.2 PRUEBA DE TUKEY

Significancia= 0.05 grados de libertad del error= 21 cuadrado medio del error= 2009258

Valor crítico= 4.743

Diferencia mínima significativa= 3361.9

Grupo Tukey	Media	número	tratamiento
A	28900	4	E5S
A			
A	28775	4	E6S
A			
A	27653	4	E2S
A			
B	26890	4	E4S
B			
B	26133	4	E3S
B			
B	24137	4	E7S
C			
C	22650	4	E8S
D	5273	4	TES

Anexo 5. Análisis estadístico de la variable de respuesta peso unitario por florete.

5.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

Variable: peso unitario

FUENTE	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	Probabilidad > F
Modelo	10	316637.8125000	31663.7812500	4.75	0.0013
Bloque	3	149064.5937500	49688.1979167	7.45	0.0014
Tratamiento	7	167573.2187500	23939.0312500	3.59	0.0107
Error	21	139997.1562500	6666.5312500		
Corrected Total	31	456634.9687500			

5.2 PRUEBA DE TUKEY

Significancia= 0.05 grados de libertad del error= 21 cuadrado medio del error= 6666.531
 Valor crítico= 4.743
 Diferencia mínima significativa= 193.65

Grupo Tukey	Media	número	tratamiento
A	457.00	4	E8S
A			
A	456.50	4	E7S
A			
A	454.00	4	E3S
A			
A	431.50	4	E6S
A			
A	431.00	4	E5S
A			
B	409.50	4	E4S
B			
B	409.00	4	E2S
B			
B	223.75	4	TES

Anexo 6. Análisis de regresión lineal simple entre las semanas previo a la aplicación del encalado y la incidencia de *Plasmodiophora brassicae*.

Variable: INCIDENCIA

FUENTE	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	Probabilidad > F
Modelo	1	333.68412857	333.68412857	7.04	0.0134
Error	26	1231.55905714	47.36765604		
Total	27	1565.24318571			

PARÁMETRO	VALOR	T for H0: Parametro=0	Pr > T	Error estandar estimado
INTERCEPT	2.898928571	0.83	0.4153	3.50211929
SEMPs	1.726071429	2.65	0.0134	0.65032723

Anexo 7. Análisis de regresión lineal simple entre la incidencia de *Plasmodiophora brassicae* y el rendimiento de brócoli en kilogramos por hectárea

Variable: kilogramos por hectárea

FUENTE	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	Probabilidad > F
Modelo	1	352294233.5860	352294233.5860	65.51	0.0001
Error	30	161341324.1250	5378044.1375		
Total	31	513635557.7110			

PARÁMETRO	VALOR	T for H0: Parametro=0	Pr > T	Error estandar estimado
INTERCEPT	12618.80726	24.61	0.0001	512.6553087
INCID	-110.29445	-8.09	0.0001	13.6274018

Anexo 8. Análisis de regresión lineal simple entre la incidencia de *Plasmodiophora brassicae* y el número de floretes por hectárea

Variable: FLORETE

FUENTE	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	Probabilidad > F
Model	1	1543362661.407	1543362661.407	220.55	0.0001
Error	30	209934203.468	6997806.782		
Corrected Total	31	1753296864.875			

PARÁMETRO	VALOR	T for H0: Parametro=0	Pr > T	Error estandar estimado
INTERCEPT	29015.71615	49.62	0.0001	584.7823435
INCID	-230.85266	-14.85	0.0001	15.5446824