



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI Y EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGANO MINERAL EN LA DINÁMICA DEL NITRÓGENO

DANIEL TORRES NAVA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2011



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE- 43-2-03 ANEXO

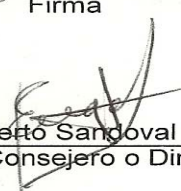
CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Daniel Torres Nava** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Engelberto Sandoval Castro** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Caracterización del sistema de producción de brócoli y efecto de la fertilización organo mineral en la dinámica del nitrógeno** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla 23 de marzo de 2010.



Ing. Daniel Torres Nava
Firma



Dr. Engelberto Sandoval Castro
Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis

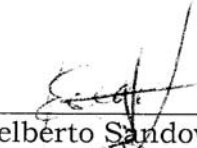
La presente tesis titulada: **“Caracterización del sistema de producción de brócoli y efecto de la fertilización órgano mineral en la dinámica del nitrógeno”**. Bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

**POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO
AGRÍCOLA REGIONAL**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



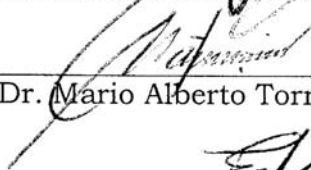
Dr. Engelberto Sandoval Castro

ASESOR




Dr. Juan José Peña Cabriales

ASESOR



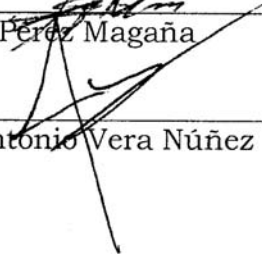
Dr. Mario Alberto Tornero Campante

ASESOR



Dr. Andrés Pérez Magaña

ASESOR



Mc. José Antonio Vera Núñez

Puebla, Puebla, México, 13 de abril de 2011

RESUMEN

La región de Tepeaca-Tecamachalco, es una de las principales zonas productoras de brócoli en el estado de Puebla, en el lugar se encuentran diferentes granjas avícolas, lo que permite que la pollinaza sea un insumo en cantidad y disponibilidad para los agricultores que lo utilizan como fuente orgánica para la fertilización de brócoli y otros cultivos junto con fertilizantes minerales. Se caracterizó el sistema de producción de brócoli, con información obtenida mediante la técnica de la encuesta, se encontró que en el sistema de producción de brócoli se usan altas dosis de pollinaza, 11 t. ha⁻¹. El productor de brócoli siembra una alta diversidad de cultivos. El brócoli tiene altos costos de producción. Una vez conocidas las dosis de fertilización utilizadas se realizó un experimento con diferentes dosis de fertilización orgánico mineral y marcando el N mineral con ¹⁵N, para conocer el comportamiento del N, teniendo una vez obtenidas las muestras se procedió a cuantificar el N total y ¹⁵N mediante el método kjeldahl e isotópico respectivamente. Los resultados del experimento muestran que la adición de pollinaza estimula la inmovilización del N del suelo y del agregado como fertilizante sintético. Esta inmovilización se ve reflejada en una menor absorción de N del cultivo, sin embargo, combinaciones adecuadas de N orgánico más N sintético pueden estimular la disponibilidad y absorción de N en el sistema. Es necesario realizar estudios enfocados a identificar y cuantificar el paradero (pérdida a la atmósfera y/o lixiviación) de N que ingresa al sistema de producción, así como el análisis económico de esta práctica de fertilización. Por lo cual se plantea como estrategia la integración de la cadena de producción de brócoli

Palabras clave: Pollinaza, fertilización orgánica-mineral, sistema de producción.

ABSTRACT

The zone of Tepeaca-Tecamachalco it's the most principal producture in horticulture in Puebla, the zone also it's characterized for many poultry farms that permit the chicken manure has been used for the producers of the region, together with mineral fertilizers in the production of broccoli. It was characterized the system production of broccoli in order to know the play of role of chicken manure and fertilizer mineral in the production of broccoli. The system of production broccoli, It was characterized by high transaction costs associated with market access. The agriculture of the zone is characterized for the use of chiken manure and the high cost and and the biodiversity of the different hortalizas. One of the principal cost in production of broccoli is the high cost of the fertilization. The decentralization experience in the agricultural sector has resulted in gains for water users who now have formalized access to decision-making processes and more local control and authority over how to manage water. After to know the different fertilization used for the producer of broccoli it was establish experiment with different fertilization organic mineral were mixed with ^{15}N . The N contribution from chicken manure to broccoli crop (*Brassica oleracea* L.) was evaluated using the ^{15}N isotopic technique. The N uptake by plants from manure was 29.5 % average. The combination of chemical and organic fertilizers resulted in a higher total N-uptake. The constant application of manure to soil under broccoli production in Puebla region resulted in a significant contribution of soil N to the broccoli crop.

Index Words: Chiken manure, Fertilization organic and mineral, system production.

DEDICATORIAS

A MI GRAN FAMILIA

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme esta gran oportunidad.

A todo mi comité que fue participe de este trabajo al Dr. Engelberto Sandoval Castro, Dr. Mario Alberto Tornero Campante, D r. Andrés Pérez Magaña, todos ellos del Colegio de Postgraduados Campus Puebla.

Al. Dr. Juan José Peña Cabriales por aceptarme en su gran grupo de trabajo, por sus valiosas aportaciones a este proyecto y por todas sus enseñanzas para la formación profesional y personal.

A José Antonio Vera Núñez por sus aportes para la elaboración de este trabajo.

Al Laboratorio de Microbiología Ambiental del Cinvestav-IPN Irapuato. Así como a todas las grandes personas que lo integraron durante mi estancia: Coyolxauhqui Barrera, Dr. Juan Colli, Milton Barcos, Sergio de los Santos, Luis Ernesto.

A todos mis compañeros de generación del Colegio de Postgraduados Campus Puebla.

Y en forma general, a todas las personas que participaron en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	X
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE ANEXOS	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
3.1 Objetivo general	3
3.2 Objetivos específicos	3
3.3 Hipótesis general	3
3.4 Hipótesis específicas	3
IV. MARCO TEÓRICO	5
4.1 Unidad doméstica de producción campesina	5
4.2 Pequeña Irrigación	8
4.3 Sistemas de producción	11
4.4 Estrategias en agricultura	14
4.5 Ley de los rendimientos decrecientes	16
4.6 Uso de estiércoles en la agricultura	19
4.7 Fertilización orgánico-mineral	24
4.8 Fertilización en brócoli	27
4.9 Ciclo del N en la agricultura	30
4.9.1 Mineralización	31
4.9.2 Amonificación	32
4.9.3 Nitrificación	32
4.9.4 Inmovilización	33
4.9.5 Desnitrificación	34
4.9.5.1 Volatilización de NH ₃	36
4.9.5.2 Lixiviación	36

4.10	Uso del isótopo ^{15}N	38
4.10.1	Aplicación de ^{15}N	39
4.10.2	Metodología para la evaluación de ^{15}N -fertilizantes	39
4.10.3	Análisis de la muestra	40
4.10.4	Ecuación para el cálculo del exceso de ^{15}N	41
4.11	Resumen de marco teórico	41
V.	MARCO CONTEXTUAL	42
5.1	Ubicación	42
5.1.1	Temperatura	42
5.1.2	Precipitación	43
5.2	Tipos de suelo	43
5.3	Población	44
5.4	Contexto regional	46
VI.	METODOLOGÍA	47
6.1	Levantamiento de cuestionarios	47
6.1.1	Tamaño de muestra	48
6.1.2	Variables estudiadas	50
6.1.3	Análisis económico	52
6.2	Establecimiento de parcela experimental	52
6.2.1	Diseño experimental y tratamientos	54
6.2.2	Aplicación de ^{15}N	55
6.2.3	Variables agronómicas	56
6.3	Análisis de N total y ^{15}N	57
6.3.1	Relación isotópica $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	57
6.4	Análisis de datos	58
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
7.1	Caracterización del sistema de brócoli	59
7.1.1	Características de la unidad de producción doméstica campesina	60
7.1.1.1	Tipo de tenencia	62

7.1.1.2 Cultivos sembrados	63
7.1.2 Insumos de producción	66
7.1.2.1 Uso de estiércol	66
7.1.2.2 Fertilización	68
7.1.2.3 Mano de obra	71
7.1.2.4 Uso del agua	72
7.1.3 Manejo de plagas y enfermedades	74
7.1.4 Rendimientos obtenidos en la región	75
7.1.5 Comercialización	76
7.1.6 Costos de producción	78
7.2 Análisis nutrimental de la pollinaza	81
7.3 Comportamiento del brócoli con diferentes fertilizaciones órgano minerales	82
7.3.1 Rendimiento comercial	82
7.3.2 Biomasa	84
7.4 Dinámica del N	86
7.4.1 Extracción total de N	88
VIII. CONCLUSIONES	90
IX. ESTRATEGIA DE DESARROLLO REGIONAL PROPUESTA	92
9.1 Línea estratégica manejo de plagas y enfermedades	94
9.2 Línea estratégica fertilización	95
9.3 Línea estratégica uso del agua	98
9.4 Línea estratégica comercialización	99
IX. LITERATURA CITADA	100
X. ANEXOS	125

INDICE DE CUADROS

Número		Página
1	Relación Carbono/Nitrógeno de algunos estiércoles	22
2	Tipos de suelo	44
3	Indicadores sociales en la región de Tepeaca-Tecamachalco	45
4	Encuestas realizadas en los Municipios	49
5	Variables en estudio	50
6	Análisis de suelo	53
7	Tratamientos	55
8	Tipo de tenencia de las explotaciones de brócoli	62
9	Clasificación de las explotaciones por superficie	62
10	Ocasiones sembradas al año de brócoli	63
11	Cultivos sembrados por productor	64
12	Principales cultivos producidos en los municipios de la región en estudio	65
13	Frecuencias de fertilización química NPK	69
14	Frecuencia de dosis N bajo una fertilización orgánico mineral	71
15	Principales productos usados para el control de plagas	75
16	Rendimientos obtenidos por los productores	76
17	Costo del establecimiento y desarrollo por ha del cultivo de brócoli	79
18	Análisis económico por hectárea de brócoli.	80
19	Análisis de pollinaza	81
20	Efecto de la fertilización órgano-minerales en la producción de biomasa por el cultivo de brócoli	85
21	Producción de biomasa por el cultivo de brócoli	88

	fertilizado con enmiendas órgano-minerales	
22	Absorción de N total por el cultivo de brócoli	87
23	Origen del N en el cultivo brócoli fertilizado con enmiendas órgano minerales	89

INDICE DE FIGURAS

Número		Página
1	Esquema sobre los efectos a corto y a largo plazo de abonos minerales y orgánicos en el suelo y disponibilidad de N	25
2	Diagrama básico del proceso muestra-submuestra	40
3	Ubicación geográfica de la zona de estudio	43
4	División de las parcelas y aplicación de ¹⁵ N	49
5	Aplicación de pollinaza y estiércol de bovino por productor	56
6	Promedio de toneladas de pollinaza aplicadas por municipio	68
7	Principales fertilizantes empleados en la producción de brócoli	68
8	Dosis de N-pollinaza aplicada por municipio	70
9	Distribución de los jornales en las actividades que se requiere para el cultivo de brócoli	72
10	Principales formas de comercialización de brócoli.	77
11	Rendimiento de florete por el cultivo de brócoli fertilizado con enmiendas órgano-minerales	84
12	Principales actores en el Sistema de Producción de brócoli	92
13	Enfoque de trabajo de investigación	96

I INTRODUCCIÓN

En México se destinan 11,725 ha a la producción de brócoli, llevándose a cabo la producción en 14 estados, en el estado de Puebla se siembra en 24 municipios ocupando un área de 1,202 ha (SDR, 2010). Destacando la región de Tepeaca-Tecamachalco con el mayor número de municipios. Esta región constituye uno de los núcleos más importantes de producción hortícola estatal. Además, en la región se comercializan anualmente 2,600 embarques de brócoli hacia los UU. EE., Canadá y Cuba con un volumen de 30×10^3 Mg (Fernández y Vázquez, 2003). También la región es conocida por el alto número de granjas avícolas lo que permite tener en grandes cantidades pollinaza, el insumo es utilizado en gran parte para la producción de hortalizas junto con fertilizantes minerales como es el caso del brócoli. En la región de Tepeaca-Tecamachalco, el uso de la pollinaza, como fuente de fertilizante junto con el uso de fertilizantes minerales es un tema que no se ha estudiado, con profundidad en la región. Por tal motivo el objetivo de este trabajo fue caracterizar el sistema de producción de brócoli y evaluar el comportamiento de la pollinaza combinada con fuentes minerales. El presente trabajo se realizó bajo el enfoque de sistemas de producción, lo que permitió caracterizar el sistema de producción de brócoli de la región, así como conocer las dosis de fertilización mineral empleadas junto con las dosis de pollinaza aplicadas. A partir de las dosis de fertilización utilizadas por los productores, se procedió a establecer una parcela experimental, con diferentes dosis de fertilización orgánico mineral empleando la técnica isotópica de ^{15}N , lo que permitió conocer el aporte de N derivado de la pollinaza al cultivo de brócoli bajo las condiciones de manejo de la región, con esto se buscó hacer un mejor uso de la pollinaza y de las fertilizaciones nitrogenadas de acuerdo a las características de la zona de Tepeaca-Tecamachalco.

II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La región de Tepeaca-Tecamachalco, Puebla se caracteriza por un amplio uso de la pollinaza junto con fuentes minerales para la fertilización del cultivo de brócoli. El principal problema de la integración de abonos orgánicos con los fertilizantes químicos, es hacer una correspondiente asignación por la cantidad y disponibilidad del nitrógeno (N) de ambas fuentes (Johnston, 1999; Dourado-Neto *et al.*, 2010), razón por la cual, es importante estudiar el efecto de la aplicación de abono orgánico combinado con fertilizante químico sobre la absorción de nutrimentos (Reganold, 1995).

También es necesario entender los elementos socioculturales y económicos de los sistemas de producción, y a la vez apreciar los elementos técnicos y ecológicos de éstos, para lograr una agricultura sustentable (Altieri, 2000). Ubicar los hechos técnicos y la relación entre los fenómenos, los cuales toman su significancia en lo que se llama un sistema de producción agrícola (Milleville, 1993). Porque tan incongruente es el estudio técnico de la agricultura sin su base social, como el estudio social de la agricultura sin su base técnica (Martínez, 1995). De ahí la necesidad que los estudios agrarios deban operar sobre la base social-técnica, aprovechando los recursos disponibles de la población local y tomando en cuenta las circunstancias de los agricultores. En base a lo anterior, se han planteado siguientes preguntas:

¿Cuál es el aporte de N de la pollinaza para el abastecimiento nutrimental del cultivo de brócoli, bajo las condiciones de manejo de la región de Tepeaca-Tecamachalco? ¿Cuáles son los factores sociales que permiten que el cultivo de brócoli sea uno de los principales en la región?

III OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo general

Caracterizar el sistema de producción y evaluar diferentes fertilizaciones órgano-minerales en el rendimiento del cultivo de brócoli, así como el aporte de nitrógeno proveniente de la pollinaza, bajo condiciones de riego en la zona de Tepeaca-Tecamachalco, Puebla.

3.1.1 Objetivos específicos

Caracterizar el sistema de producción de brócoli de la región Tepeaca-Tecamachalco, Puebla.

Evaluar la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización órgano-minerales en el rendimiento de brócoli en la región Tepeaca- Tecamachalco, Puebla.

Cuantificar el aporte de N proveniente de la pollinaza al cultivo de brócoli por medio de la técnica isotópica ^{15}N .

3.2 Hipótesis

3.2.1 Hipótesis general

Existen diferencias en el sistema de producción de brócoli en la región de Tepeaca-Tecamachalco, Puebla en cuanto al rendimiento del brócoli, ya que este es afectado por los diferentes tratamientos de fertilización órgano-mineral, asimismo, existen diferencias en los aportes de nitrógeno proveniente del fertilizante mineral con y sin pollinaza.

3.2.2 Hipótesis específicas

La producción de brócoli en la región de Tepeaca-Tecamachalco, es bajo una agricultura intermedia.

El rendimiento de brócoli presenta diferencias por la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización órgano-mineral.

El comportamiento de nitrógeno mineral presenta variaciones por la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización órgano-mineral.

IV MARCO TEÓRICO

En esta sección se presentan las principales líneas teóricas que orientaron el abordaje y la comprensión del problema de investigación, entre las cuales están: la unidad doméstica de producción campesina, el sistema de producción, la ley de los rendimientos marginales físicos decrecientes, las estrategias en la agricultura, asimismo se abordan el uso de estiércoles en la agricultura, fertilización órgano-mineral en base al ciclo de nitrógeno y finalmente el uso del isótopo ^{15}N para el estudio de la dinámica nutrimental de N proveniente de la pollinaza.

4.1 Unidad doméstica de producción campesina

La explotación agrícola campesina tiene su origen en la unidad de producción en la cual el productor obtiene sus bienes, por lo cual Concheiro (1994) define a la unidad de producción como una explotación familiar que le permite colocarse en el mercado y sus condiciones naturales de modo que le permite proporcionar un equilibrio interno a la familia. De acuerdo con Chayanov (1974), la unidad de producción no se basa en el mismo tipo de cálculo que la empresa capitalista sino que más bien se orienta hacia las necesidades de consumo de la unidad doméstica.

Tomando como referencia Concheiros y Chayanov, citado por Peña (2008), se menciona que la unidad de producción es una unidad básica multifuncional de organización productiva en el campo, que se sirve de la situación del mercado y de las condiciones naturales de su entorno, lo que le permitido desarrollar una racionalidad propia, expresado en la movilidad de su fuerza de trabajo y en la flexibilidad de la composición de su ingreso y, en su

capacidad para realizar ajustes que minimicen el riesgo en sus estrategias de producción agrícola y reproducción familiar.

Así, Boguslaw Galeski (1997) define los rasgos especiales y distintivos de la unidad doméstica de producción en los siguientes términos: 1) el trabajo familiar es el rasgo principal de la explotación campesina, 2) la familia produce alimentos, en una medida u otra, directamente para su propio consumo a una escala desproporcionadamente superior que los pequeños productores de mercancías no agrícolas y 3) la economía doméstica del hogar familiar presenta como característica básica la fusión o identificación de la empresa.

En la UDC, el mismo autor menciona que existen otros factores que inciden como son: 1) viejos hábitos de producción, 2) las necesidades familiares, y 3) las condiciones culturales, sociales y económicas crean obstáculos especiales o un marco favorable para la UDC

Al mismo tiempo, la UDC es tanto una empresa como una economía doméstica. La pauta de producción es dada no solo por las consideraciones de lucro, sino también por las necesidades de la familia. La UDC al ingresar a una economía de mercado, propicia la especialización productiva, esto permite la transformación tecnológica, productiva y creciente de la producción de la UDC, sin dejar su carácter familiar. Aunque la autarquía familiar es disminuida, el mercado la hace dependiente de los proveedores, sobre todo en las ventas de su producto (Galeski, 1979).

La entrada de la UDC al mercado puede provocar el intercambio desigual a favor del capital. Esto provoca la extracción de excedentes del campesinado cuando se intercambian mercancías campesinas por capitalistas.

La UDC tiene los atributos de una economía doméstica y mercantil. A partir de estas características puede asumir un papel económico diferenciado de acuerdo a las condiciones productivas en las que se encuentre, su funcionamiento y desempeño económico no necesariamente está determinado por la rentabilidad de sus actividades productivas, pero también el hecho que no lo obtengan no indica que no lo intenten.

El desarrollo mercantil de la UDC junto con la diversificación productiva son algunas de las formas de evolución de la UDC. Al respecto Galeski (1979) menciona que si bien puede afirmarse una dirección general de cambio en la organización social rural debe hacerse hincapié en el poliformismo de este cambio.

Una de las formas de organización que pueden adoptar los productores propician el diseño e implementación de sistemas de riego que desde el punto de vista de social, el pequeño riego es una estructura insertada en una comunidad organizada y estructurada sobre la base de una obra hidráulica con el propósito de dotar de agua a los usuarios para irrigar sus parcelas. Esta organización social implica complejas estructuras sociales, y genera diversos tipos de integración, comunicación y diferenciación (Martínez, 2007).

4.2 Pequeña irrigación

En México la superficie de riego es de 6.3 millones de hectáreas (CNA,2007); la cual está organizada en dos formas: 3.4 millones de hectáreas corresponden a 86 distritos de riego (llamada gran irrigación) y 29 millones de hectáreas a 39,492 unidades de riego (pequeña irrigación), esta última de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales (2008) es aquella área agrícola que cuenta con infraestructura y sistemas de riego, distinta de un distrito de riego y comúnmente de menor superficie, puede integrarse por asociaciones de usuarios u otras figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente, para prestar el servicio de riego con sistemas de gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulica para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalojo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola.

La hipótesis hidráulica de Wittfogel citada por Palerm y Martínez (2000) señala a la agricultura de riego como base para la producción de excedentes. A lo largo de la historia se observa un favoritismo a la construcción, operación y otros apoyos a la "gran irrigación". Es así como el país se polariza en la agricultura de gran irrigación y la de agricultura de temporal.

Según Martínez Saínos (1998), la intervención del Estado en la operación de los Distritos de Riego y en la organización a través de las URDERALES (Unidades de Riego) tuvo un alto índice de fracaso en la obra hidráulica entregada a los usuarios. De acuerdo con Escobedo (1997), el principal problema para usar estos sistemas de riego novedosos para su época, fue el contraste con la capacidad organizativa en lugares de regadío tradicional, así como la capacidad de organizarse para administrar nueva obra hidráulica que permite ampliar la superficie de riego o aportar más agua a la misma superficie.

El fomento por parte del Estado a la pequeña irrigación se puede dividir en dos vertientes (González, 1997). La primera de ellas enfocada en la inversión en obras de pequeña irrigación, iniciada durante el sexenio del presidente Lázaro Cárdenas. La segunda vertiente ha sido de generación de programas, acciones e instituciones de servicio al sector agropecuario para el apoyo a la organización y transferencia tecnológica en las zonas de pequeñas irrigación, denominadas técnicamente "unidades de riego". Esta política marca su inicio con la Ley Federal de Aguas de 1972 y se ha presentado y justificado como respuesta al diagnóstico emitido en 1970 por la Secretaría de Recursos Hidráulicos: las obras de pequeña irrigación por carecer del auxilio institucional para su operación y por la problemática derivada de la gran variedad de tipos de aprovechamiento, lo reducido de los núcleos por atender y el minifundio, entre otros, presentan un retraso tecnológico que afecta su producción y conservación, al manejarse sólo al criterio del usuario. Un retraso tecnológico que afecta su producción y conservación, al manejarse sólo al criterio del usuario.

La pequeña irrigación se caracteriza por la autogestión de los campesinos (Wilder y Romero, 2006). Y que a lo largo de la historia ha quedado al margen de apoyos, pero que al mismo tiempo la descentralización del estado le ha permitido conservar una autarquía y autosuficiencia que le ha permitido sobrevivir hasta la fecha. Desde el punto de vista de irrigación, el pequeño riego es una estructura social insertada en una comunidad organizada y estructurada sobre la base de una obra hidráulica con el propósito de dotar agua a los usuarios para irrigar sus parcelas. Esta organización implica complejas estructuras sociales, y genera diversos tipos de integración, comunicación y diferenciación (Martínez, 2007).

Esta organización autogestiva no es la posibilidad de conocerse “cara a cara” entre los regantes individuales, hay organizaciones para sistemas muy pequeños con pocos usuarios (menos de 20) que tuvieron muchos problemas organizativos; el conocimiento “cara a cara” no fue lo que ayudó a resolver el problema, sino el cambio de estilo organizativo: la toma de decisiones consensadas (Palerm y Martínez en prensa).

La organización varía en el curso del año, entre años y entre grupos de usuarios de un mismo sistema de riego y asociación. La mayor parte de lo que hacen las organizaciones autogestivas para la administración, mantenimiento y construcción de sistemas de riego no se encuentra en reglamentos escritos, las actividades o tareas de mantenimiento, distribución del agua, resolución conflicto, vigilancia o monitoreo, elección de autoridades y otras están tradicionalizadas (Martínez y Palerm 1997); adicionalmente las organizaciones autogestivas también tienen la capacidad de negociar acuerdos entre los regantes para sortear problemas (como ejemplificamos más arriba con las respuestas a la escasez de agua); sin por ello negar que hay también situaciones, como señalamos, que pueden poner en crisis organizaciones autogestivas muy sólidas.

4.3 Sistemas de producción

El término sistema es introducido primeramente en la filosofía entre el 500 y 200 a. C. Durante el siglo XX, el término sistema no solo está ligado a la filosofía, sino aparecen en otras disciplinas que se apoyan en ella o le dan elementos para complementar sus planteamientos como es el caso de la ecología a través de Eugene Pleasants Odum.

Es así como Hart (1985) menciona que la estructura de un sistema depende de las características relacionadas con los componentes del sistema: número de componentes, tipo de componentes y arreglo (interacción entre componentes). Estos pueden entenderse espacialmente a nivel de terreno agrícola, pero a menudo también incluyen una dimensión temporal (Hecht, 1999).

El enfoque de sistemas de producción agropecuaria toma en cuenta tanto la dimensión biofísica (los nutrimentos del suelo y el balance hídrico), como los aspectos socioeconómicos (por ejemplo, el género, seguridad alimentaria y la rentabilidad) a nivel de finca en donde se toman la mayoría de decisiones en cuanto a la producción agrícola y al consumo. El alcance de este enfoque radica en su capacidad de integrar los distintos tipos de análisis multidisciplinarios de la producción y de su relación con los aspectos biofísicos y socioeconómicos determinantes de un sistema de producción agropecuaria.

Numerosas definiciones existen acerca del concepto de sistema de producción (Turrent, 1985) desde la definición agrícola las cuales se refieren estrictamente al sistema de cultivo, otras se refieren a la explotación agrícola vista como una combinación de producción agropecuaria y de factores de producción-tierra, capital, trabajo, como la definición dada por Sebillote citado por Pontie (1993) donde define al sistema de producción como el

conjunto estructurado de la producción vegetal y retenidas por el agricultor en su unidad de producción para realizar sus objetivos.

De acuerdo con Marbeuf (2002), las actividades agrícolas tienen dos objetivos principales: 1. Suministrar a la población creciente de su país (o también a la de otros países) las cantidades crecientes de alimentos y de fibras necesarias. 2. Proveer un ingreso satisfactorio para el agricultor y su familia.

Otras definiciones integran una dimensión más social (Germain, 1993) que definen al sistema de producción con más implicaciones con las relaciones sociales que determinan el acceso a los recursos, a los medios de producción y al producto del trabajo social. (Pontie 1993). El mismo autor cita a Badouin quien define al sistema de producción desde una visión más económica como las combinaciones de los recursos productivos utilizados con las dosificaciones operadas por los productores entre los principales factores de producción: recursos naturales, trabajo, consumos intermediarios y bienes de equipamiento. De acuerdo con Leonard (1993), los estudios de sistemas de producción no pueden hacerse sin referencias a su inserción en una sociedad y una economía.

Para el análisis de los sistemas de producción agropecuaria, y su desarrollo futuro, dentro de un marco que sea aplicable de manera general a todos los sistemas y regiones se han agrupado en cinco categorías los factores, tanto biofísicos como socioeconómicos, determinantes para la evolución de un sistema (Dixon, 2001): 1) recursos naturales y clima, 2) ciencia y tecnología, 3) liberalización del comercio y desarrollo del mercado, 4) políticas, instituciones y servicios públicos y 5) información y capital humano.

De ahí que se considere que los sistemas agrícolas son una interacción compleja entre procesos sociales externos e internos, que incluyen procesos biológicos y ambientales. Estos pueden entenderse espacialmente a nivel de terreno agrícola, pero a menudo también incluyen una dimensión temporal. Hecht (1999) y Dixon *et al.* (2001), mencionan que los factores biofísicos tienden a definir el conjunto de posibles sistemas de producción agropecuaria, mientras que los factores socioeconómicos determinan las características reales del sistema de producción agropecuaria que se pueden analizar en un tiempo dado. Además, es necesario tener en cuenta que los recursos que éstos tienen a su disposición, las actividades que escogen y, de hecho, la estructura misma de su vida están íntimamente relacionados con el entorno biológico, físico, económico y cultural en el que se desenvuelven y sobre el cual tienen un control limitado. Por otra parte, conviene subrayar el peso que adquiere el entorno (económico, social, e institucional) dentro de las decisiones del agricultor. En términos generales, se considera que los factores biofísicos tienden a definir el conjunto de posibles sistemas de producción agropecuaria, mientras que los factores socioeconómicos determinan las características reales del sistema de producción agropecuaria que se pueden analizar en un tiempo dado.

Las diversas definiciones independientemente de las disciplinas económicas sociológicas y agronómicas que existen sobre el sistema de producción, todas comparten algunos elementos comunes donde concuerdan que el sistema de producción es una combinación de factores de producción que establece el productor sobre su extensión espacial territorial con el fin de obtener un producto agrícola (Dixon, 2001). Esta definición se acerca al caso de estudio.

Ante esto los agricultores tienen que emplear diferentes estrategias que les permitan encontrar distintas maneras de superar sus desventajas cada vez mayores en comparación con las grandes empresas (Wiggins, 2010).

4.4 Estrategias en agricultura

El concepto de estrategia siempre ha sido motivo de debates y controversias, en consecuencia, no existe una definición universal de la palabra estrategia; sin embargo, algunos autores (Arellano, 1993; García, 2004), concuerdan que es esencial que una estrategia debe tener: la identificación del problema, el análisis del contexto donde se desarrolla, objetivo que se plantea, para qué se quiere emprender una estrategia, para quién es, cómo se implementará, recursos, tiempo y lugar, y cómo se evaluaría. Esto vendría siendo el diagnóstico, análisis, planeación, programación, organización, operación o ejecución y evaluación. Por lo tanto la estrategia constituye la visión de lo que el sector debería ser en el futuro y el mapa de ruta que muestra cómo alcanzar dicha visión. De acuerdo con Mintzberg (1993), las estrategias tienen dos características esenciales: 1) se elaboran antes de las acciones, en las que se aplicarán y se desarrollan de manera consciente y con un propósito determinado y 2) la estrategia puede ser general o específica. Una de las características que definen la estrategia es por quién y para quién es formulada. En el ámbito de los espacios rurales y del sector campesino con escasos recursos, el dilucidar sus estrategias económicas y socioculturales, pueden aportar el conocimiento de procesos que son la base para el diseño y formulación de alternativas de desarrollo (Parra *et al.*, 1993). La estrategia debe representar el compromiso de las autoridades del sector, de llevar a cabo determinadas reformas y, por ende, la participación de la población en general (Norton, 2004).

De acuerdo con Mintzberg (1993) en su libro *The Rise and Fall of Strategic Planning*, considera que, una estrategia se deriva de una visión holística y de la integración, la cual es informal y visionaria, más que formal y programada. Se sustenta en el subconsciente la cual es demandada de un proceso de pensamiento divergente e intuitivo como un proceso creativo, irregular, instintivo y disruptor.

En el caso de desarrollo agrícola, Domínguez y Aguilar (1999), mencionan que es necesario hacer ciertas reflexiones que deben de tomarse en consideración, en cuanto al diseño de estrategias para el desarrollo agrícola regional como son: ¿Cuál es la posición de quienes van a trabajar en esto?, ¿Quiénes van a ganar con la estrategia?, ¿Qué se va a hacer? ¿Cómo se va a abordar?, ¿En qué tiempo?, ¿Cuáles estrategias son relevantes de acuerdo con los cambios que se prevén?, ¿En dónde se ubican quienes están diseñando la estrategia?, ¿Qué se entiende por una estrategia de desarrollo?, ¿En dónde está el núcleo de esa estrategia?, ¿En dónde centrar la estrategia?, ¿Cuál es el papel que tiene el factor económico y político en la definición de una estrategia para el desarrollo agrícola regional?, ¿Cómo diseñar una estrategia desde adentro, donde confluyan otros ámbitos?, ¿Con quiénes se va a trabajar?, ¿Con el núcleo y con sus líderes?, ¿En dónde se va empezar?, ¿En dónde se favorece la instrumentación?, ¿En cuánto tiempo es posible ver resultados tangibles de acuerdo con los objetivos planteados con la operación de una estrategia?, ¿Cómo se van a lograr las máximas ventajas de los servicios existentes?, ¿Cómo hacer para que estas entidades funcionen a favor de los productores?, ¿Cómo hacer para que los investigadores investiguen cosas relevantes a los productores?, ¿Cómo hacer para que los insumos estén disponibles?, ¿Cómo hacer que el técnico se interese en aprovechar lo que sabe el productor y trabaje en conjunto?, ¿Cómo hacer que el productor acepte ciertas recomendaciones?, y ¿En qué realidad se va a operar?

De acuerdo con Altieri (1994), una estrategia para una agricultura sostenible debe tratar de optimizar el reciclado de nutrimentos y de materia orgánica, cerrar los flujos de energía, conservar el agua y el suelo. Asimismo la estrategia debe explotar las complementariedades y sinergismos que resultan de varias combinaciones de cultivos, árboles y animales, en arreglos espaciales y temporales diversos.

En términos prácticos, la aplicación de los principios agroecológicos se traduce en una serie de estrategias y sistemas alternativos de producción que pretenden estabilizar la producción, bajar los riesgos, adaptarse a las condiciones biofísicas imperantes, conservar la base de recursos y hacer un uso eficiente de los recursos localmente disponibles (Altieri, 2000). Teniendo en cuenta que las estrategias agrícolas no sólo responden a presiones del medio ambiente, presiones bióticas y del proceso de cultivo, sino que también reflejan estrategias humanas de subsistencia y condiciones económicas (Hecht, 1999).

4.5 Ley de los rendimientos decrecientes

De acuerdo con Birmingham citado por Huerta (2001), el primer enunciado claro de la ley de rendimientos fue hecho por el francés Turgot en el siglo XVIII. Quien señaló que la semilla arrojada en una tierra fértil, pero baldía, sólo podía lograr una producción insignificante. La labranza permite aumentar considerablemente la producción; una segunda y después una tercera labranza hizo progresar todavía con más rapidez la producción de la cosecha. No obstante, a partir de cierto punto, el trabajo suplementario de la tierra logra tan sólo aumentar la producción en las proporciones más débiles, debido a que el agotamiento del suelo impide aumentar la cosecha, cualesquiera sean las unidades adicionales de trabajo aplicadas.

Blaug (1985) señala tres características de la ley de los rendimientos decrecientes que son los cuatro autores mencionados: 1) la ley sólo se aplica a la agricultura, 2) es válida para el mediano y largo plazo aún con la inclusión del progreso técnico y 3) es el resultado de la observación de la vida económica del campo.

Esta ley fue utilizada por el economista inglés David Ricardo (1772-1823) para explicar el aumento de los precios agrícolas en Gran Bretaña en 1814. El desarrollo de los cultivos alcanzó tal nivel, que se hizo observable la ley de los rendimientos decrecientes.

David Ricardo (1994) partió de que los terrenos utilizados en la agricultura en cualquier país tenían una extensión dada, lo cual significaba que no podían ampliarse sus linderos y por ende eran una magnitud fija. En base en tal apreciación, consideró que si a esa cantidad constante de tierras se le iba añadiendo más y más cantidad de trabajo, debido al crecimiento poblacional, este proceso iba a llegar un momento en que al añadir un trabajador más, el resultado productivo no mejoraría. ¿Qué quiere decir que no mejoraría?, que el producto obtenido con una unidad más de trabajo iba a ser menor que el obtenido con la unidad de trabajo anterior. O sea, que el rendimiento del trabajo tendería a bajar, luego de que se acumulara cierta cantidad del mismo. En términos económicos, la productividad marginal del trabajo, llega a un punto de máximo de aumento, que finalmente tiende a bajar. Y se emplea la palabra “finalmente” porque algunos economistas llaman a esto, la ley de los rendimientos finalmente decrecientes porque cuando se incorporan las primeras unidades de trabajo a las unidades fijas de tierra, el producto marginal tiende a crecer y sólo después de cierta cantidad de unidades adicionales de trabajo, empieza a disminuir, hasta llegar a ser nulo (Huerta, 2001).

Cuando el costo marginal aumenta para los niveles de producción relativamente altos, debido al efecto de los rendimientos decrecientes” (Pindyck y Rubinfeld, 1995), el productor expresa su interés de mercado a través del costo marginal creciente en la medida en que aumenta su producción motivado por los aumentos de precio correspondientes. Esto es lo que se llamaría, la ley de los rendimientos decrecientes. Esta ley opera en el

corto plazo cuando alguno de los insumos es fijo. Sin embargo, también puede aplicarse al largo plazo.

Para el corto plazo, tenemos dos tipos de factores de la producción: 1) los factores directos, que incluyen la mano de obra operativa y los materiales con que se elabora el producto final; y 2) los factores indirectos, que incluyen máquinas, equipos y terrenos, así como a los empleados no operativos, ocupados en el área contable-administrativa y en la gerencia de la empresa (Huerta, 2001).

Los rendimientos decrecientes sólo operarían en aquellas industrias donde se empleara completamente el factor de producción considerado fijo (suponiendo pleno empleo de los factores). Además, mientras más largo sea el período en cuestión (y con el aumento de la producción de la industria), crece más la probabilidad de que el factor de producción fijo se convierta en variable (Sraffa, 1968).

Los rendimientos decrecientes han sido reducidos a un problema técnico de la producción y su pretendida validez ha sido generalizada para cualquier proceso productivo. En los estudios sobre la producción, que es donde se revisan las relaciones técnicas o físicas del proceso productivo. Maddala y Miller (1989) nos definen formalmente la ley: “Si se mantienen constantes la tecnología y las cantidades de todos los otros insumos, según se utilicen incrementos iguales del insumo variable se llegará con el tiempo a un punto donde los aumentos de la producción comienzan a declinar”. La manera como se combinan los factores de la producción o insumos para obtener un producto, responde a determinadas leyes tecnológicas que pueden expresarse en una función de producción.

4.6 Uso de estiércoles en la agricultura

En general, los abonos orgánicos se consideran en general como todo aquel material procedente de organismos vegetales o animales que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo (Figuroa y Cueto, 2003). Teniendo como base lo anterior los estiércoles de diferentes especies de animales, los residuos de cosecha y las compostas pueden considerarse como abonos y también como fertilizantes orgánicos (Chaney *et al.*, 1992). De acuerdo con Yagodin (1982) se consideran estiércoles como todas las excretas de animales domésticos o no domésticos.

Los estiércoles en la agricultura son ampliamente usados, debido a que proporcionan varios nutrimentos para los cultivos, pues contiene elementos que les falta a los fertilizantes y mantiene la materia orgánica del suelo, ambos vitales para garantizar el uso eficiente de los fertilizantes, que justifica la búsqueda de intervenciones para ayudar a los agricultores a tomar mejores decisiones en cuanto al uso de estiércol (Rufino *et al.*, 2007).

En la industria agrícola se generan gran cantidad de estiércoles lo cual lo hace que sea un recurso en disponibilidad. El estiércol contiene todos los macro y microelementos necesarios para el crecimiento de plantas, sin embargo, representa uno de los recursos más subutilizados en los cultivos (Araji *et al.*, 2001). Se calcula que el estiércol de los animales proporcionan alrededor del 11 % total de Nitrógeno (N) necesario para la producción mundial de alimentos (SMIL, 1999). Además se les considera como productos fertilizantes de lenta liberación cuya acción se prolonga en el tiempo (acción residual), que contribuyen a mejorar la calidad del medio ambiente y favorecer la producción sostenible de alimentos (Schröder, 2005).

Los principales retos que enfrenta el uso de estiércoles de animales en la agricultura son el bajo contenido de nutrimentos, la variabilidad de los nutrimentos que a menudo no cumple con los requisitos del cultivo (Schnoenau y Davis, 2006). El tipo almacenamiento y/o manipulación utilizados afecta en gran medida la concentración de N de los estiércoles. Rufino *et al.* (2007) evaluaron diferentes manejos de almacenamiento de estiércol de ganado bovino, encontrando que un almacenamiento del estiércol es más importante para la retención de N que en sistemas de bajos recursos, el productor solo puede recuperar ≤ 1 kg N y en el estiércol composteado obtiene 15 kg N. Siendo las fases de recoger el estiércol y almacenamiento donde se tiene un gran efecto en la eficiencia de C y la retención de nutrimentos. Se producen grandes pérdidas de N cuando el estiércol es secado por el sol y el movimiento del aire o por lixiviados por la lluvia, como es el caso de los sistemas de lote abierto. Por el contrario, el estiércol pierde comparativamente poco N cuando se encuentra almacenado con instalaciones cubiertas. La pérdida de N es mayor en el largo plazo con tratamiento o sistemas de almacenamiento, tales como zanjas de oxidación o lagunas (Risse, 2009).

De ahí que el método y la forma de aplicación del estiércol sean factores importantes a considerar para evitar pérdidas de nutrimentos, principalmente de N, y mantener la mayor cantidad de esos elementos disponibles para el cultivo.

Henrique *et al.* (2010), estudiando el comportamiento del N y rendimiento con fertilizaciones a base de gallinaza granulada junto con composta en comparación con cuatro diferentes mezclas de ambos fertilizantes, encontraron que la lechuga obtuvo un mayor rendimiento de materia fresca con gallinaza (1.9 kg m^{-2}) que con composta (1.7 kg m^{-2}) o el tratamiento no fertilizado de control (1.3 kg m^{-2}). La aplicación combinada de composta con una tasa media de gallinaza obtuvo rendimientos (2.0 kg m^{-2}) iguales a los

obtenidos solamente con el estiércol de gallina. Asimismo, encontraron que los valores de mineralización tienden a ser mayores cuando las tasas de materia orgánica se elevan; lo que sugiere que la mineralización de materia orgánica y N fue mayor cuando los fertilizantes se incorporaron al mismo tiempo en el suelo. Por lo tanto, se puede afirmar que la aplicación combinada de composta y de estiércol de gallina puede inducir la mineralización de N.

Un aspecto importante en el uso de los estiércoles es la composición de los abonos orgánicos y sus principales beneficios que aportan al suelo como son el incrementar la actividad biológica debido a que aportan nutrientes, energía y hábitat para los microorganismos del suelo (Bellapart, 1996; Mao *et al.*, 2008). Durante la descomposición de la materia orgánica se liberan macro y micro-nutrientes; retiene nutrientes en forma disponible; aporta cargas negativas a la capacidad de intercambio catiónico del suelo para retener nutrientes y metales pesados que de otra manera se lixiviarían; favorece la estructura del suelo; actúa como agente cementante de las partículas del suelo formando agregados estables durante periodos de humedecimiento y secado.

El estiércol de ganado vacuno contiene un alto contenido de sales solubles, y su aplicación en suelos agrícolas puede alterar las propiedades del suelo y afectar la producción del cultivo. Hao y Chang (2002) estudiaron el efecto de 25 aplicaciones anuales de estiércol de bovino en solución. Se observó un aumento significativo de los cationes intercambiables, así como una relación de adsorción de sodio y potasio en la solución del suelo, una mayor proporción de sodio intercambiable y la relación de potasio intercambiable en los sitios de intercambio catiónico (CIC) en condiciones tanto secas como de riego.

Se conoce que los microorganismos asimilan una proporción de 30 partes de su masa como carbono (C) por una parte de N, para formar proteínas y generar energía (Noriega, 2006). La relación C/N es uno de los factores importantes a considerar en los estiércoles (Fong *et al.*, 1999). Una alta mineralización neta de N es reportada con relaciones C/N menores de 13, mientras que relaciones mayores de 15 generan inmovilización neta del N mineral (Qian y Schoenau, 2002). La cantidad de N de los materiales varía de acuerdo a su origen (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación C/N de algunos estiércoles

Parámetros	Estiércol de gallina	Composta de E. gallina	Vermicomposta E. Gallina	Estiércol de vaca	Composta de E. vacuno	Vermicomposta E. vacuno
Relación C/N	8	9	12	18	19	14

Fuente Sztern y Pravia (2005).

El estiércol de aves de corral se ha reconocido como el abono orgánico más conveniente. Mejora la fertilidad del suelo mediante la adición de nutrimentos importantes y esenciales; así como materia orgánica del suelo que mejora la retención de humedad y nutrimentos (Farhad *et al.*, 2009). Entendiéndose por pollinaza como las excretas de aves de engorda u otras aves en etapas de cría o desarrollo, solas o mezcladas con otros materiales (FAO, 2010). El uso del estiércol de gallina debe realizarse con la debida precaución ya que la aplicación de niveles moderados a altos pueden aportar cantidades elevadas de amoníaco que causan daños a las plantas (Uribe, 2003). Farhad *et al.* (2009), evaluando el comportamiento de la pollinaza sobre el rendimiento y crecimiento de maíz (*Zea mays*) al aplicar diferentes tratamientos de 4, 6, 8 10 y 12 Mg ha⁻¹; encontraron que el rendimiento así como la altura de la planta fueron afectados por los diferentes niveles de pollinaza, mostrando un mayor rendimiento y altura de planta donde se aplicó 12 Mg ha⁻¹ con un rendimiento de 22.2 Mg ha⁻¹; sin embargo,

estadísticamente fue igual a los tratamiento de 8 y 10 Mg ha⁻¹, con rendimientos de 21.2 y 20.3 Mg ha⁻¹, respectivamente. El menor rendimiento fue donde se aplicaron 4 Mg ha⁻¹ comparado con el control. En cuanto a la altura de planta, el tratamiento que mostró mayor altura fue donde se aplicaron 12 Mg ha⁻¹ seguido del tratamiento de 10 Mg ha⁻¹, asimismo, encontraron que la aplicación de 4, 6 y 8 Mg ha⁻¹ no fue significativamente diferente entre sí con respecto a esta variable.

Langmeier *et al.* (2001), estudiaron el comportamiento del N en suelos con manejo orgánico (ORG) y suelos fertilizados únicamente con fertilizantes minerales (MIN) en el cultivo de *Lolium multiflorum*, y encontraron que la absorción de N fue significativamente mayor en suelos con manejo ORG en comparación de suelos con fertilización MIN, la utilización de los fertilizantes aplicados fue similar en ORG y MIN. También encontraron que en suelos manejados orgánicamente puede proveer N a las plantas cuando disminuye el aporte de N proveniente del fertilizante, en cortes tardíos.

Trehan y Wild (1993) midiendo el comportamiento del sulfato de amonio con purín de vacuno marcado con ¹⁵N, sin sembrar y en suelo marcado con ¹⁵N y cultivado con papa, encontraron una recuperación de 90 % N en las plantas, y en el caso con la aplicación de purín de vacuno obtuvieron una recuperación del 77 %. Además, se observó que durante los primeros 21 días, en la mezcla con los purines de vacuno más el fertilizante marcado con ¹⁵N, la mitad del N se inmovilizó período fue la mineralización del N no marcado.

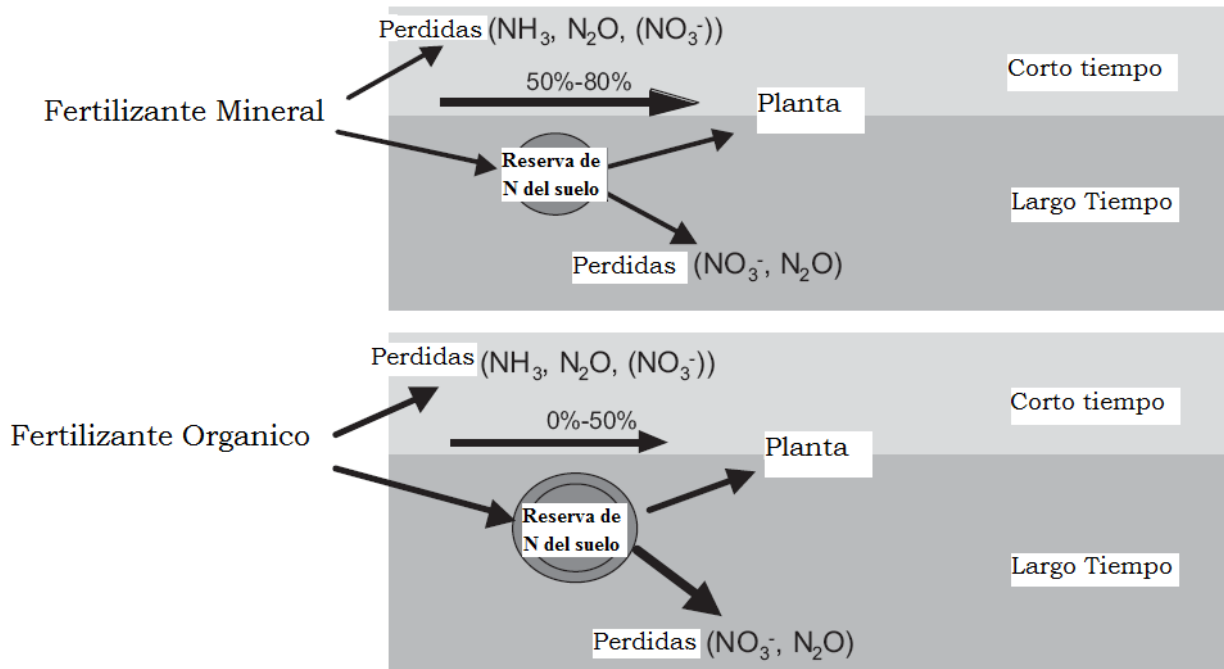
Kolbe *et al.* (1999), encontraron que el uso de abonos orgánicos disminuyó casi al triple la cantidad de nitratos residual en el suelo, hasta un valor de 60 kg ha⁻¹ a⁻¹. En base a lo anterior, Scheller y Vogtmann (1995) concluyen que si se entienden las interacciones de los residuos de las plantas, la biomasa microbiana, intensidad de la mineralización neta y las etapas de absorción de

N por los diferentes cultivos, se mejorarán las prácticas de manejo de la agricultura orgánica, con un buen nivel de rendimiento y disminución de pérdidas de nitratos.

4.7 Fertilización orgánico-mineral

El fertilizante químico, es un producto manufacturado que contiene cantidades sustanciales de uno o más elementos esenciales primarios (López *et al.*, 2007). De acuerdo con Bellapart (1996), un abono orgánico es todo aquel residuo de origen orgánico animal o vegetal. La fertilización orgánico-mineral se basa en el principio de que la descomposición de la masa vegetal la cual contiene de micro y meso organismos permite la formación de humus y la liberación de sales minerales que contienen los principales nutrimentos para las plantas; el humus que se produce se combina con las sales minerales (Burbano, 2001; Albán *et al.*, 2004). El uso de fertilizantes químicos y abonos orgánicos trae una serie de mejorías a los suelos agrícolas como aumentar los microorganismos benéficos del suelo reduciendo las poblaciones de patógenos, el contenido de materia orgánica del suelo y mejorando la CIC, así como el rendimiento (Gil *et al.*, 2007; Xu *et al.*, 2008; Bulluck, 2002).

Los fertilizantes minerales y orgánicos difieren notablemente en cuanto a su transformación en los suelos y la utilización de los nutrimentos aplicados por las plantas (Fig. 1). Durante el año de aplicación, las plantas toman la mayoría de los fertilizantes minerales aplicados N (50-80%). El nivel óptimo de fertilización de N se puede determinar sobre la base del N removido en la cosecha (Gutser, 2005).



Fuente: Gutser (2005).

Fig. 1. Esquema sobre los efectos a corto y a largo plazo de abonos minerales y orgánicos en el suelo y la disponibilidad de N.

Ayoola y Makinde (2007), comparando los efectos de aplicaciones complementarias de nutrientes y únicamente fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento y rendimiento de la yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mayz*) y melón (*Cucumis melo*) intercalado con caupí (*Vigna unguiculata*) en un periodo de dos años. En términos de crecimiento y rendimiento observaron que el maíz tuvo un mejor desempeño con la aplicación complementaria de fertilizantes inorgánicos y orgánicos. En cuanto al rendimiento de melón en los tratamientos de fertilizantes distintos no difirió estadísticamente en ambos años. En el primer año de experimentación, el rendimiento de la yuca (raíz) con aplicación complementaria fue comparable con el rendimiento de un tratamiento único como fertilizante inorgánico, mientras que cuando fertilizó únicamente con orgánico tuvieron un rendimiento significativamente menor.

Eriksen (1999), estudiando la fertilización órgano mineral en el cultivo de canola (*Brassica napus*, L.) encontró que la fertilización órgano mineral a largo plazo con estiércol y fertilizante NPK aumenta el contenido de C orgánico del suelo, con fertilización orgánica mineral, de igual manera el rendimiento de materia seca no fue afectada con los tratamientos de fertilización órgano-mineral.

Añez y Espinoza (2003), estudiando el comportamiento de la lechuga (*Lactuca sativa*) y el repollo (*Brassica oleraceae*) con cinco niveles de humus de lombriz “E” (0, 5, 10, 15 y 20 Mg ha⁻¹) y diferentes dosis de fertilizantes químicos “Q”. Para lechuga, cinco tratamientos: 1) 0; 38 kg N + 15 kg P₂O₅ + 30 kg K₂O; 76 kg N + 30 kg P₂O₅ + 60 kg K₂O; 114 kg N + 45 kg P₂O₅ + 90 kg K₂O ha⁻¹ y el fertilizante líquido “Jorape” diluido 1:9 [v/v] en agua) y cuatro para repollo (0; 50 kg de N + 20 kg de P₂O₅ + 40 kg K₂O; 100 kg N + 40 kg P₂O₅ + 80 kg K₂O y 150 kg de N + 60 kg de P₂O₅ + 120 kg de K₂O ha⁻¹), encontraron que la producción de lechuga y de repollo fueron afectadas significativa e independientemente por los niveles de los fertilizantes químicos suministrados. Obteniendo mejores resultados al incorporar al suelo 10 Mg ha⁻¹ estiércol, composta o humus de lombriz, un mes antes del trasplante y usar una fertilización complementaria de 100 kg N ha⁻¹ para la lechuga y de 150 kg N ha⁻¹ para el repollo. La lechuga fue afectada significativamente por las dosis mayores de fertilización química 114 kg N + 45 kg P₂O₅ + 90 kg K₂O ha⁻¹ en comparación con el testigo sin fertilización química. No hubo diferencias significativas con las dosis de fertilizantes químicos menores, en el caso del repollo encontraron que hubo un incremento a medida que aumentaron las dosis de fertilizante químico hasta 150 kg N + 60 kg P₂O₅ + 120 kg K₂O ha⁻¹, unido a la débil respuesta del cultivo a la fertilización fosfórica y potásica.

Matheus *et al.* (2007), evaluando el efecto de abonos orgánicos y fertilizantes minerales, encontraron que el tratamiento con fertilizante químico superó a todas las mezclas de bio-fertilizante más químico; además, el tratamiento con fertilizante químico mostró un mayor efecto, alcanzando su máximo nivel en la fase inicial del ensayo debido a los fertilizantes químicos, mientras que los tratamientos con mezcla de orgánico-mineral su efecto fue posterior, ya que los abonos orgánicos se consideran como materiales de lenta liberación que aportan sus nutrientes a través del tiempo, dependiendo de diversos factores como el tipo de material orgánico.

4.8 Fertilización en brócoli

En base a las experiencias de campo para comprobar la eficacia de los diferentes métodos utilizados para obtener la dosis de fertilización, las correlaciones se establecen generalmente en condiciones determinadas de clima y suelo, con cultivos o variedades diferentes. Es difícil que todas las condiciones que prevalecen en una experiencia sean repetibles y por lo tanto, los resultados y las conclusiones de éstas deben aceptarse como una guía aproximada, sin que ello suponga merma de su extraordinaria importancia y utilidad (Prause y Ferrero, 1992).

Las diferencias en las condiciones climáticas y, sobre todo, en la disponibilidad de N mineral, y la variación en la tasa de fertilización N, son las variables principales para estimar en gran medida el rendimiento máximo de brócoli (Everaarts y de Willigen, 1999). Asimismo, el suministro de N al cultivo de brócoli está estrechamente correlacionado a la cantidad de vitamina C, así como al contenido de nitratos en el florete y glucosinatos (Karitonas, 2001; Lisiewska y Kmiecik, 1995; Aires *et al.*, 2006). De ahí la necesidad de lograr una buena fertilización, entendiendo como fertilización la aportación, desde el exterior, de los elementos químicos de naturaleza mineral que intervienen en la constitución de los vegetales (Bellapart, 1996).

Alcántar *et al.* (2002), estudiaron el efecto de la fertilización N sobre el rendimiento y la acumulación de nutrimentos en brócoli; se llevaron a cabo tres experimentos de campo en Celaya, Gto., desde 1996 hasta 1998, en suelos franco arcillosos con tasas variables de N (0 a 400 kg ha⁻¹), obtuvieron un rendimiento comercial máximo de 24.5 Mg ha⁻¹ con el tratamiento de 400 kg N ha⁻¹; tendencias similares fueron observados durante 1996 y 1997, teniendo una respuesta significativa al N por encima del nivel de 290 kg N ha⁻¹. En cuanto a la concentración de N total en hojas varió desde 55 hasta 65 g N kg⁻¹ en las primeras etapas de crecimiento hasta el brote, pero disminuyó de 55 a 60 g N kg⁻¹ en la etapa media del cultivo y de 40 a 50 g N kg⁻¹ durante la etapa previa a la cosecha.

Chirinos y Lazcano (1996), evaluaron diferentes dosis de fertilización N; y diferentes fuentes de fertilizante N, en forma de sulfato de amonio (SA) a una dosis de 440 kg N ha⁻¹. Con Urea (U) y dosis de 360 kg de N y balanceando el azufre con sulfato de potasio y sulfato doble de potasio y magnesio. Ellos obtuvieron el rendimiento mayor con los tratamientos de 360 kg N como U + 234 kg P₂O₅ + 143 kg K₂O y 42 kg MgO sin y con ácidos húmicos y micronutrientes respectivamente. El rendimiento mayor fue de 13.5 Mg ha⁻¹ con 360 kg N como U. Esto indica una respuesta favorable a la aplicación de P₂O₅, K₂O, MgO y micronutrientes combinados con nitrógeno como U en la dosis de fertilización menor utilizada. También, encontraron que con la dosis N alta como SA no se observó respuesta al N si este no se acompaña con la dosis de fertilización mayor y balanceada con P₂O₅, K₂O, MgO y micronutrientes.

Arévalo *et al.* (2007), evaluando dosis de N de 100, 200, 300 y 400 kg ha⁻¹ proveniente de fertilizantes sintéticos y de materiales orgánicos (plantas de maíz en etapa vegetativa, cosechadas a los 45 días después de la siembra y gallinaza, obtuvieron un mayor rendimiento con 300 kg N ha⁻¹ obteniéndose una respuesta cuadrática al N adicionado y el rendimiento de brócoli con los

distintos tratamientos, sin que hubiese diferencias significativas en rendimiento entre las dosis de 300 y 400 kg N ha⁻¹; sin embargo, la tendencia del N acumulado en el tejido del cultivo fue lineal y estadísticamente significativa de acuerdo a la dosis aplicada en cada uno de los tratamientos evaluados.

Rincón *et al.*, (1999), analizaron el crecimiento vegetativo y las curvas de absorción de macronutrientes en el cultivo de brócoli con fertirrigación, manteniendo en el agua de riego concentraciones de 12.5 meq N L⁻¹, encontraron que la concentración N más elevada fue en las hojas presentando una evolución creciente durante la primera fase vegetativa del crecimiento (hasta 31 días después del trasplante, ddt), disminuyendo posteriormente, hasta la recolección. La concentración N foliar en la etapa media de cultivo (53 ddt) fue del 4.5 %. En tallos, el contenido de N disminuyó con la edad de la planta. La cantidad de N total absorbido por el cultivo fue de 243.9 kg ha⁻¹, contribuyendo las inflorescencias con el 41.9 % del total. La velocidad de absorción de N fue máxima en el período de formación de inflorescencias (53-73 ddt). La mayor velocidad de acumulación específica de N fue en las primeras fases de crecimiento del cultivo (0-31 ddt), coincidiendo con la máxima asimilación neta media, y disminuyendo posteriormente hasta la recolección.

Karitonas (2001), investigando el efecto de la fertilización N sobre la calidad de cabezas de brócoli (62, 122, 182, 242 y 302 kg N ha⁻¹); obteniendo un mayor rendimiento con 242 kg N ha⁻¹ teniendo un promedio de 13 Mg ha⁻¹, asimismo, aumento el contenido de clorofila en los floretes con esta aplicación de N.

Castellanos *et al.* (2001), realizando buenas prácticas de manejo (BMP) que puedan aumentar la eficiencia del N, y en el uso de agua en fertirrigación para la región de El Bajío, Celaya, Gto., encontraron que la extracción total

de N para las dosis de 400 y 425 kg N ha⁻¹ fue de 341 y 449 kg N ha⁻¹, respectivamente obteniendo tasas de eficiencia de 58 y 68 % para las dosis de 300 y 400 kg N ha⁻¹. Los resultados muestran que el total de absorción de N aumentó con la dosis de aplicación de N. En las tasas más altas, aproximadamente del 33% del N absorbido por el cultivo se exporta fuera del campo en la cabeza y el restante 67 % se devuelve a la tierra como abono verde con el residuo de la cosecha. Estos resultados muestran que los residuos de brócoli pueden devolver como abono verde hasta 230 a 295 kg N que puede ser reciclado en la rotación siguiente.

4.9 Ciclo del N en la agricultura

El ciclo del N en el sistema suelo-planta es muy dinámico y complejo, debido a la participación de diversos factores como son: el clima, suelo, plantas y microorganismos, así como sus interacciones (Fageria y Baligar, 2005). El nitrógeno molecular (N₂) es un gas inerte, a pesar de que el nitrógeno molecular es uno de los componentes mayoritarios en volumen en la atmósfera, las plantas no pueden absorber directamente el N del aire, solo pueden obtenerlo en su forma de nitrato (NO₃⁻) y amonio (NH₄⁺) provenientes de la materia orgánica del suelo y/o fertilizantes (Marbeuf, 2002). El N es uno de los elementos que se requiere en mayor proporción para la producción de cultivos.

La mayor parte del N se adiciona al suelo mediante fertilizantes inorgánicos. Otras fuentes de aporte de N al suelo son la fijación biológica. Estudios sobre fijación biológica de N realizados en leguminosas empleando la técnica de ¹⁵N (haba, frijol, cacahuate y alfalfa) muestran resultados muy variados desde 23 a 260 kg N derivado de la atmósfera (Peña-Cabriales y Grageda-Cabrera, 1997), la precipitación, adsorción de gases, y los abonos orgánicos (estiércol de corral, abonos verdes y restos de cosecha) son algunas de las fuentes de N para la agricultura (Fageria, 2005).

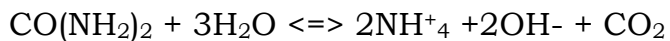
4.9.1 Mineralización

La mayoría del N orgánico en los suelos está presente en forma de péptidos y aminoácidos, luego los microorganismos lo transforman en biomoléculas (Knicker, 2004). La mineralización del N está determinada principalmente por el producto químico y composición de la materia orgánica y la actividad de la microflora del suelo (Nett *et al.*, 2010). Esta conversión de materia orgánica que libera el N en forma de nitratos a amonio por los microorganismos, se denomina mineralización (Jansson y Persson, 1982) y es afectado por diversos factores como son la temperatura, siendo las altas temperaturas las que favorecen el proceso de descomposición de la materia orgánica del suelo, el contenido de humedad y el pH afectan el tipo de microorganismos los cuales son los encargados de la descomposición de la materia orgánica (Alcantar y Trejo, 2007).

Incluso, la mineralización está afectado por las prácticas culturales como suelen ser la labranza (Kristensen *et al.*, 2003). La mineralización de compuestos vegetales está dado por la relación C/N, así como la composición química del materia vegetal. Del pino *et al.* (2007), evaluaron la mineralización del N en estiércoles bajo incubación aerobia. Ellos encontraron que durante los primeros días de incubación se observó una disminución del N mineral en el estiércol de gallina, debido al alto contenido de amonio en forma mineral utilizada preferentemente por los microorganismos del suelo teniendo en cuenta que gran parte del N del estiércol de ave se elimina como ácido úrico. La mineralización comprende dos procesos que son la amonificación y la nitrificación.

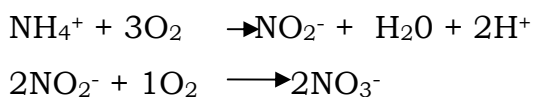
4.9.2 Amonificación

Dado que el amoníaco (NH_3) es la primera forma mineral producida por la mineralización de la materia orgánica, este proceso ha sido llamado amonificación (Foth y Ellis, 1988). El cual se refiere a las reacciones químicas en las que los grupos amino (NH_2) asociados con las formas orgánicas de N se convierten en amoniaco (NH_3) o amonio (NH_4^+) (Strock, 2008). Este proceso es de gran importancia para aquellos microorganismos que pueden utilizar directamente el N como amoníaco o amonio. Siendo las bacterias heterotróficas las principales responsables del proceso de amonificación (Hanrahan, 2005). El amonio resultante del proceso puede ser absorbido por las plantas o depositarse en los minerales arcillosos. El proceso puede ser resumido por la ecuación siguiente:



4.9.3 Nitrificación

Este proceso describe la oxidación de amoníaco (NH_3) o amonio (NH_4^+) a (NO_2^-) o nitrato (NO_3^-) por los organismos. Este proceso se divide en dos etapas de producción de energía: 1) la oxidación del amoníaco a nitrito y 2) la oxidación posterior de nitrito a nitrato (Hanrahan, 2005). Las reacciones generales siguientes representan los dos pasos de nitrificación:



Este proceso se realiza principalmente por un grupo de quimiótrofos aeróbicos llamado nitrificantes. La oxidación del amoníaco en nitrito lo realizan las bacterias del género *Nitrosomonas*, el segundo paso es realizado por las bacterias aerobias del género *Nitrobacter* las cuales aprovechan la energía liberada en la oxidación de los nitritos (Alcántar y Trejo, 2007). Si las condiciones ambientales no son limitantes en amonio se oxida a nitrato casi tan rápidamente como se forma (Schmidt, 1982).

Laanbroek y Gerards (1991), estudiando el proceso de nitrificación bajo dos sistemas agrícolas: 1) integral, con insumos de abono orgánico y reducción de fertilizantes N-minerales, y 2) agricultura convencional, concluyeron que hubo una mayor nitrificación en aquellos suelos con un manejo con abonos orgánicos por el incremento de la mineralización de amonio, que no es inmediatamente consumida por el cultivo y es inmovilizado por la microflora heterotrófica de los suelos. Ya que las bacterias nitrificantes están involucradas en la producción de óxido nítrico (NO) y óxido nitroso (N₂O), una agricultura con pocas aplicaciones de estiércoles puede favorecer la producción de óxidos de N.

4.9.4 Inmovilización

La utilización de las formas de amonio y nitrato por los microorganismos representa la inmovilización del N (Stevenson, 1982), con lo cual el N se transforma a orgánico y, por tanto, no es asimilable para la planta.

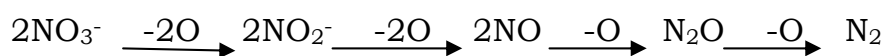
La disponibilidad de C orgánico en la descomposición de la materia orgánica determina la capacidad de inmovilización. Cuando hay una relación C/N mayor a 15 se provoca una inmovilización neta del N mineral, teniendo poco impacto en la disponibilidad de N mineral en los estiércoles con relaciones C/N entre 13 y 15 (Qian y Schoenau, 2002). Incluso la interacción entre los residuos vegetales en descomposición y el suelo es un punto en particular

para la inmovilización microbiana del N, ya que los estudios han demostrado que la inmovilización rápida del N inorgánico también es inducida por la presencia de residuos de la planta y factores abióticos (Moritsuka *et al.*, 2004).

La aplicación de composta inmadura e inestable puede conducir a una inmovilización inicial de N en el suelo o puede causar fito-toxicidad para las plantas como consecuencia de la insuficiente biodegradación de la materia orgánica (Bernal *et al.*, 1998).

4.9.5 Desnitrificación

La desnitrificación se define como la reducción microbiana de nitratos a N molecular en forma de gases (N₂) o como óxido (NO, N₂O) en condiciones anaeróbicas (Bolan y Hedley, 2003). La desnitrificación es de gran importancia por las siguientes razones: 1) es un mecanismo importante de pérdida de nitrógeno de derivados de los fertilizantes, disminuyendo su eficiencia en el uso de los fertilizantes; 2) representa un gran potencial en la eliminación de N de los materiales con un alto contenido del elemento como los estiércoles; 3) la desnitrificación es un proceso importante, contribuyendo a la deposición de óxido nitroso a la atmósfera, en la que participa en las reacciones que dan origen al agotamiento de la capa de ozono; y 4) es el mecanismo por el cual se equilibra el ciclo global del N (Roger, 1982). El proceso de desnitrificación bacteriana se compone de cuatro reacciones catalizadas por la nitrato reductasa, nitrito reductasa, óxido nítrico reductasa y óxido nitroso reductasa (Masahito *et al.*, 2008).



Grunli y Bockman (1994), afirman que los factores que influyen en el proceso tanto de desnitrificación como de nitrificación en los suelos son el contenido de aire, amonio, nitratos y C orgánico (Rolston, 1981), incluyendo el tipo de suelo, pH y la temperatura (Mancino *et al.*, 1988).

Los estudios han demostrado que la desnitrificación está altamente relacionada con altos contenidos de humedad en el suelo como pueden ser eventos de lluvia y riegos pesados (Davidson, 1992).

Oxígeno (O₂).- La desnitrificación también puede tener lugar con bajo aporte de oxígeno y alta concentración de amonio. En general, se supone que la reductasa de óxido de nitrógeno son reprimidos por el oxígeno y que, cuando este gas se elimina, incluso en ausencia de óxidos de nitrógeno, las enzimas reductasa son reprimidas en un plazo de 40 minutos a 3 h (Bolan y Hedley, 2003; Roger, 1982).

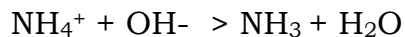
Temperatura.- La temperatura afecta también la desnitrificación siendo en invierno cuando ocurre lentamente, y presentándose el óptimo entre 60 a 65 °C, siendo el N molecular que se libera a altas temperaturas y el óxido nitroso a bajas temperaturas, debido a que disminuye la actividad microbiana relacionadas con la desnitrificación (Alcántar y Trejo, 2007; Tomoki, 2010).

C orgánico.-La disponibilidad de los electrones en el C orgánico es uno de los factores más importantes que controla la actividad de los heterótrofos, que constituyen el grupo de los desnitrificantes. Aunque este factor no ha sido muy estudiado, es evidente que la actividad desnitrificante se relaciona con el alto contenido de C orgánico, tanto en los sedimentos como en los suelos (Yoshlnarl, 1977; Rolston, 1981).

pH.- En caso de valores bajos de pH, la óxido reductasa de nitrógeno, especialmente la que reduce el óxido nitroso, es progresivamente inhibida de tal manera que la tasa de desnitrificación disminuye pero la fracción molar del óxido nitroso, aumenta generando un pH de 4.0 pudiendo ser este el producto principal (Simek *et al.*, 2002).

4.9.5.1 Volatilización de amoníaco NH₃

Se define como la conversión de amonio (NH₄⁺) en gas amoníaco (NH₃). El proceso de volatilización de amoníaco es más rápido en medios alcalinos en comparación con el medio ácido. Desnitrificación y volatilización de amoníaco se puede expresar en la ecuación siguiente:



Para evitar pérdidas de N amoniacal por este proceso de volatilización se recomienda incorporar el fertilizante al suelo y no dejarlo en la superficie (Alcántar y Trejo, 2007). La mayoría del amoníaco que se va a la atmósfera está relacionado con la volatilización del mismo a partir del estiércol. En zonas con alta intensidad de ganado más del 70 % de las emisiones de amoníaco se puede atribuir a las prácticas agrícolas (Sommer y Hutchings, 2001).

4.9.5.2 Lixiviación

La lixiviación es la pérdida de N por medio nitratos (NO₃⁻) hacia los mantos freáticos de tal manera que la planta ya no puede obtener los nitratos. Este proceso es afectado por la cantidad de fertilizante N aplicado, el contenido de N del suelo, la profundidad de los lixiviados, y la etapa de crecimiento del cultivo; así como la absorción del N (Gheysari *et al.*, 2009). La pérdida de N

por lixiviación puede ser determinada de igual manera por la permeabilidad del suelo, y la cantidad de lluvia o de riego.

Las tasas elevadas de N y en suelos arenosos suelen tener mayores pérdidas de N por lixiviación, en comparación con suelos de textura pesada incluso por las estaciones del año y el manejo agronómico (Davis *et al.*, 2003; Cabrera, 2007). Esto es debido a que el nitrato es altamente móvil y lavable y una aplicación excesiva de N conduce a la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas y superficiales (Ajdary *et al.*, 2007).

A pesar de que los abonos orgánicos ofrecen varios beneficios, el uso de tasas elevadas y/o aplicaciones continuas de estiércoles puede dar lugar a una mayor lixiviación de NO_3^- , en las aguas subterráneas (Anken *et al.*, 2004), en estiércoles el tiempo para la aplicación es decisivo para la lixiviación de los nitratos y las pérdidas de N para el cultivo (Thomsen, 2004, Arévalo *et al.*, (2007).

La gestión y control del uso del agua para evitar la lixiviación de nitratos son difíciles debido a las pérdidas del anión que suelen ser intermitentes, y vinculados con la gestión del uso del agua, la temporada del año y las aplicaciones de fertilizantes y/o eventos irregulares como la lluvia (Barton y Colmer, 2006). Zhu *et al.* (2005), determinando la eficiencia de N en la aplicación de diferentes fertilizaciones órgano-minerales en el cultivo de (*Capsicum frutescens* L), encontraron que sólo el 10 % del fertilizante aplicado se recuperó en las partes aéreas de los cultivos y el 52 % se perdió en el sistema suelo-planta. Sustancialmente en pérdidas de lixiviación de nitratos, la cual se produjo con las dosis mayores de aplicación de fertilización de N, pero había muy poco de la volatilización de de amonio en la superficie del suelo.

Arévalo *et al.* (2007), evaluaron el uso de fertilizantes orgánicos y minerales con diferentes fechas de aplicación en un suelo regosol, ellos encontraron que la variación de nitratos fue similar entre fertilizantes sintéticos y abonos verdes aplicados al trasplante, las pérdidas por lixiviación fluctuaron entre 7 % y 12% del N aplicado, mientras que en abonos verdes aplicados 15 ddt hubo una mayor concentración de nitratos en todo el ciclo indistintamente de la dosis aplicada. La cantidad de N lixiviado está más asociada con la dosis de N y época de aplicación (Thomsen, 2005).

4.10 Uso del isótopo ^{15}N

El isótopo más común del N tiene un peso atómico de 14, existe un isótopo más pesado (^{15}N), que contiene un neutrón más que el núcleo de la forma abundante (^{14}N) (Valles de la Mora *et al.*, 2003). Aunque las características químicas de los átomos de ^{15}N y ^{14}N son idénticas, existen pequeñas diferencias cuantitativas debido a sus diferentes masas y diferentes energías de activación. La concentración de ^{15}N en el aire es muy estable y constituye 0.3663% (Mariotti, 1983). A esta concentración se le denomina abundancia natural.

Aunque la existencia del isótopo ^{15}N fue demostrada en 1929 (Middelboe y Johansen, 1990). Su uso ha sido más intenso en las últimas tres décadas (Valles de la Mora *et al.*, 2003) el uso de esta técnica isotópica de ^{15}N es una herramienta adecuada para dar una respuesta a la problemática del manejo racional de la nutrición vegetal (Olson y Swallow, 1984). La cual consiste en el uso de isótopos, este método permite medir, rastrear el destino y la absorción de nutrimentos por la planta provenientes de fertilizantes aplicados al suelo (Zapata, 1990).

4.10.1 Aplicación de ^{15}N

De acuerdo con Valles de la Mora *et al.* (2003), existen ciertas limitaciones inherentes en la utilización del ^{15}N en campo abierto: 1) restricciones para utilizar ^{15}N en fase gaseosa en experimentos de campo y en experimentos de largo plazo debido a la dificultad para mantener constantes las condiciones de fase gaseosa en un sistema cerrado; 2) es necesario determinar el nivel de enriquecimiento de ^{15}N a utilizar; 3) debe conocerse la sensibilidad y la reproducibilidad de las mediciones de ^{15}N antes de diseñar el experimento; 4) debe conocerse el contenido de N del material experimental; 5) altos costos de equipo para medir ^{15}N , así como del fertilizante enriquecido y, 6) es indispensable evitar contaminaciones cruzadas. La aplicación al suelo requiere de una pequeña dosis de fertilizante enriquecido con ^{15}N .

4.10.2 Metodología para la evaluación de ^{15}N -fertilizantes

La secuencia de los pasos que se deben de seguir para la preparación y obtención de la sub-muestra, para el análisis químico del material vegetal, proveniente de campo, para la determinación de N Total y la relación isotópica $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ se muestra en la Fig. 2 (Faust *et al.*, 1987).

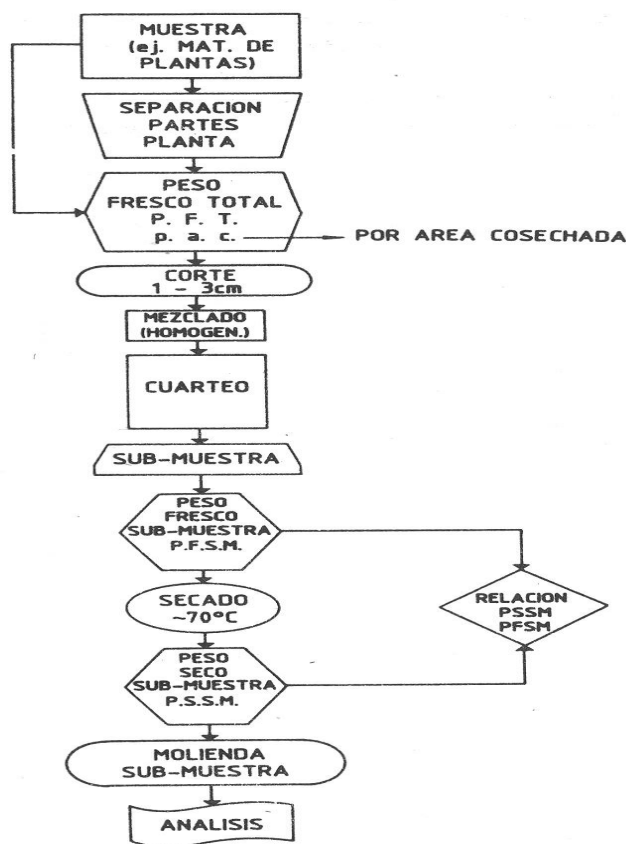


Figura 2. Diagrama básico del proceso muestra-submuestra para el análisis de ^{15}N .

Fuente: Faust, 1987

4.10.3 Análisis de la muestra

De acuerdo con Axman *et al.* (1990), la medición de la relación isotópica $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ en material vegetal se realiza mediante espectrometría de masas o emisión, para ambos solo se puede utilizar N molecular, para esto se debe asegurar la transformación de la totalidad de los compuestos N a amonio. Este proceso se puede realizar a través del método Kjeldahl, el cual comprende dos etapas (Faust, 1987): 1) digestión de la muestra para convertir el N de los compuestos N en amonio, y 2) destilación y valoración para la determinación del N en el material digerido.

4.10.4 Ecuación para el cálculo del exceso de ^{15}N

A partir de la relación isotópica $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ determinada en base al enriquecimiento de ^{15}N aplicado al suelo en el estudio (a.e) se puede determinar la cantidad del N del fertilizante que la planta ha absorbido, esta se obtiene con la ecuación siguiente:

$$\% N_{ddf} = \frac{\%^{15}\text{N a. e. en la muestra vegetal}}{\%^{15}\text{N a. e. en el fertilizante aplicado}} \times 100$$

4.11 Resumen de marco teórico

El análisis de sistemas de producción agropecuaria. Reconoce la diversidad existente en las unidades de producción, para esto los productores emplean diversas formas de organización en un elemento como suele ser el agua, por lo que los patrones de subsistencia empleados por agricultores en los sistemas de producción agropecuaria, en donde la población rural vive y trabaja, puede proveer perspectivas más claras acerca de las prioridades estratégicas para un mejor un desarrollo de las comunidades. Un elemento estratégico en la agricultura es el N el cual es el componente principal en la fertilización, en donde la naturaleza del elemento mismo le confiere ciertas características que lo hace un elemento especial para su manejo en la fertilización. Cuando para ello se emplean fertilizantes químicos, se tiene la ventaja de conocer al menos la cantidad que liberan tan pronto son disueltos en el agua del suelo; sin embargo, cuando se utilizan junto con abonos orgánicos su comportamiento suele ser tan diferente como cuando se aplican por si solos. Una de las herramientas que se tienen en la actualidad es el uso del isotopo ^{15}N lo cual nos permite evaluar el comportamiento del N en sus diferentes formas y usos de aplicación de los fertilizantes nitrogenados.

V MARCO CONTEXTUAL

En este apartado se describen los factores ambientales y sociales que se presentan en la región de estudio destacando las características ambientales que permiten que la agricultura sea una de las principales actividades económicas de la región. Así como algunos indicadores sociales que están en la población del área de Tepeaca-Tecamachalco, por último se mencionan algunos aspectos históricos relevantes que se han presentado en la región los cuales ha contribuido al florecimiento de la agricultura en la región. Lo cual nos permitirá, ubicar los hechos técnicos y la relación entre los elementos socioculturales y económicos de los sistemas de producción.

5.1 Ubicación

Para este trabajo se tomó como zona de estudio el área de Tepeaca-Tecamachalco ya que de acuerdo con el SIAP (2009), en el Estado de Puebla hay 15 municipios, de 217, dedicados a la producción de brócoli los cuales son: Tepeaca, Acatzingo, Cuapiaxtla de Madero, General Felipe Ángeles, Mixtla, Palmar de Bravo, Quecholac, Los Reyes de Juárez, San Salvador Huixcolotla, Tecamachalco, Tepeyahualco de Cuahtemoc, Tlalnepantla, Tochtepec, Yehualtepec y Santo Tomás Hueyotlipan.

5.1.1 Temperatura

La zona presenta una precipitación pluvial media anual variable entre 450 y 700 mm, la que se distribuye en forma creciente desde Tehuacán hasta Tepeaca; la temporada de lluvias abarca los meses de mayo a septiembre, siendo junio y julio los más lluviosos, con láminas de 55 a 97 mm (CNA, 2002).

5.1.2 Precipitación

La zona tiene una precipitación media anual variable entre 450 y 700 mm, la que se distribuye en forma creciente desde Tehuacán hasta Tepeaca; la temporada de lluvias abarca los meses de mayo a septiembre, siendo junio y julio los más lluviosos, con láminas de 55 a 97 mm (CNA, 2002).

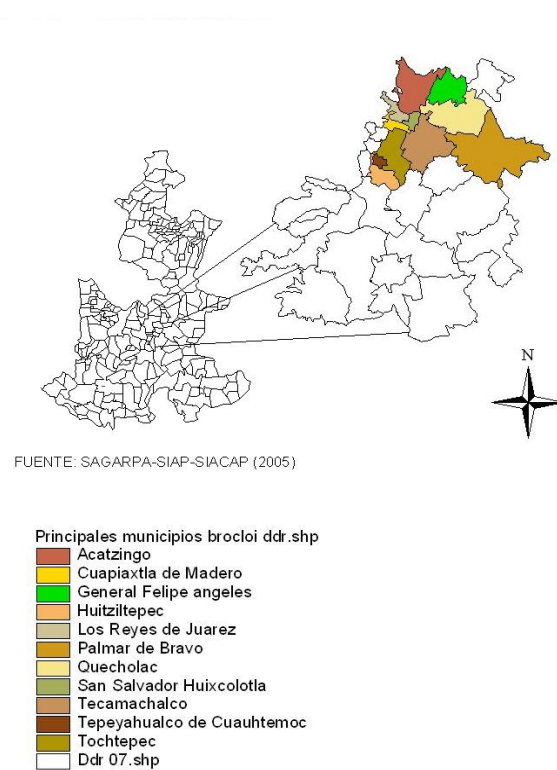


Figura 3. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia

5.2 Tipos de suelo

En la zona de estudio se pueden identificar tres tipos de suelos principales (Cuadro2): Regosol, Xerosol y Cambisol (INEGI, 2010).

Cuadro 2. Tipos de Suelos en la región

Suelo	Características	Municipios
Regosol	Suelos delgados, poco desarrollados sobre materiales no consolidados.	Tochtepec, Tepeyahualco de Cuauhtemoc y Palmar de Bravo.
Xerosol	Presentan una capa superficial de color claro y muy pobre en humus, así como aglomeraciones de cal, y cristales de yeso, o caliche, debajo de su superficie puede haber un subsuelo rico en arcillas. Uso agrícola restringido, en la mayoría de las ocasiones a las zonas agrícolas con agua de riego.	Palmar del Bravo y Quecholac.
Cambisol	Poco desarrollado, aún con características semejantes al material que le dio origen, de color claro presentan cambios de estructura o consistencia debido a la intemperización.	Tecamachalco, Los Reyes de Juárez, General Felipe Angeles, San Salvador Huixcolotla, Acatzingo y Tepeaca.

Fuente: FAO,2006; INEGI, 2010

5.3 Población

Los indicadores sociales de la región de Tepeaca-Tecamachalco, Puebla, se presentan en el cuadro 3. Como se puede observar no es una zona tan marginada sin embargo, aun el grado de marginación es medio, en cuanto a la pobreza alimentaria esta casi no existe, se presenta más una pobreza de capacidades. Lo que demuestra la baja escolarización por parte de la

población y no se cuenta con propiedades propias por parte de la población o estas no satisfacen los requerimientos para tener una vida digna, situación que ubica a todos los municipios en un Índice de Desarrollo Humano en la categoría de Medio Alto.

Cuadro 3. Indicadores sociales en la región de Tepeaca-Tecamachalco

Municipio	Pobreza			Grado de Marginación	Índice de Desarrollo humano
	Alimentaria	Capacidades	Patrimonio		
Acatzingo	37.1	48.5	74.7	Medio	Medio Alto
Cuapiaxtla	34.5	43.8	66.6	Medio	Medio Alto
General Felipe	38.7	49.5	75.0	Medio	Medio
Ángeles					Bajo
Los Reyes de Juárez	23.2	34.8	66.3	Medio	Medio Alto
Palmar de Bravo	43.9	54.2	77.3	Medio	Medio Alto
Quecholac	35.8	47.0	73.8	Medio	Medio Bajo
San Salvador Huixcolotla	29.1	38.4	63.0	Medio	Medio Alto
Tecamachalco	25.2	35.6	62.8	Bajo	Medio Alto
Tepeyahualco de C.	23.6	33.4	61.7	Bajo	Medio Alto
Tepeaca	36.5	47.0	71.9	Bajo	Medio Alto
Tochtepec	27.1	35.4	57.2	Medio	Medio Alto

Fuente: INEGI 2005

5.4 Contexto regional

En la región de Tepeaca-Tecamachalco, antes de la década de los 60, la existencia de pozos era escasa, dado el buen funcionamiento y la predominancia de galerías, tanto que hacía de la región la primera en el país por la cantidad y extensión de estas. A partir de la década de 1970 se introduce una nueva política por parte del estado en torno al pequeño riego, que consiste en apoyos y más fomento a la obra de pequeño riego (González, 1997). Siendo a partir del año de 1975 que aparece la explotación de los acuíferos subterráneos de la región de Tepeaca Tecamachalco (CNA, 2002).

En septiembre de 1993 la empresa avícola Bachoco inicia la división sureste con sede en Tecamachalco, Puebla como una de sus estrategias de expansión (Hernández y Vázquez, 2009). Actualmente, en Puebla se encuentran 73 granjas teniendo como principales actividades: producción de huevo, pollo y alimento balanceado. Esta actividad ha permitido que en la región la pollinaza sea un recurso que se encuentre en cantidad y disponibilidad para los productores de la región que sumado a la existencia de pozos profundos permiten que la agricultura sea una de las principales actividades económicas en la zona.

VI METODOLOGIA

Para lograr los objetivos de esta investigación se consideraron cuatro etapas: Levantamiento de cuestionarios, establecimiento de parcela experimental, análisis de laboratorio de N total y ^{15}N y Análisis de datos. Las cuales se describen a continuación.

6.1 Levantamiento de cuestionarios

El análisis se realizó bajo el enfoque de sistemas de producción entendido como un modelo representativo de condiciones de producción y formas de manejo similares (Dixon, 2001) para comprender los elementos de la producción de brócoli bajo una agricultura de riego. Se analizaron los municipios productores de brócoli de la región de Tepeaca-Tecamachalco, por medio de la aplicación de encuestas que incluían temas técnicos y económicos, y observación de campo (Gutiérrez, 1996).

La caracterización del sistema de producción de brócoli fue bajo el enfoque de Sistemas de Producción entendido como combinación de factores de producción que establece el productor sobre su extensión espacial territorial con el fin de obtener un producto agrícola (Dixon, 2001).

Para caracterizar el sistema de producción fue necesario identificar a los productores de brócoli en la zona de estudio. Para ello fue prioritario conocer el número de agricultores que se dedican a la siembra de brócoli en los municipios reportados por el SIAP (2009).

En primera instancia se acudió a la CONAGUA perteneciente al Distrito de Tecamachalco para solicitar el padrón de pozos de los principales municipios productores de brócoli. Teniendo dicha información se fue a las comunidades a identificar a los usuarios que se dedican a la siembra de brócoli.

Una vez conocido el número de productores que se dedican a la siembra de brócoli, se procedió a calcular el tamaño de muestra estadística. A los productores seleccionados se les aplicó un cuestionario (Anexo 1). También se realizaron recorridos de campo, complementar la información requerida para caracterizar el sistema de producción de brócoli.

6.1.1 Tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la fórmula estadística de la varianza máxima, obteniéndose un tamaño de muestra de productores. La fórmula aplicada para la obtención del tamaño de muestra fue la siguiente:

$$\eta = \frac{N (Z_{\alpha/2})^2 (pq)}{N + (Z_{\alpha/2})^2 (pq)}$$

Donde:

η = tamaño de muestra

N = tamaño de población

$(Z_{\alpha/2})^2$ = Confiabilidad, se utilizó $\alpha = 0.05$ y $pq = 0.25$

d = error estándar, se utilizó 10% (0.10)

Sustituyendo valores, se obtiene:

$$\eta = \frac{940 (1.96)^2 - (0.25)}{940 (0.10)^2 + (3.8416)(0.25)}$$

Por lo cual: $\eta = 87$

En el Cuadro 4, se presenta el número de cuestionarios aplicado por municipio, el cual fue calculado a partir de la utilización del factor de muestreo de 0.109 (aproximadamente un 10% de los usuarios de cada unidad), que multiplicado por el número de usuarios de cada unidad dio como resultado el número de productores a entrevistar. Los municipios de Tlaneplantla, Santo T. Hueyotlipan, Yehualtepec y Mixtla fueron excluidos ya que en el recorrido de campo los productores mencionaron que ahí se

dedican más a la siembra de forrajes y son regados con aguas provenientes de la presa de Valsequillo.

Cuadro 4. Encuestas realizadas en los Municipios

Municipio	Pozos	Usuarios	Encuestas
			(No)
Acatzingo		103	10
Cuapiaxtla de madero	2	38	4
General Felipe	2	28	
Ángeles			3
Palmar de Bravo	6	45	4
Quecholac		164	
		153	
		53	34
Los Reyes de Juárez	3	36	
Juárez		107	13
San Salvador	3	66	
Huixcolotla			6
Tecamachalco	1	24	2
Tepeyahualco		25	
de C.			2
Tochtepec	1	33	3
Tepeaca	6	20	
		45	6
Total		940	87

6.1.2 Variables estudiadas

Las variables que se tomaron en cuenta en el cuestionario fueron distribuidas en tres aspectos, el primero fue acerca de aspectos generales que permitieran caracterizar al productor en base al tamaño de la explotación y especialización de cultivos, el siguiente aspecto fue el relacionado con los insumos que destina para la producción de brócoli, otro aspecto fue el relacionado con los rendimientos obtenidos y la comercialización del brócoli finalmente los costos de producción. Cuadro 5.

Cuadro 5. Variables estudiadas

Variables	Descripción	Indicador
Aspectos generales:		
Superficie agrícola Cultivos sembrados	Cultivos y superficie sembrada aparte del brócoli	Uso de suelo para la siembra de brócoli. Número de cultivos sembrados
Obtención de plántula	Plántula para trasplante	Adquisición de plántula
Insumos de producción:		
Fertilizante	Químico- Orgánico Mezclas Fechas de aplicación Aporte de fertilizante Variación de aplicación de fertilizantes orgánicos	Aportación, desde el exterior, de los elementos químicos de naturaleza mineral
Uso de abonos orgánicos	Manejo- Dosis Fecha de aplicación	Manejo y uso de abonos orgánicos para la producción de brócoli
Plagas	Principales plagas que afectan al cultivo	Insectos –Plagas de mayor importancia económica para el brócoli

Enfermedades	Enfermedades que dañan el rendimiento del cultivo	Principales patógenos de importancia económica que afectan al brócoli
Origen del agua	Lugar de procedencia del agua	Pozo, Presa, Río, Manantial
Técnica de riego	Rodado, pivote y oteo	Sistema de riego empleadas
Asesoría	Instancia gubernamental SDR SAGARPA Asesor particular Prescripciones de la tienda de insumos agrícolas	Ayuda recibida para el manejo del cultivo en cuanto a fertilización y manejo de plagas y enfermedades
Mano de obra	Personas ocupadas y actividades realizadas	Número de personas que participan en la parcela (ha) y actividades relacionadas
Rendimiento y comercialización:		
Rendimiento	Producción comercial y biomasa del cultivo	Florete y biomasa total que para la venta kg ha ⁻¹
Transporte	Vehículo utilizado para la venta del cultivo	Propio Rentado
Comercialización	Lugar de venta de la cosecha del cultivo	Precio pagado al productor, cantidad y variabilidad del precio Lugar de disposición final del cultivo de brócoli
Costos de producción:		
	Valor de los insumos que requieren las unidades de producción para el cultivo de brócoli	Renta de maquinaria Pago por jornales por las diferentes tareas realizadas- Plántula Pago por el agua Costo de estiércol Costo de fertilizantes Costo de agroquímicos Costo de transporte

6.1.3 Análisis económico

Se realizó una evaluación económica de todos los insumos empleados por los productores para la siembra de brócoli, así como de cada uno de los tratamientos utilizados, en precios de acuerdo al año 2009, para después someterlos a un análisis económico. Se determinaron los costos variables y se les relacionó con el beneficio neto.

6.2 Establecimiento de parcela experimental

Una vez obtenida la información de cómo se lleva a cabo el manejo del brócoli en la región, se procedió a establecer una parcela experimental. Antes de establecer el experimento se procedió a tomar una muestra de suelo compuesta (estrato 0-20 cm de profundidad) La caracterización físico-química del suelo fue realizada en el Laboratorio de Suelos del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo de acuerdo a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000 (Cuadro 6) lo que permitió conocer sus características.

Cuadro 6. Análisis del suelo experimental

Determinación	Unidad	Determinación	Unidad
pH	4.9	CO ₃ ⁻² (meq/L)	Nd
CE (dS/m)	3.35	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	0.49
MO (%)	3.35	NO ₃ ⁻ (ppm)	199.64
Nt (%)	0.07	NH ₄ ⁺ (ppm)	41.21
P (ppm)	45.86	Cl ⁻ (meq/L)	0.88
K (meq/100 g)	0.77	SO ₄ ²⁻ (ppm)	1.916
Ca (meq/100 g)	10.5	Textura	Arcilloso
Mg (meq/100 g)	4.5	Densidad aparente (g/cm ³)	1.13
Na (meq/100 g)	0.55	Densidad real (g/cm ³)	2.27
CIC (meq/100 g)	18.93		

Fuente: Análisis de laboratorio de Edafología, Colegio de Postgraduados

La plantación se realizó el 30 de septiembre de 2009 utilizando el cultivar “Heritage” (Seminis^{MR}) en forma manual, cada unidad experimental constó de 4 surcos de 1 m de ancho por 5 m de largo. La distancia entre plantas fue 0.4 m equivalente a una densidad de 31x10³ plantas ha⁻¹ en un arreglo de “tres bolillo”. La dosis de fertilización N-P-K fue de 300-100-100 kg ha⁻¹, utilizando como fuentes fosfonitrato, superfosfato triple y cloruro de potasio, respectivamente. El fósforo y el potasio fueron aplicados al momento de la siembra, mientras que el nitrógeno se fraccionó en dos aplicaciones: 1) 50 % a la siembra y 2) 50% a los 15 días después del trasplante. Al momento de la siembra se realizó un riego.

El manejo del cultivo se llevó a cabo siguiendo la tecnología de producción de los agricultores. En cuanto al control de malezas se realizó de forma manual. Durante el periodo del cultivo no se presentaron problemas por temperaturas bajas, enfermedades y plagas. Los riegos fueron por gravedad cada 15 días.

6.2.1 Diseño experimental y tratamientos

Derivado del contenido de N-total y contenido de humedad de la pollinaza utilizada, así como en base a las dosis de fertilización 300-100-100 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente, se establecieron cinco tratamientos producto de la combinación de fertilizante químico N-fosfonitrato (47.5-47.5-3.0) y fertilizante orgánico N-pollinaza: 1) 0 kg N-fosfonitrato ha⁻¹ + 300 kg N-pollinaza ha⁻¹; 2) 100 kg N-fosfonitrato ha⁻¹ + 200 kg N-pollinaza ha⁻¹; *3) 200 kg N-fosfonitrato ha⁻¹ + 100 kg N-pollinaza ha⁻¹ (*tratamiento marcado con K¹⁵NO₃); 4) 150 kg N-fosfonitrato ha⁻¹ + 150 kg N-pollinaza ha⁻¹; *5) 300 kg N-fosfonitrato ha⁻¹ + 0 kg N-pollinaza ha⁻¹ (*tratamiento marcado con K¹⁵NO₃), además, se incluyó un tratamiento testigo absoluto (sin fertilización) (Cuadro 7).

Los tratamientos se distribuyeron en el campo bajo un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones. Los surcos centrales fueron utilizados para la evaluación del rendimiento y análisis tanto químico como isotópico. En una área de 2500 m².

Cuadro 7. Tratamientos

Tratamientos	Fertilización			
	Química			Orgánica Pollinaza
	N	P	K	kg N ⁻¹
T1	0	100	100	300
T2	100	100	100	200
T3	180+20% ¹⁵ N	100	100	100
T4	150	100	100	150
T5	0	0	0	0
T6	280+20% ¹⁵ N	100	100	0

6.2.2 Aplicación de ¹⁵N

Los tratamientos 3 y 6 se marcaron con ¹⁵N con un exceso atómico del 2 %, (ya que estudios anteriores con ¹⁵N muestran una inmovilización completa por parte de los microorganismos en altas dosis de materia orgánica), dividiendo la fertilización ¹⁵N en dos aplicaciones: 1) al momento de la siembra y 2) a los 15 ddt; las demás parcelas se les aplicó ¹⁴N en forma de fosfonitrato (Faust, 1987).

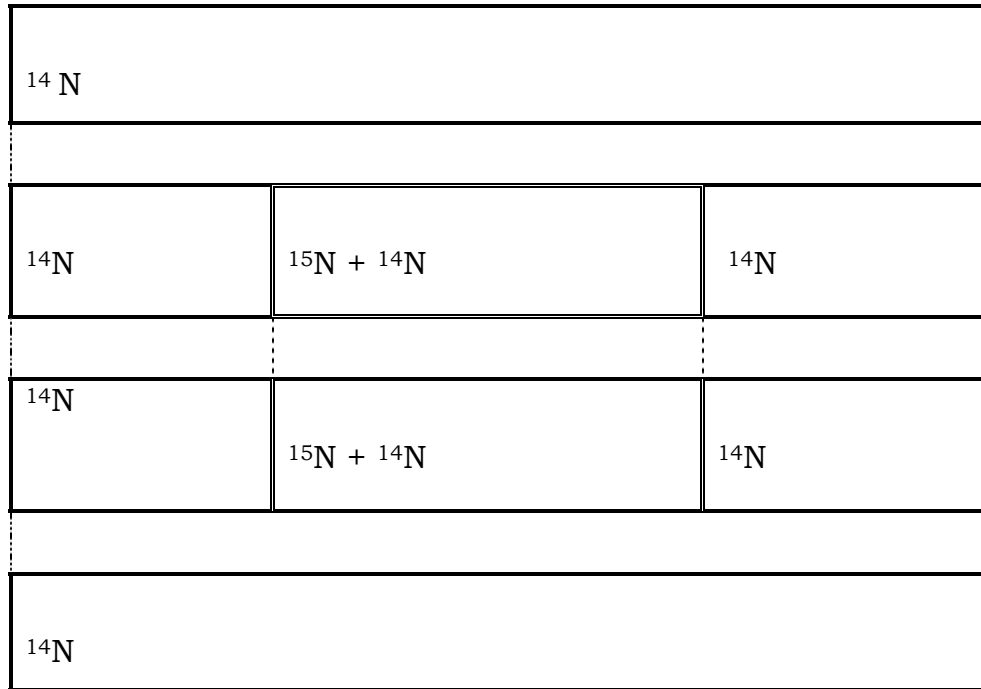


Figura 4. División de las parcelas y aplicación de ^{15}N .

6.2.3 Variables agronómicas

Agronómicas.- Se obtuvo el rendimiento de masa fresca y seca de tallos + hoja y florete (Mg ha^{-1}).

En cuanto a las muestras de planta se realizaron tres muestreos 30, 60 y 85 días después del trasplante (ddt). Siendo en estas etapas donde se ha reportado el mayor efecto del N en el cultivo de brócoli (Rincón *et al.*, 1999). Las plantas fueron separadas hoja, tallo, raíz y florete para cuantificar la masa fresca, después fueron transferidas a un horno de secado a 70°C durante 24-48 h hasta obtener el peso constante.

Posteriormente, las muestras fueron molidas comenzando por las referencias y continuando con las muestras marcadas con ^{15}N cada una para disminuir una posible contaminación cruzada.

6.3 Análisis de N total y ¹⁵N

La cuantificación de N total se realizó por el método Kjeldahl (Faust, 1987), el cual se basa en la transformación del N contenido en la muestra vegetal, mediante la digestión en ácido concentrado (5 mL H₂SO₄) más un catalizador (1.5 g mezcla de reactiva de selenio) a una temperatura de 390-410 °C durante aproximadamente 3 h, enseguida se procedió a la destilación por arrastre de vapor en medio alcalino (destilador TECATOR 1002) capturando el amonio condensado en 20 mL HCl 0.1 M con indicador mixto rojo de metilo: azul de metileno, y la cuantificación del HCl no reaccionante se cuantificó con NaOH 0.1 M, y así calcular el contenido de N.

6.3.1 Relación isotópica ¹⁵N / ¹⁴N

Las determinaciones de ¹⁵N fueron realizadas por triplicado en tallo, hoja y florete en el Laboratorio de Microbiología Ambiental del CINVESTAV-IPN, Unidad Irapuato utilizando un espectrómetro de emisión óptica NOI-6ePC.

Para realizar los cálculos isotópicos de ¹⁵N se utilizó como abundancia natural 0.367 % ¹⁵N átomos, valor restado a cada uno de los valores de las muestras y realizar las estimaciones del aporte de N proveniente de las diferentes fuentes en estudio en base al % ¹⁵N átomos en exceso (a.e.). 1) N proveniente de la pollinaza (Nddf), 2) N proveniente del fertilizante (Nddf) y 3) N derivado del suelo (Ndds), en base a las ecuaciones siguientes:

$$\text{ddf sp} = \frac{\%^{15}\text{N a. e. muestra vegetal}}{\%^{15}\text{N a. e. fertilizante aplicado}} \times 100$$

$$\% \text{ Nddf cp} = \frac{\%^{15}\text{N a. e. muestra vegetal}}{\%^{15}\text{N a. e. fertilizante aplicado}} \times 100$$

$$\% \text{ Nddf} = 1 - \left[\frac{\%^{15}\text{N a. e. cp}}{\%^{15}\text{N a. e. sp}} \right] \times 100$$

Donde:

%Nddf sp: Nitrógeno derivado del fertilizante en el tratamiento sin pollinaza

%Nddf cp: Nitrógeno derivado del fertilizante en el tratamiento con pollinaza

%Nddp: Nitrógeno derivado de la pollinaza

6.4 Análisis de datos

Una vez obtenidos los valores de la variable en estudio se procedió a realizar un análisis de varianza con el programa SAS (SAS Institute, 2003).

VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Caracterización del sistema de producción de brócoli

El productor que se dedica a la siembra de brócoli de la zona de Tepeaca-Tecamachalco es una persona de edad madura teniendo una media y una mediana de 38 años, con una edad mínima de 19 años. El número de jóvenes de edad entre 15 y 20 años representa el 3%, debido al proceso de diversificación ocupacional y a la falta de opciones para emplearse dentro del sector agrícola (De Teresa y Cortés, 1996). Los productores mayores de 40 años representan el 43% seguido lo que implica una fuerza laboral de edad adulta. Las edades de entre 30 y 40 años representan el 34%. Seguidos de los de edad de entre 20 y 30 años lo cual representa el cambio generacional entre los productores agrícolas.

La producción de brócoli en la zona de Tepeaca-Tecamachalco se considera una “agricultura transicional” la cual se caracteriza por tener tendencias hacia la explotación comercial y rasgos de producción campesina además pueden poseer un sector capitalista desarrollado que no predomina en cuanto a su número ni en cuanto a la concentración de recursos productivos González (1990), sean ejidatarios o pequeños propietarios se trata de productores especializados en la producción de hortalizas (Schetman, 1982). El brócoli en la zona es un cultivo muy conocido, a pesar de que cuentan con una nula asesoría y de acuerdo con los productores esta es una de las razones por las cuales se siembra además de que requiere de pocas aplicaciones de plaguicidas, es una hortaliza que se siembra todo el año debido a que no es un cultivo estacional aunado a que los productores conocen las diferentes variedades que se adaptan a las diferentes estaciones del año, así mismo se siembra por que de acuerdo con ellos la venta del brócoli es segura.

7.1.1 Características de la unidad de producción doméstica campesina

El sistema de producción de brócoli está conformado por pequeños productores y aparceros (Cuadro 8). En la región de Tepeaca-Tecamachalco hay tres tipos de unidades de producción para el brócoli:

- Propia.- El productor es propietario de la parcela donde se cultiva el brócoli, así mismo el es el encargado de los insumos y venta del producto. Para las tareas que implica el brócoli, su familia junto con jornaleros de la región son los encargados de realizar dichas tareas. Los ingresos son propios para el productor.
- Rentado y propio. El productor produce brócoli en su parcela y además renta terrenos cercanos al lugar donde vive, la renta es por año o ciclo del cultivo. La única diferencia con el anterior es que destina parte de los ingresos a la renta de la tierra.
- Aparcería y Propio. El productor se dedica a la siembra de brócoli en sus terrenos propios y además productor se asocia con otro productor de la zona para que cultive el terreno que tiene otro productor, a fin de repartirse los frutos o productos en la forma que convengan; a falta de convenio. En cuanto a los gastos y tareas que requiere, el productor que trabaja el terreno es el encargado de dichas tareas.

La aparcería aparece como una alternativa de producción, se da por usos y costumbres sin ningún escrito de por medio, el contrato termina con el vencimiento del plazo convenido, que generalmente es de un ciclo agrícola, quien trabaja el terreno tiene la obligación de cultivar en la forma pactada, o en su defecto, en la forma acostumbrada en el lugar y es quien lleva completamente todas las labores de cultivo. De igual manera, un gran porcentaje de productores recurre a la renta, cuando el productor no puede trabajarla porque tiene otra actividad económica, o porque carece de la fuerza necesaria de trabajo, entonces recurre a la renta.

La renta y el cultivo a medias son secundarios, ya que la mayoría de la superficie se siembra a cuenta propia. Cuando los productores se encuentran en zonas agropecuarias dinámicas donde los mercados de tierra son más abiertos, y ellos participan en una situación económica que les permite acumular, entonces se convierten en "demandantes" de tierra (Palacio *et al.*, 2007); se debe considerar que de acuerdo con Vogelgesang (1998), "la asignación de recursos a través de la interacción de individuos en un proceso competitivo, donde las decisiones son guiadas por los precios y el proceso en su conjunto se desarrolla dentro de un marco de reglas acordadas y aceptadas por los participantes".

Para la preparación del terreno se recurre a la renta de la maquinaria, ya que el productor, en la mayoría de los casos, carece de maquinaria y en pocos casos la preparación del terreno es a base de tracción animal.

Cuadro 8. Tipo de tenencia de las explotaciones de brócoli

Tenencia de la tierra	Frecuencia	Porcentaje (%)
Particular	50	57.47
Particular y renta	26	29.89
Particular y aparcería	11	12.64

Fuente: Elaboración Propia

7.1.1.1 Tipo de tenencia

La explotación para el cultivo de brócoli es predominantemente minifundista, ya que el 90.70% cuenta con 2 ha, generalmente la unidad de producción está integrada por varias parcelas localizadas en diferentes zonas de la comunidad, la cual no se distingue entre los vecinos si no en la estructura legal, este grupo de agricultores conforman la mayoría de productores del país y que en la gran mayoría es de carácter familiar y muchas veces de familias agrupadas en comunidades (Martínez, 1983; Toledo, 2002). Solo el 1% de los productores se considera grande y que cuenta con más de 15 ha, sin superar las 20 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Clasificación de las explotaciones por superficie

Clasificación	Superficie (ha)	Frecuencia	Porcentaje (%)
Minifundio	0.5 - 5.5	39	90.70
Mediana	6 - 15	3	6.98
Grande	≥15-≤20	1	2.33

Fuente: Elaboración Propia.

Generalmente el productor siembra brócoli tres veces al año esto, está estrechamente correlacionado con la superficie que se tenga para la siembra. A mayor superficie, mayor número de veces de siembra de brócoli (Cuadro 10). El productor que cuenta con menor superficie generalmente siembra dos veces al año.

Cuadro 10. Ocasiones sembradas al año de brócoli

Siembras al año	Frecuencia	Proporción (%)
1	2	2.30
2	35	40.23
3	44	50.57
4	5	5.75
5	1	1.15

Fuente: Elaboración Propia

7.1.1.2 Cultivos sembrados

Una de las estrategias para sortear las limitaciones ambientales y socioeconómicas que han utilizado los productores es la diversificación de los cultivos, ya que siembra en promedio 10 cultivos al año en sus diferentes parcela, lo cual permite una utilización permanente de la tierra, siendo los cultivos comerciales los más sembrados, como son: lechuga, coliflor, apio y betabel (Cuadro 11). El sistema se caracteriza por una alta diversidad en el cultivo de hortalizas manejando un abanico de 26 cultivos (Cuadro 12), a nivel de municipal destacan Tepeaca, Quecholac y Los Reyes de Juárez, como los municipios con mayor número de cultivos sembrados y el caso de Tecamachalco se caracteriza por la siembra de forrajes.

Cuadro 11. Cultivos sembrados por productor

Cultivos	Numero de Productores que siembran	Porcentaje con respecto al total de productores
Lechuga	87	100
Apio	17	19.5
Cilantro	5	5.7
Col	35	40.2
Calabacita	7	8.0
Rábano	14	16.1
Zanahoria	16	18.4
Coliflor	25	28.7
Tomate	5	5.7
Cebolla	12	13.8
Frijol	8	9.2
Espinaca	6	6.9
Manzanilla	2	2.3
Betabel	23	26.4
Acelga	3	3.4
Ajo	6	6.9
Ejote	5	5.7
Maíz	4	4.6
Alfalfa	2	2.3
Huazontle	1	1.1
Romero	1	1.1
Jitomate	4	4.6
Chile	2	2.3
Pepino	6	6.9
Chícharo	5	5.7

La amplia variedad de cultivos que siembran, se debe a que los campesinos son pluriproductores con especialización agrícola (Martínez, 1993), debido a su conocimiento campesino que lo hace interrelacionarse con su medio (Toledo, 1991). La siembra de cultivos se enfoca más a la demanda del mercado que al autoconsumo, practicándose una agricultura semi-intensiva, esto es posible, ya que la región se ve favorecida por el clima y el acceso al agua que tienen los productores durante todo el año, vía pozos profundos, lo que posibilita que siembren durante todos los ciclos agrícolas. Esto demuestra que los sistemas agrícolas son una interacción compleja entre procesos externos e internos, y biológicos (Hecht, 1999).

Cuadro 12. Principales cultivos producidos en los municipios de la región en estudio.

Municipios productores de brócoli.											
Cultivos	Acatzingo	Cuapiaxtla	Felipe A.	P. de Bravo	Quecholac	R. de Juárez	San S. Huixco	Tecamachalco	Tepeyahualco	Tochtepec	Tepeaca
Lechuga	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apio				X	X	X				X	X
Cilantro	X			X	X	X	X			X	X
Col				X	X	X	X			X	X
				X							
Calabacita	X				X	X	X				X
Rábano	X	X			X	X					X
Zanahoria		X	X		X	X					
Coliflor	X	X	X		X		X				X
Tomate					X						
Cebolla		X	X		X	X		X			X
Frijol					X				X		
Espinaca		X				X				X	
Manzanilla						X					
Betabel	X	X	X	X		X				X	X
Acelga					X	X		X			X
Ajo				X	X				X	X	X
Ejote		X				X	X				X
Maíz								X	X		X
Alfalfa								X			
Huazontle						X					
Romero						X					
Jitomate					X		X			X	X
Chile					X		X				
Pepino		X					X			X	X
Chicharo		X		X	X	X	X				X

7.1.2 Insumos de producción

7.1.2.1 Uso de estiércol

Los principales estiércoles utilizados en la región son la pollinaza y el de bovino (Figura 5), siendo la pollinaza la que más ampliamente se usa para la producción de brócoli, por su disponibilidad, para el caso del uso del estiércol de bovino es menor, debido a que es aprovechado solamente cuando el productor tiene ganado. La pollinaza se adquiere en establecimientos cercanos a la comunidad, en la zona se encuentran alrededor de 15 centros donde se almacena el estiércol proveniente de las granjas avícolas. En estos centros se tiene una capacidad promedio de almacenamiento de 200 Mg mes^{-1} y se destinan principalmente para el consumo de animales debido a su valor proteico, y aporte de minerales (FAO, 2010). A la pollinaza se le da un tratamiento activo, el cual consiste en tener una digestión microbiana aeróbica o anaeróbica de la materia orgánica por medio de microorganismos (Fortis, 2007).

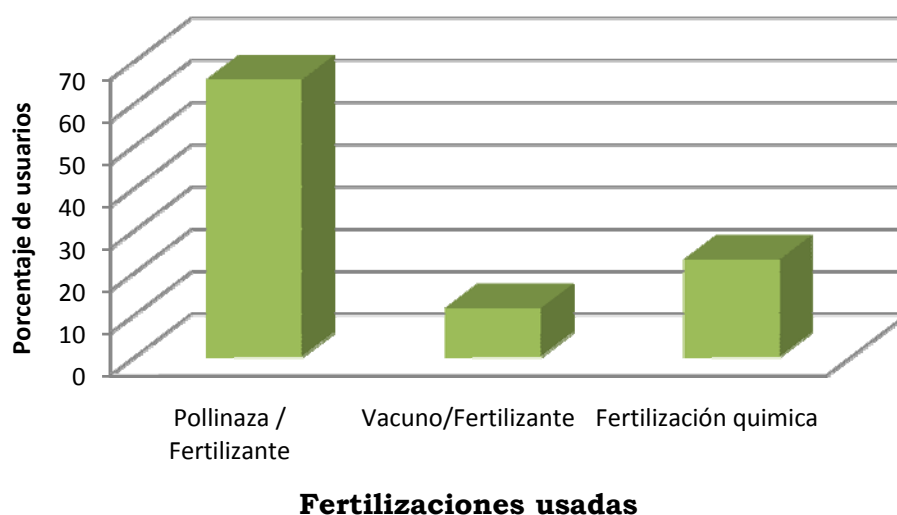


Figura 5. Aplicación de pollinaza y estiércol de bovino por productor.

En el caso del estiércol bovino se le da un tratamiento de secado al aire libre, para lo cual es depositado en un terreno cercano al establo sin recibir ningún otro manejo para su composteo debido a que el productor no cuenta con un lugar donde pueda almacenar el estiércol. La precaridad de de manejo es la principal razón por la que el estiércol de bovino causa graves problemas de contaminación ambiental, ya que se generan malos olores, el N se volatiliza en forma de amoniaco y se lixivía como nitrato a capas profundas del suelo (Young *et al.*, 1985). Cuando el productor aplica la pollinaza en el terreno de cultivo la deja durante tres días al aire libre para después incorporarlo al suelo, la empresa donde se adquiere la pollinaza se encarga de llevarlo directamente a la parcela del productor.

El productor aplica la pollinaza en función del costo y las preferencias del agricultor aplicándola, generalmente, cada dos cosechas con un promedio de 10 Mg pollinaza ha⁻¹, en el caso del estiércol de bovino aplica un promedio de 7.5 Mg ha⁻¹ (Fig. 6), destacando a nivel municipal Cuapiaxtla y Quecholac donde se aplican un promedio de 11.5 Mg ha⁻¹.

La Norma Oficial Mexicana de Agricultura Orgánica (NOM-037-FITO-1995), establece que el uso de estiércoles está permitido siempre y cuando sean tratados por un proceso de compostaje como parte de las buenas prácticas agrícolas (BPA). Además se establece que debe conocerse la fuente y procedencia de los estiércoles, asimismo, se debe realizar un tratamiento, el cual puede ser pasivo como dejarlo al ambiente o cubierto con plástico y estarlo volteando varias veces, o activos como tratamientos térmicos o digestiones alcalinas y su aplicación debe ser antes de la cosecha y debe contarse con análisis de la carga microbiana del mismo (Siller *et al.*, 2002).

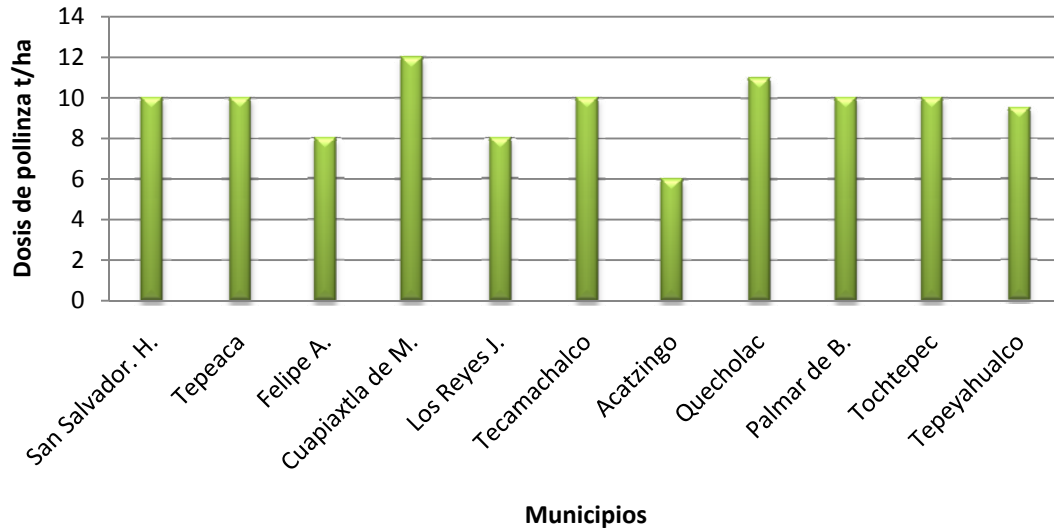


Figura 6. Promedio de toneladas de pollinaza aplicadas por municipio

7.1.2.2 Fertilización

Las principales fuentes de fertilizantes N para el cultivo del brócoli provienen de fuentes minerales y estiércoles, teniendo como principales fertilizantes el uso del fosfonitrato (Fig. 7).

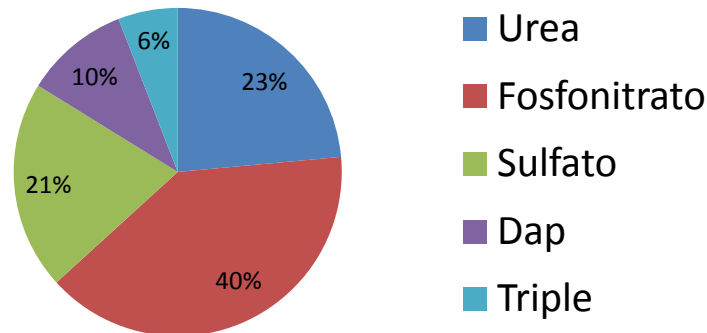


Figura 7. Principales fertilizantes empleados en la producción de brócoli

Los agricultores que llevan a cabo una fertilización sin abonos orgánicos aplican dosis mayores a 250 kg N ha⁻¹, aunque la gran mayoría realiza aplicaciones en el rango de 300 a 350 kg N ha⁻¹. Solo una proporción de 17.65 % aplica estiércoles en dosis mayores a los 350 kg N ha⁻¹ (Cuadro 13). Los agricultores compran y usan determinados tipos de fertilizantes, en base a recetas generalizadas, generando una costumbre a través del tiempo considerando como determinante el precio del insumo (Ávila, 2001).

Cuadro 13. Frecuencias de fertilización química NPK

Nutrimiento kg /ha	Frecuencia	%
Nitrógeno (N)		
250- 300	4	23.53
300 – 350	10	58.82
350 – 400	3	17.65
Fósforo (P)		
0 – 20	9	52.94
21 – 30	5	29.41
31 – 40	3	17.65
Potasio (K)		
0	16	94.12
145	1	5.88

Fuente: Elaboración propia

Los agricultores realizan aplicaciones bajas de fósforo, debido a que el brócoli requiere pocas cantidades del nutrimento, en comparación con el N, absorbiendo aproximadamente 28.7 kg P ha⁻¹ (Rincón *et al.*, 1999), además, las continuas aplicaciones de fósforo contribuyen a la reserva del nutrimento en el suelo (Wilson, 2008). En relación al potasio, este nutrimento es de alta demanda por parte del brócoli 140 mg K kg⁻¹ (Vidal, 2006); sin embargo, la fertilización potásica es una práctica poco común entre los productores que

aplican estiércoles. Es importante mencionar que los estiércoles son ricos en nutrimentos por lo que cada fertilización orgánica genera una reserva de nutrimental en el suelo (Schröder, 2005). Algunos productores hacen una aplicación de Calcio (Ca) y Boro (B) para tratar de evitar la formación de tallo hueco, aunque la presencia de este fenómeno está asociado a la incidencia de humedad, ya que una mayor disponibilidad de agua eleva la velocidad de desarrollo del tallo al final del ciclo, lo que propicia la presencia de esta anomalía (Villalobos *et al.*, 2005).

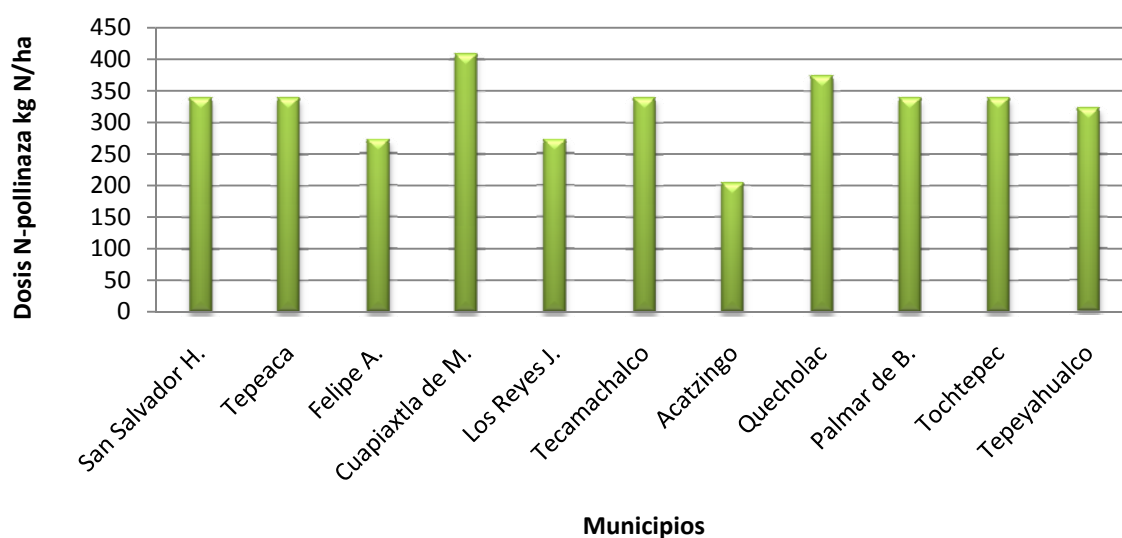


Figura 8. Dosis de N-pollinaza aplicada por municipio

En el contexto anterior, el productor realiza una fertilización órgano-mineral aplicando dosis N altas (Cuadro 13), teniendo un promedio de 550 kg N ha⁻¹, esto debido principalmente a las altas dosis de pollinaza aplicada. Países como Austria y Bélgica ha establecido un nivel máximo de suministro de N mediante abono de 290 kg N ha en suelos con cultivos y de 800 a 100 kg N ha en cultivos con la adición de fertilizante minerales) (Directive 91/676/EEC, 1991). Por lo cual se estaría aplicando un exceso de nitrógeno.

Cuadro 14. Frecuencia de dosis de N bajo una fertilización órgano-mineral

N kg/ha	Frecuencia	Porcentaje
300	2	3.08
400	11	16.92
500	24	36.92
600	17	26.15
700	9	13.85
800	2	3.08

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2.3 Mano de obra

El brócoli demanda gran cantidad de mano de obra, en la zona de estudio ocupa un promedio de 54 jornales por ha^{-1} . Una estrategia de gran importancia utilizada por los productores de brócoli, es el uso marcado de la mano de obra familiar y sin embargo, la mayor cantidad de mano de obra se concentra en jornaleros los cuales reciben una percepción de salario por la tarea realizada (Figura 9). Siendo las tareas de trasplante, deshierbe y corte donde mayor número de jornaleros se ocupan; hay que recordar que las actividades agrícolas están determinadas por la fuerza de trabajo ya que el empleo de los jornales en el trabajo hortícola está dado por la flexibilidad y la división del trabajo (Barrón, 2000). El productor se encarga de participar en todas las tareas que con lleva la producción del brócoli.

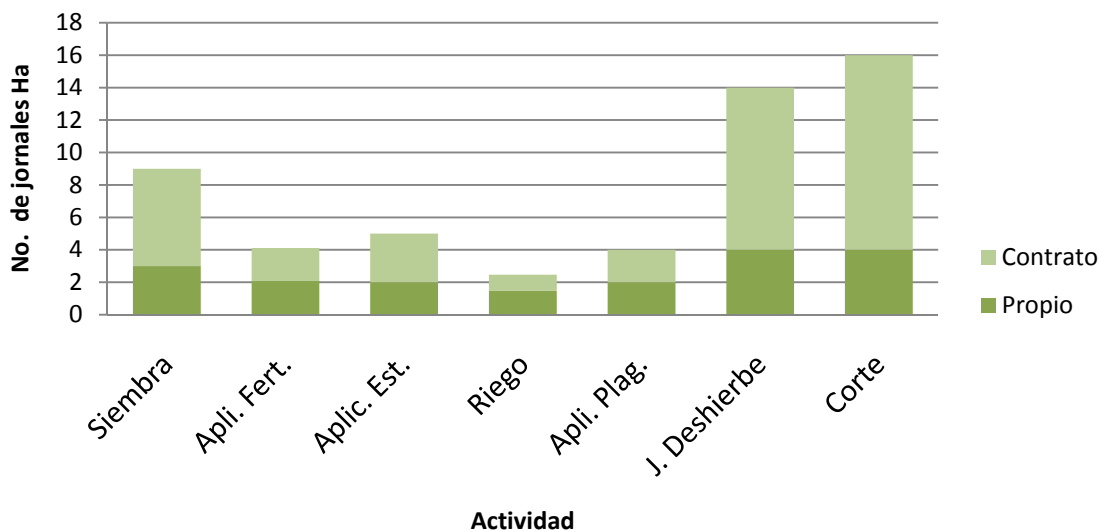


Figura 9. Distribución de los jornales en las actividades que se requiere para el cultivo de brócoli.

7.1.2.4 Uso del agua

El riego de brócoli se hace por gravedad, inundando completamente la parcela, cada quince días durante toda la etapa fenológica del brócoli debido a que es cuando el productor tiene acceso al recurso, en caso de que el productor requiera un riego adicional para su cultivo, este deberá pagar un costo al productor que tenga acceso al agua en función de sus necesidades. Lo que permite la posibilidad de un mercado informal del agua (Escobedo, 2006).

Teniendo en cuenta que el principal fertilizante mineral utilizado es fosfonitrato, que el productor inunda la parcela cada quince días se propicia la movilización del anión NO_3^- a través del tiempo (Arévalo *et al.*, 2007), con el consecuente riesgo de que este anión pueda llegar a una distancia donde las raíces del cultivo no puedan alcanzarlo y llegue a los mantos freáticos (Anken *et al.*, 2004).

El cultivo del brócoli en la zona de Tepeaca-Tecamachalco se caracteriza por una pequeña irrigación, la cual abarca un gran número de unidades de producción. Cada productor para tener derecho al uso del agua debe estar en una sociedad la cual es la responsable de dicho pozo, el número de miembros del pozo va a depender de la gente que se reunió para la creación de dicho pozo así como las horas propias de riego depende de la cantidad de dinero invertido para la creación del pozo.

Todos los integrantes del pozo deberán asistir a las juntas ordinarias y extraordinarias las primeras son cada 3 meses y con fines administrativos y de reglamentación, las segundas se dan en caso de que exista un problema con el sistema de riego. La descentralización de las autoridades en este tipo de riego ha permitido que la pequeña irrigación sea administrada por los mismos regantes, quienes son los que organizan el sistema de riego (Palerm, 2006). La organización permite instrumentar reglas que regulen el acceso y uso del agua, además de tareas de mantenimiento del sistema de riego.

La experiencia de descentralización en el sector agrícola de regadío se ha traducido en beneficios para los usuarios del agua que ahora han formalizado el acceso a la toma de decisiones más locales de control y autoridad sobre cómo manejar el agua. Sin embargo, la estrategia no ha dado lugar a un uso más sostenible del recurso. Sin apoyo del Estado para mejorar la infraestructura en los sistemas de riego para reducir la pérdida y el uso de los recursos existentes de manera más eficiente, esta estrategia puede al final resultar inútil (Wilder y Romero, 2006).

7.1.3 Manejo de plagas y enfermedades

En la zona, las principales plagas de importancia económica en la región de Tepeaca-Tecamachalco son la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.) y el gusano falso medidor (*Trichoplusia ni* Hübner), las cuales fueron mencionadas como las principales plagas en brócoli. Para el control de dichas plagas los productores utilizan productos químicos sintéticos (Cuadro 15); donde los plaguicidas organofosforados y piretroides constituyen tratamientos clásicos, como la única opción para el control de plagas y aunque ya se han hecho trabajos al respecto para el control de este tipo de plagas (Tovar *et al.*, 2007) en la zona como el parasitismo para larvas de *Copitarsia decolora* (Guenée), *Plutella xylostella* L. y *Trichoplusia ni* Hübner, asociadas con *Brassica oleracea* L., identificándose a *Diadegma insulare* Cresson (Hymenoptera: Ichneumonidae), como endoparásitoide solitario de larvas de *P. xylostella*, como endoparásitoide de larvas de *Trichoplusia ni* Hübner. En promedio, el parasitismo por *D. insulare* fue 46.78% y por *V. ruralis* sólo del 0.7%. La densidad poblacional y el parasitismo fueron afectados negativamente por la aplicación de insecticidas en los cultivos de brócoli.

Se siguen aún usando este tipo agroquímicos, debido a la falta de información sobre su toxicidad y manejo adecuado. En cuanto al manejo de agroquímicos los jornaleros no toman las medidas necesarias para el uso de agroquímicos. Este problema surge en gran medida, debido a que los jornaleros no son informados de los cuidados pertinentes al realizar sus trabajos.

Las principales enfermedades del brócoli que reportan los productores en la zona fueron: *Xantomonas campestris*, *Erwinia carotobora*, *Alternaria alternata* y *Phoma linghman*, aunque es poca la incidencia ya que están altamente correlacionada a los excesos de humedad en épocas de lluvias.

Para el control de malezas los productores no utilizan herbicidas, debido a que la utilización de herbicidas atrasa el ciclo del cultivo. Por lo cual es empleado un gran número de jornales para el deshierbe.

Cuadro 15. Principales productos usados para el control de plagas

Producto	Ingrediente activo	Grupo	Toxicidad	Uso (%)
Furadan	Carbofuran	Carbamato	Alta	33.33
Arrivo	Cipermetrina	Piretroides	Moderada	20.69
Spintor	Spinosad		Ligera	11.49
Pirimor	Pirimicarb	Carbamato	Moderada	9.20
Disparo	Clorpirifos etil + permetrina		Moderada	9.20
Tracer	Spinosyn		Ligera	9.20
Foley	Paratión metílico	Organofosforado	Extrema	3.45

Fuente: Elaboración propia

7.1.4 Rendimientos obtenidos en la región

En la región de estudio, el rendimiento comercial promedio de brócoli es de 12 Mg ha⁻¹, aunque una gran proporción de productores obtienen 10 Mg ha⁻¹, y un grupo llega a obtener un rendimiento de 15 Mg ha⁻¹(Cuadro 15), Sin embargo, el rendimiento es bajo comparado con la región de “El Bajío” donde el promedio de rendimiento es mayor a 12 Mg ha⁻¹ (Lazcano *et al.*, 1997). Generalmente, el rendimiento depende de las condiciones edafo-climáticas y las dosis N aplicada, ya que el N es el nutrimento más limitante para la producción de brócoli y calidad (Karitonas, 2001). Otro factor importante es

el mal manejo del recurso agua ya que afecta la absorción de N (Benjamin *et al.*, 1997), el mal manejo del agua –exceso- genera una reducción del rendimientos de brócoli (Beverly *et al.*, 1986).

Cuadro 16. Rendimientos obtenidos por los productores

Rendimiento t ha ⁻¹	Frecuencia	Proporción (%)
7	1	1.15
8	5	5.75
9	3	3.45
10	14	16.09
11	2	2.30
12	17	19.54
13	5	5.75
14	8	9.20
15	11	12.64
16	6	6.90
17	7	9.20
18	8	8.05

Fuente: Trabajo de campo

7.1.5 Comercialización

La comercialización de brócoli en la región se hace en la central de abasto de Huixcolotla (Figura 10) a la cual llegan los productores de la región, con sus vehículos que en la mayoría de los casos son propios. Debido a que la zona dispone de los servicios brindados por los polos urbanos y los ejes de las carreteras que son elementos favorables para la producción agrícola.

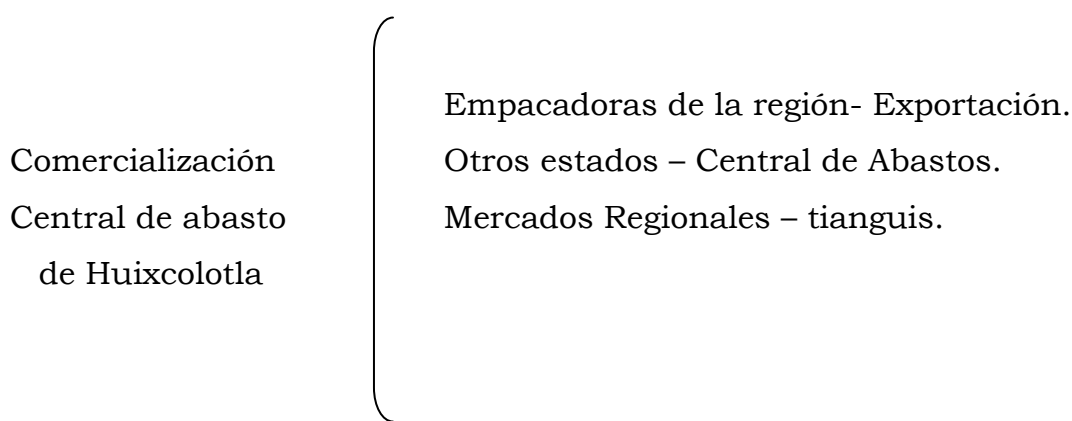


Figura 10. Principales formas de comercialización de brócoli

En la central de abastos de Huixcolotla operan los “broker” (agente) por parte de las empacadoras de la región quienes acuerdan el precio del producto. Las empacadoras dan un valor agregado al brócoli seleccionando para después lavarlo y cortar el tallo, para exportarlo a Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y China. En caso de que el productor comercialice su cosecha con los compradores quienes lo distribuyen a otras centrales de abasto como: DF, Guadalajara, Morelos, Guerrero incluso llegando hasta Quintana Roo, en este caso el brócoli se empaca en bolsas de 10 kg bolsa⁻¹, incluyendo el tallo. Estas dos últimas formas de comercialización son las principales. También se comercializa a compradores de mercados regionales, en este caso el brócoli igualmente se empaca embolsas de 10 kg, aunque esta forma de comercialización es menor. Cabe mencionar que en ninguna forma de comercialización se realiza una inspección minuciosa de plagas.

En cuanto al precio, los compradores ofrecen precios más altos a aquellos productores que tienen productos de mejor calidad (diámetro, uniformidad, etc.). Si la mayoría de los agricultores ofrecen productos con baja calidad, los comerciantes encuentran dificultad para comercializar por separado su cosecha. Muchos agricultores se consideran como “aceptadores de precios” porque piensan que ellos no tienen ningún control sobre los mismos y tienen que aceptar lo que se les ofrezca. Por lo general, los agricultores son bastante diestros en técnicas agrícolas, pero la comercialización requiere el aprendizaje de nuevas habilidades (Dixie, 2006).

7.1.6 Costos de producción

El proceso de establecimiento y desarrollo del brócoli (ciclo de producción 75-90 días) tiene altos costos de producción (Cuadro 17) presentando un costo de \$23,443 teniendo como principales gastos: la fertilización debido al excesivo consumo de fuentes de fertilizantes la cual representa el 55% de los costos totales de producción. Seguido de la mano de obra contratada para las diferentes tareas como son: el trasplante y la cosecha, ya que se requiere de un control adecuado en el manejo del producto, con el objeto de cuidar la calidad y el rendimiento, a nivel de municipio no se encontraron diferencias en cuanto al costo de los jornales. Otro fuerte gasto para el productor es el costo de la plántula la cual representa el 17% de los costos de producción, esto es debido a que los productores no tienen las condiciones para producir la plántula y tienen que comprarla. Los insumos de producción son los principales costos, debido a que las agencias estatales se han retirado y dejado a los agricultores más vulnerables, por lo que la compra de insumos es uno de los principales costos de producción (Wiggins, 2010).

En el tiempo de estudio se mostró una estacionalidad del precio la cual está condicionada, ante todo, por la estacionalidad de la producción, es decir

existe una relación directa entre la cantidad de producto existente en el mercado para satisfacer la demanda y el precio del mismo (Jolalpa, 2001).

Cuadro 17. Costo de establecimiento y desarrollo por ha del cultivo de brócoli

Concepto	Actividad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario \$	Importe \$	Costo Total
Preparación de terreno						
	Barbecho	Paso	1	400	400	400
	Rastreo	Paso	2	500	1000	1000
	Surcado	Paso	1	400	400	400
Siembra	Costo de plántula	Charola	120	33	3960	3960
	Siembra	Jornal	6	120	720	720
Fertilización organica						
	Abono	ton	8	1200	9600	9600
	Mano de obra	Jornal	3	120	360	360
Fertilización mineral						
	Fosfonitrato	kg	300	240	3360	3360
	Mano de obra	Jornal	2	100	200	200
Riegos						
	Suministro de agua	Riego	4	100	400	400
	Mano de obra	Jornal	1	120	120	120
Labores de cultivo						
Deshierbe	Mano de obra	Jornal	6	120	720	720
Plagas y enfermedades						
Manejo	Compra de plaguicidas	Arrivo	125	2	250	250
		Furadan	123	1	123	123
		Pirimor	150	1	150	150
Aplicación	Mano de obra	Jornal	2	120	240	240
Cosecha						
Corte	Mano de obra	Jornal	10	120	1200	1,440
Total de costos de producción						\$23,443

En el Cuadro 18, se puede observar la baja rentabilidad que presentó el cultivo de brócoli durante la fase de estudio. Los costos de producción se han incrementado para los agricultores, por otro lado los precios de sus cultivos han disminuido y son más dependientes de las fluctuaciones del mercado. Los precios del brócoli fluctúan mucho, tanto por los cambios en el mercado, como por las modificaciones del medio ambiente, así como por la alta oferta que existe en la región.

A pesar de lo presentado el productor se dedica a la siembra de brócoli, debido a que el productor encuentra fáciles canales de comercialización y es relativamente sencillo colocar su producto en el mercado, por cantidad más que por calidad, lo cual lo hace un cultivo atractivo para que los productores lo siembren, aun a pesar de la baja rentabilidad que se pueda obtener. Lo que ha permitido de igual manera una expansión del cultivo de brócoli en la zona y la existencia de una mayor oferta de la región en Tepeaca-Tecamachalco.

Cuadro 18. Análisis económico por hectárea de brócoli

Análisis Económico		
Producción esperada	Tonelada/ha	12
Precio medio esperado	\$/ha	2000
Ingreso esperado	\$/ha	24000
Costo de producción	costos/ha	23,443
Utilidad esperada	\$/ciclo de cultivo	557
Precio de equilibrio	\$/Bolsa 10 kg.	20

Derivado de los costos de producción, hay un aspecto importante, la representación que tiene el costo de la fertilización y las consecuencias ambientales por el exceso de estos, tomando como base lo anterior se decidió establecer un experimento con el fin de conocer el comportamiento de las fertilizaciones órgano-mineral manejadas en la región, con el fin de dar un mejor manejo a la fertilización orgánica-mineral.

7.2 Análisis nutrimental de la Pollinaza

Para conocer su contenido nutrimental de la pollinaza a utilizar se analizó en cuanto a N, P y K su relación C/N y pH, en el laboratorio de Microbiología Ambiental del CINVESTAV Unidad Irapuato (Cuadro 19).

Cuadro 19. Análisis de pollinaza

Determinación	Unidad
Nitrógeno (%)	4.25
Fósforo (%)	0.22
Potasio (%)	3.8
Carbono (%)	44
Relación C/N	10
pH	6.9

Fuente: Elaboración propia.

7.3 Comportamiento del brócoli con diferentes fertilizaciones órgano minerales.

7.3.1 Rendimiento comercial

El rendimiento de florete fresco para los diferentes tratamientos de fertilización órgano-mineral se muestran en la Figura 11. El rendimiento de brócoli presentó una respuesta significativa a la fertilización órgano-mineral. El mayor rendimiento se obtuvo con los tratamientos 300 kg N-fosfonitrato ha⁻¹ (T5) y 200 kg N-fosfonitrato ha⁻¹ + 100 kg N-pollinaza ha⁻¹ (T3) con 16 y 17 Mg ha⁻¹, respectivamente, estos resultados son mayores a los reportados en la literatura para el cultivo de brócoli en fresco (Arévalo *et al.*, 2007; Stamatiadis, 1999; Vidal *et al.*, 2006; Rincón *et al.*, 1999), y concuerdan con lo reportado por Tagoe *et al.* (2008) en otros cultivos quienes encontraron que la aplicación de pollinaza mineralizada aumentó la producción de semilla de soya (*Glycine max*) hasta en 43 %; la aplicación de fertilizante N en combinación con estiércol contribuye al aumento del N del suelo y por lo tanto a una mayor disponibilidad y absorción de N por la planta. En el mismo sentido, Ahmad *et al.* (2007) reportan que la fertilización órgano-mineral aumenta significativamente la altura de las plantas de sorgo.

Los resultados de rendimiento de florete fueron similares cuando se aplicaron 300 kg N-pollinaza ha⁻¹ en comparación con el tratamiento a base de N-fosfonitrato, lo cual concuerda con lo reportado por Abou *et al.* (2006) quienes reportaron que al incorporar abono orgánico como gallinaza obtuvieron un rendimiento de 10.9 Mg brócoli ha⁻¹.

Las interacciones entre los fertilizantes N-fosfonitrato y N-pollinaza generaron variación en la producción de florete, dicha variación se atribuye a una falta de sincronización entre la mineralización-inmovilización de N. Además, la aplicación de estiércol promueve una mayor actividad y competencia microbiana del suelo por el nutrimento (Abou *et al.*, 2006; Korsæth *et al.*, 2002; del Pino *et al.*, 2007), lo cual genera una liberación lenta del N-orgánico (Schröder, 2005).

El alto rendimiento de florete obtenido en el tratamiento testigo absoluto (10.5 Mg florete ha⁻¹) se debe a que el suelo experimental ha recibido frecuentes aportes de estiércol, lo que crea una reserva natural de N mineralizable en el suelo (Schröder, 2005) y por lo tanto, la planta se encuentra en mejores condiciones nutrimentales para producir un rendimiento comercial alto. En este sentido, Langmeier *et al.* (2002) encontraron que un suelo con aportes constantes de materia orgánica puede sostener la demanda nutrimental de N del cultivo de rye grass (*Lolium multiflorum*).

La aplicación de fertilizantes órgano-minerales incrementa el rendimiento, debido a un enriquecimiento del suelo por aplicaciones de materia orgánica continuas, generando una mejoría en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, coadyuvando a aumentar el rendimiento, después de varias aplicaciones consecutivas de estiércol (Mooleki *et al.*, 2004).

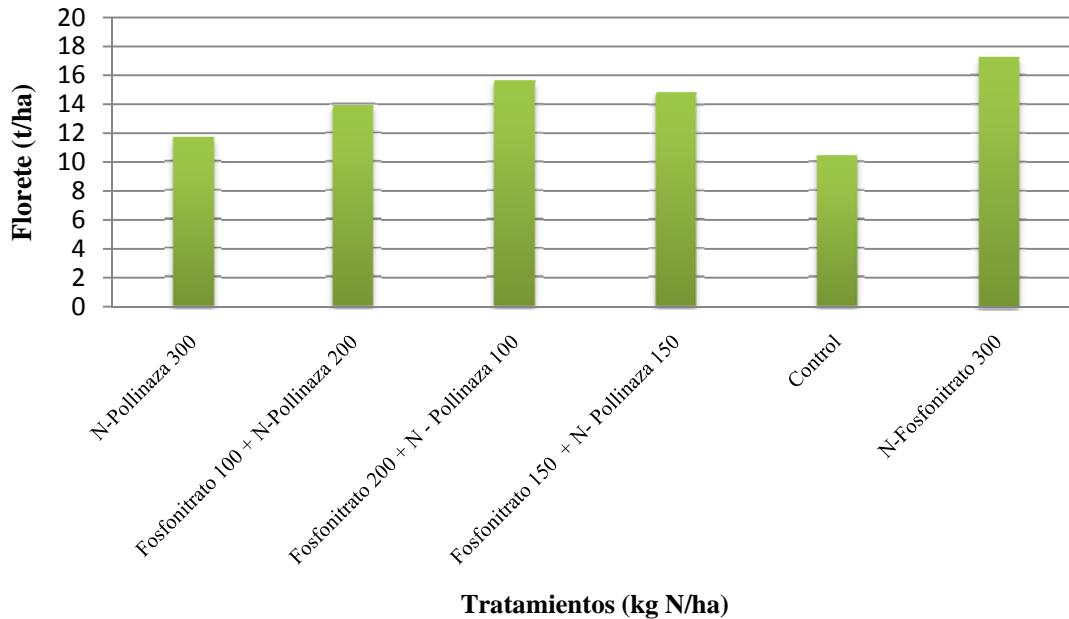


Figura 11. Rendimiento de florete por el cultivo de brócoli fertilizado con enmiendas órgano-minerales

7.3.2 Biomasa

Los resultados de producción biomasa (hojas+tallo y florete) se muestran en el Cuadro 1. Similar a lo observado en el rendimiento de florete, la producción de biomasa de brócoli presentó una respuesta significativa a la fertilización órgano-mineral. La producción mayor de biomasa se observó en los tratamientos 300 kg N-fosfonitrato ha⁻¹ y 200 kg N-fosfonitrato ha⁻¹ + 100 kg N-pollinaza ha⁻¹ (Cuadro 20). La masa seca de florete fue mayor a lo reportado por Magnifico *et al.* (1979), Rincón *et al.* (1999) y Vidal *et al.* (2006), quienes con fertirrigación obtuvieron valores de 254 g planta⁻¹. Durante el ciclo de cultivo de brócoli, independientemente de los tratamientos, la materia seca presentó un crecimiento de tipo exponencial, similar a lo reportado por Magnifico *et al.* (1979). Comparativamente, la producción de biomasa fue mayor a lo reportado por Rincón *et al.* (1999) quienes obtuvieron 6.2 Mg ha⁻¹. Esto concuerda con Tagoe (2008) quien reportó que al incorporar estiércol carbonizado de pollo aumentó la

producción de materia seca en soya. La diferencia entre estos resultados, pudo deberse a las condiciones de crecimiento, así como a las condiciones ambientales directamente relacionadas con la producción de biomasa (Marcelis, 1996).

Cuadro 20. Efecto de la fertilización órgano-minerales en la producción de biomasa por el cultivo de brócoli

Tratamiento		Peso florete		Peso hoja	
Fosfonitrato (kg N ha ⁻¹)	Pollinaza	Fresco	Seco	Fresco	Seco
		------(g planta ⁻¹) -----			
0 + 300		374 c d	49 b	927 a	148 b
100 + 200		496 b c	49 b	742 a b	164 a b
200 + 100		501 a b	62 a	1039 a b	174 a
150 + 150		476 b	60 a	962 a b	162 a b
Control		335 d	48 b	564 b	155 a b
300 + 0		561 a	62 a	1083 a	172 a

Valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

La mayor producción de materia seca se debió a una mayor contribución, principalmente, de las hojas seguido por floretes y tallos, lo cual se asemeja a lo reportado por Carranza *et al.* (2008), quienes mencionan que debido a que solo una pequeña porción de la planta de brócoli es cosechada (florete), el resto puede incorporarse al suelo.

En este trabajo, residuos de cultivo equivalente a 5.8 Mg ha⁻¹ de materia seca (Cuadro 21) pueden incorporarse al suelo, lo cual ayudaría a que el N proveniente de los mismos esté disponible para la planta por un largo periodo a través de una inmovilización inicial del elemento seguido por una mineralización (Burgess *et al.*, 2002).

Cuadro 21. Producción de biomasa por el cultivo de brócoli con fertilización órgano-minerales

Tratamiento		Biomasa seca				
Fosfonitrato (kg ha ⁻¹)	Pollinaza	Total (t ha ⁻¹)	Florete -----(%)-----	Hoja	Tallo	Residuo (t ha ⁻¹)
0 + 300		6.8 c	22.5 b	68.0 b	9.5 c	5.3 c
100 + 200		7.4 b	20.9 c	69.0 a	9.7 c	5.8 b
200 + 100		8.1 a	22.2 b	67.0 b	10.6 b	6.3 a
150 + 150		7.6 b	23.2 a	66.5 c	10.3 b	5.8 b
Control		6.9 c	21.8 c	69.7 a	8.5 d	5.4 c
300 + 0		8.2 a	22.4 b	65.6 c	12.0 a	6.3 a

Valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

7.4 Dinámica del N

Los resultados de absorción de N total se muestran en el Cuadro 22. La absorción de N total por el cultivo de brócoli fue afectada por la fertilización órgano-mineral. Se observaron valores de N total mayores a los reportados por Rincón *et al.* (1999) y Karitonas (2001). El N total en el tratamiento control indica un alto contenido de N en el suelo (Ns) por las aplicaciones frecuentes de materia orgánica en el sitio experimental. En general, se observó que la absorción de N total fue mayor cuando la aplicación de N vía materia orgánica se reduce, estos resultados son similares a los obtenidos por Castellanos *et al.* (2001), quienes al incorporar 400 kg N-orgánico ha⁻¹ bajo un manejo de fertirrigación obtuvieron niveles de extracción de 341 kg N ha⁻¹, asimismo, los resultados son similares a lo reportado por Xue *et al.* (2005), quienes encontraron que la aplicación de urea tuvo un efecto positivo en la mineralización del Ns.

Al respecto, Jenkinson *et al.* (1985) demostraron el denominado “priming effect” (efecto primario) en suelos con aplicaciones altas y constantes de materia orgánica, lo cual reduce la absorción del N aplicado al suelo recientemente, ya que la adición de fertilizante estimula la actividad microbiana y favorece la disponibilidad del Ns, aunque el “priming effect” puede ser positivo o negativo (Hamer y Marschner, 2002).

Cuadro 22. Absorción de N total por el cultivo de brócoli con fertilización órgano-mineral

Tratamiento		Nitrógeno	
Fosfonitrato (kg N ha ⁻¹)	Pollinaza	Total (kg ha ⁻¹)	Incremento (%)
0 + 300		177	-41.0
100 + 200		272	-8.6
200 + 100		277	-7.8
150 + 150		347	15.5
Control*		301	-
300 + 0		356	18.4

*Valor de Ns considerado como 100 %.

Considerando que el N total del tratamiento control es derivado del suelo, el cual ha recibido aplicaciones constantes de aproximadamente 20 t ha⁻¹ pollinaza año⁻¹, los resultados obtenidos indican que la absorción N total aumentó con la aplicación de Nf, mientras que cuando se incorporó materia orgánica vía Np, esta variable disminuyó (Cuadro 3). Esto es explicado en función de la incorporación de materia orgánica, la cual favorece el incremento de la inmovilización del N, asimismo, se incrementa el Ns y la competencia entre los microorganismos y las plantas por el elemento. En el caso de la incorporación de Nf, este reemplaza el Ns y por lo tanto incrementa la disponibilidad de N para la planta. Esta observación es apoyada por Del Pino *et al.* (2007), quienes demostraron a nivel de

laboratorio a través de las tasas de mineralización de N y estiércoles que los fertilizantes minerales promueven una mayor concentración de N mineral en el suelo (principalmente NO_3^-). Considerando que la aplicación de estiércol animal no sólo aumenta la reserva de N-inorgánico, sino también incrementa la mineralización del Ns se generó una mayor disponibilidad de N mineral para las plantas, coadyuvando a la descomposición lenta de la materia orgánica proveniente del estiércol (Muñoz, 2003; Ma *et al.*, 1999).

7.4.1 Extracción total de N

Los resultados de la absorción y origen de N se presentan en el Cuadro 4. Los datos de absorción de N fertilizante (Nf) en la etapa vegetativa fueron bajos, destacando los tratamientos donde se aplicó pollinaza (Np) con los valores de Nf menores en comparación con el tratamiento a base de N-fosfonitrato (Cuadro 4). Al respecto, Azeez (2010) y Korsæth *et al.* (2002) mencionan que esto se debe a que el Nf es inmovilizado por los microorganismos, asimismo, se ha observado que la aplicación de Np aumenta la actividad microbiana y la competencia por el nutrimento y por lo tanto, la inmovilización del N. La absorción de Np por la planta de brócoli fue aproximadamente 30 % (Cuadro 23), este valor concuerda con lo reportado por Cabrera *et al.* (1993), quienes encontraron un aumento mayor de N mineral en los primeros días de incubación de estiércol de pollo, lo cual ha sido atribuido a la mineralización de compuestos orgánicos lábiles. También se ha demostrado que el estiércol se mineraliza durante el primer año de aplicación, lo cual permite incrementar la reserva de N del suelo (Schröder, 2005), asimismo, debido a la forma del Np, principalmente como ácido úrico (Fujiwara y Murakami, 2007).

La proporción de Np en la planta de brócoli fue mayor en las dos primeras etapas (vegetativa a inicio de botoneo), concuerda con Azees (2010), quien plantea que la mineralización del Np se presenta en tres fases: 1) liberación inicial de N rápida (0-30 días de incubación, ddi), 2) liberación de N constante (40-55 ddi), y 3) liberación de N baja (70-90 ddi). Los datos indican que el manejo de abonos orgánicos de origen animal representan fuentes potenciales de lixiviación de N a los mantos freáticos, pudiendo ocasionar una grave contaminación por NO₃⁻ (Arévalo *et al.*, 2007; Anken *et al.*, 2004).

La baja absorción de Nf observada en este trabajo coincide con lo reportado por Roberts (1995), quien menciona que la eficiencia del uso de fertilizantes varía ampliamente y disminuye al aumentar la dosis de fertilización mineral. Asimismo, los valores de absorción de Nf obtenidos son menores a lo reportado en brócoli por Castellanos *et al.* (2001), quienes reportaron valores de eficiencia de N entre 68 a 73 % en fertirrigación.

Cuadro 23. Origen del N en el cultivo brócoli bajo fertilización órgano mineral

Tratamiento		Etapa (ddt)			
Fosfonitrato	Pollinaza	Origen	Vegetativo, 30	Botoneo, 60	Cosecha, 85
(kg N ha ⁻¹)		-----N (%)-----			
200 + 100		Ns	68.9	65.2	94.6
		Nf	4.5	3.2	5.1
		Np	26.6	31.6	0.4
300 + 0		Ns	71.3	67.9	52.0
		Nf	28.7	32.1	48.0
		Np	0	0	0

VIII CONCLUSIONES

En el presente estudio se cumplió con los objetivos planteados, ya que se realizó la caracterización del cultivo de brócoli en la región de Tepeaca-Tecamachalco y se probaron diferentes dosis de fertilizantes minerales con la aplicación de pollinaza.

El sistema de producción de brócoli de la región de Tepeaca-Tecamachalco es bajo una agricultura intermedia por lo tanto la hipótesis general no se rechaza.

La producción de brócoli en la región de Tepeaca-Tecamachalco, está dada por la autogestión de los productores en el sistema de riego y el uso de abonos orgánicos, así como la participación de los integrantes de la familia en las labores del cultivo.

La segunda hipótesis no se rechaza, ya que hay diferencias en el rendimiento de brócoli, con la aplicación de diferentes fertilizaciones órgano-minerales.

La aportación de pollinaza al suelo estimula la inmovilización del N del suelo y del agregado como fertilizante, esta inmovilización se ve reflejada en un menor rendimiento del cultivo.

El porte de N proveniente de la pollinaza al cultivo de brócoli es aproximadamente del 29.5%.

Reducir las aplicaciones de pollinaza debido a que el aporte de N bajo fertilizaciones órgano-minerales, debido a que se está aplicando un excedente de este nutrimento, por lo que repercutiría en posibles fuentes de contaminación de mantos acuíferos.

La organización del sistema de riego junto con el uso de la pollinaza como complemento de la fertilización sintética, así como la participación de los integrantes de la familia en las labores del cultivo son elementos estratégicos en la producción de brócoli en la región de Tepeaca-Tecamachalco, Puebla.

La producción de hortalizas depende de la organización interna en las asociaciones de usuarios para la distribución del agua, estructuralmente basada en las raíces de las comunidades, lo que ha generado el reconocimiento de la producción de esta hortaliza en la región, y en el mediano plazo permitirá incorporar acciones y elementos a la dinámica de la producción de brócoli con un enfoque de agricultura sostenible.

IX ESTRATEGIA DE DESARROLLO REGIONAL PROPUESTA

El conocimiento y caracterización del sistema de producción de brócoli junto con el comportamiento del nitrógeno procedente de diferentes fertilizaciones órgano mineral, permite plantear las siguientes líneas estratégicas con el fin de mejorar el sistema de producción de brócoli en la región de Tepeaca-Tecamachalco. Puebla.

Las propuestas que se presentan se consideran más significativas dentro de las circunstancias que preponderan en la región. Se proponen líneas estratégicas, las cuales deben estar seguidas por los principales actores del sistema de producción de brócoli de la región (Figura 12); así mismo se incluye una mayor participación de las instancias gubernamentales, concibiendo al Estado como regulador, orientador y facilitador de los procesos, en un modelo alternativo para el desarrollo del campo y del sector rural en general (basado en un modelo organizativo de autogestión campesina), Teniendo una coordinación entre las partes lo cual permitiría una coordinación entre instituciones para una correcta difusión de los conocimientos generados. De la misma manera tener reuniones que permitan tener una gestión adecuada.

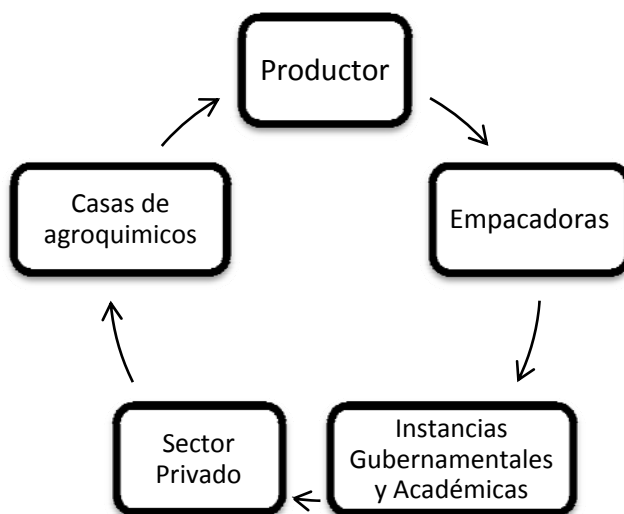


Figura 12. Principales actores en el sistema de producción de brócoli.

Para dar a conocer la estrategia se propone, un punto de reunión podría ser la expo agrícola que se lleva a cabo en el municipio de los Reyes de Juárez, así como reuniones con productores en asambleas de juntas de aguas y en juntas ordinarias que se lleven a cabo en los pozos, tomando como referencia que se tiene localizado los pozos de las comunidades donde se siembra el brócoli. Tomando en cuenta su autogestión como la base para la organización de dichas prácticas.

Dixon (2001) entendiendo el sistema de producción como la “combinación de factores de producción que establece el productor sobre su extensión espacial territorial” y el sistema caracterizado de brócoli se pone especial énfasis en la fertilización, manejo de plagas y enfermedades junto con el uso del agua como principales componentes del sistema de producción de brócoli.

A continuación, se consideran las propuestas de acciones estratégicas particularizándolas en cuatro líneas: 1) manejo de plagas y enfermedades, 2) fertilización, 3) uso del agua y 4) comercialización. Teniendo como eje principal promover el desarrollo de buenas prácticas agrícolas (BPA) que permitan obtener un producto de calidad, el cual sea aceptado para las condiciones de mercado.

Para lograr lo anterior puede partirse de algunas líneas generales de política que traducida en programas nuevos o en la ejecución congruente y ordenada de los ya existentes, permitan a los productores rurales desarrollar de forma natural sus habilidades productivas y su potencial organizativo tendiente a la madurez de los procesos de autogestión campesina.

9.1 Línea estratégica manejo de plagas y enfermedades

Con el conocimiento del manejo de plagas y enfermedades en la región se proponen las siguientes acciones:

Promoción y utilización de agroquímicos de baja toxicidad para la protección de agricultores, jornaleros y ambiente.

Promoción del uso de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) mediante demostraciones, talleres y cursos de capacitación a los productores junto con empresas de agroquímicos para facilitar el manejo y aplicación de agroquímicos de baja toxicidad.

Promover prácticas que fomenten el uso seguro y eficaz de plaguicidas, lo que implica la reducción, al mínimo de los efectos perjudiciales para el medioambiente.

Tener un uso y manejo de agroquímicos de acuerdo con lo entendido en la Norma Oficial Mexicana 081 FITA. Mediante una difusión con el productor y con la casa comercializadora de agroquímicos debido a que es donde el productor tiene el primer contacto y conocimiento sobre el uso y manejo de agroquímicos.

Realizar una mayor difusión entre parasitoides nativos con las plagas de importancia económica, ya que aun existen trabajos al respecto, como el de Barrios Díaz (2004) y otros, porque no existe difusión adecuada de este conocimiento y del posible impacto del mismo entre las estrategias de control alternativo existente, como son las formulaciones de compuestos feromonales y atrayentes (Tovar et al. 2007; Rojas et al. 2006).

9.2 Línea estratégica Fertilización

Tomando como referencia el experimento realizado se puede inferir que la pollinaza tiene un aporte del 30 % del N total a la planta de brócoli. Por lo cual se recomienda su uso, sin embargo, también es necesario reducir la dosis de pollinaza, cuando se aplique junto con fertilizantes minerales ya que se observa que a mayores proporciones de pollinaza, el N proveniente del fertilizante es reducido.

Asimismo, se propone reducir la dosis de pollinaza en suelos donde se ha venido realizando aplicaciones continuas de este insumo, con lo cual se reducirá la dosis de pollinaza aplicada por los productores y por lo tanto se reducirían los costos de fertilización, asimismo se evitarían fuentes de contaminación N al ambiente como NO_3^- y N_2O , todo esto sin deprimir los rendimientos. Por lo tanto, se propone realizar investigaciones consecuentes en este tipo de suelos con aplicaciones continuas de pollinaza para reducir la tasa de fertilización N.

Para lograr estos objetivos en esta línea estratégica, se propone la siguiente matriz que permitirá tener una mejor adopción de la tecnología por parte de los productores. Teniendo como enfoque principal el productor, debido a que es él último que toma las decisiones (Fig. 13).



Figura 13. Enfoque de trabajo de investigación.

De esta manera se podría tener un mejor manejo en la fertilización órgano-mineral en brócoli, para lograr este objetivo se proponen las siguientes acciones, las cuales deben ser llevadas a cabo por los actores correspondientes (Productor, Empacadoras, Casas de agroquímicos, Sector privado, Instancias gubernamentales y académicas).

- Realizar días demostrativos donde se invite conjuntamente a los agricultores, distribuidores minoristas, mayoristas y líderes de los pueblos a encuentros más generales para discutir e informar acerca del uso de fertilización orgánica mineral. Hacer de estos encuentros una atracción del pueblo la cual genere entusiasmo.
- Estos encuentros deberán estar acompañados con fotografías, carteles o gráficos de los resultados de los ensayos y de las demostraciones. Los datos deberán haberse obtenido preferiblemente en la región.

- Realizar pláticas que pongan especial énfasis en la necesidad de explicar las necesidades de nutrimentales de las plantas y el papel que los fertilizantes juegan para cubrir esas necesidades en una fertilización órgano mineral.

- Realizar asesorías *in situ* por parte de instituciones académicas y del sector privado, para una mayor credibilidad con el productor a base de resultados. Para esto se proponen como siguientes acciones para el manejo de la fertilización:
 - Mostrar un análisis económico en relación beneficio/costo para dar a conocer los costos de fertilización N y al mismo tiempo sus impactos en el ambiente.

 - Así mismo con base en los datos obtenidos se propone hacer una plática de los efectos de los abonos orgánicos en el suelo y su interacción con los fertilizantes químicos.

 - Para llevar a cabo una mejor fertilización es necesario que el productor lleve una bitácora que incluya fecha, fertilizante aplicado, dosis, todo esto con el fin de inferir las dosis de N en la aplicación de cultivos subsecuentes.

 - Realizar el análisis de suelo que permitan inferir las dosis de fertilización.

9.3 Línea estratégica uso del agua

La ineficiencia en el uso del agua es causada por el uso de sistemas de baja eficiencia como es el riego tradicional por agua rodada y a la aplicación de láminas de riego excesivas. Para esta problemática se proponen las siguientes acciones:

- Instalación de hidrantes con tubos de pvc, para hacer un mejor uso del recurso agua.
- Así como el riego por la noche dado que hay una menor evapotranspiración y se utilizan menos tiempo para regar, esto es de acuerdo con los productores que lo plantean.
- Diseño correcto y específico del sistema de riego para lograr una uniformidad en el uso del agua y así evitar el estrés en los cultivos (Espinosa *et al*, 2003).
- Promover el uso de riego por goteo ya que reduce en un 40% en comparación con los sistemas tradicionales (Espinosa *et al*, 2003).
- Debido a los resultado encontrados se sugiere que deben realizarse, al menos una vez al año, análisis de muestras de agua, para conocer la concentración de nitratos.

9.4 Línea estratégica comercialización

Para lograr una mejor comercialización y obtener al mismo tiempo mejores precios que le convengan al productor, se propone que estén organizados para lograr tener una planeación de la producción; la siembra y la cosecha para obtener un mejor precio y no una saturación del mercado. Cabe señalar que la sola organización de la producción agrícola no lleva al desarrollo en general de la economía de los productores, si no en la búsqueda y conformación de la agricultura en manos de los productores con base en economías de escala coordinados, promovidos o defendidos en primera instancia por los productores, y en última instancia por el estado (Martínez, 1995) y tomando en cuenta que los sistemas de comercialización son dinámicos y competitivos se requiere continuos procesos de cambio y mejoramiento en la cadena productiva de brócoli.

Los agricultores pequeños necesitan el mayor apoyo y su éxito depende de que logren conseguir los mejores precios posibles. Esto puede ser obtenido si se consigue mejor información sobre comercialización y sobre las diferentes opciones de comercio disponibles para ellos. Asimismo se propone trabajar en una cadena producción-comercialización que entregue el producto en el momento preciso.

Una opción es establecer el proceso IQF (Individual Quick Frozen) en las empacadoras que existen en la región lo cual permitirá la apertura de nuevos mercados ya que se carece de este proceso en la región.

Asimismo se propone también certificar las buenas prácticas de manufactura a los diferentes establecimientos donde se corta, lava y empaca el brócoli; con esta meta, se propone que las empacadoras logren obtener un mejor precio en el mercado y que éste se vea reflejado con el productor.

X LITERATURA CITADA

- Abou, MM, El-Magd, AM, El-Bassiony, F, Fawzy, Z. F. 2006. Effect of organic manure with or without chemical fertilizers on growth, yield and quality of some varieties of broccoli. *Plant Journal of Applied Sciences Research* 2:791-798.
- Ahmad Azraf-ul-Haq, Imran Qadir, Naeem Mahmood. 2007. Effect of integrated use of organic and inorganic fertilizers on fodder yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Pakistan Journal in Agricultural Science* 44(3):144-145.
- Aires, A., Rosa E., Rosa C. 2006. Effect of nitrogen and sulfur fertilization on glucosinolates in the leaves and roots of broccoli sprouts (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *J. Sci. Food Agric.* 86:1512–1516.
- Ajdary, K., D.K. Singh, A.K.Singh, M.Khanna 2007. Modelling of nitrogen leaching from experimental onion field under drip fertigation. *Agricultural Water Management* 89, 15–28.
- Altieri, M. A. 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Hayworth Press, New York, pp. 185.
- Altieri, M. A., Nicholls C. I. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. 1a edición.
- Albán, T., A., J.C.Narváez R., M.Madriñán, L. F. Cadavid L., P. B. Ospina 2004. Efecto del uso de fertilizantes órgano-minerales y minerales en la producción sostenible de yuca. *Acta Agronómica* 53, 1.

- Alcántar, G. G. y Trejo L. L. 2007. Nutrición de Cultivos. El suelo como medio natural en la nutrición de los cultivos. Ed. Mundi-Prensa, pp 100-122.
- Anken, T, Stamp, P, Richner, W, Walther, U. 2004. Plant development, nitrogen dynamics and nitrate leaching from ploughed and direct-sown plots. Schriftenreihe Der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik No. 63, 101.
- Añez, B., y Espinoza W. 2003. Respuestas de la lechuga y del repollo a la fertilización química y orgánica. Revista Forest. Venez. 47(2) 73-82.
- Araji, A. A., Abdo Z. O., Joyce P. 2001. Efficient use of animal manure on cropland – economic analysis. Bioresource Technology. 79(2)179-191.
- Arellano, G., D. 1993. Diseño Estratégico de Organizaciones Públicas. Una tecnología administrativa aplicada en México. CIDE. México. Documento de Trabajo no. 22 de la División de Administración Pública del CIDE.
- Arévalo, G., G., T.M. Hernández M., E.Salcedo P., A.Galvis S. 2007. Aplicación de fertilizantes sintéticos o abonos verdes y su efecto sobre la cantidad de nitrato residual en el suelo. Revista Chapingo - Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 13 (2) 58-90.
- Ávila, A. J. 2001. Problemas del Desarrollo, México, IIEC-UNAM, octubre-diciembre. Vol. 32, núm. 126.

Axman, H., A. Sebastianelli, J.L. Arrillaga. 1990. Técnicas de preparación de muestras de material biológico para el análisis isotópico. Dependencia de Edafología. Programa FAO/OIEA. Laboratorio del OIEA A-2444. Seibersdorf, Austria. En: Empleo de Técnicas Nucleares en los Estudios de la Relación Suelo-Planta. Editado por G. Hardarson. Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena, 311.

Ayoola, O.T. y Makinde E.A. 2007. Complementary organic and inorganic fertilizer application: Influence on growth and yield of cassava/maize/melon intercrop with a relayed cowpea. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(3): 187-192.

Azeez, JO, Van Averbek, W. 2010. Nitrogen mineralization potential of three animal manures applied on a sandy clay loam soil. Bioresource Technology 101:5645–5651.

Barrios D., B., R. Alatorre-Rosas, H. G. Calyecac-Cortero & N. Bautista-Martínez. 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var. capitata) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. Agrociencia 38: 239-248.

Bellapart, C. 1996. Nueva agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España, 298.

Benjamin, J. G., H. R. Havis, L. R. Ahuja., C. V. Alonso. 1997. Corn growth and nitrogen uptake with furrow irrigation and fertilizer bands. Agron. J. 89, 609–612.

Bio, Suisse. 2010. Summary of the Bio Suisse Standards - Version 1.1.

- Barrón, M. A. 2000 “Jornaleros agrícolas: viejos y nuevos fenómenos”, en DIEGO R. (coord.), Investigación social rural: buscando huellas en la arena. México: Plaza y Valdés, U. A. M. 187-196.
- Barton, L., T. D.Colmer. 2006. Irrigation and fertilizer strategies for minimizing nitrogen leaching from turfgrass. *Agric. Water Manage.* 80: 160–175.
- Bernal, M.P., A.F. Navarro, M.A. Sanchez-Monedero, A. Roig, and J.Cegarra. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biol. Biochem.* 30: 305–313.
- Beverly, R. B., W.M. Jarrell, J. Jr. Letey. 1986. A nitrogen and water response surface for sprinkler-irrigated broccoli. *Agron. J.* 78:91–94.
- Blaug Mark. 1985. *Teoría Económica en Retrospección Fondo Cultura Económica.*
- Bolan, N. S., M. J. Hedley. 2003. Role of carbon, nitrogen, and sulfur cycles in soil acidification. In “Handbook of Soil Acidity” (Z. Rengel, Ed.), Marcek Dekker, New York. 29–56.
- Burbano O.H. 2001. Lo biológico en el manejo productivo del suelo. En: Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. Primera parte. Manejo químico, físico y biológico del suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Palmira. pp 109-128.
- Burgess, M.S, Mehuys, GR, Madramootoo, CA. 2002. Nitrogen dynamics of decomposing corn residue components under three tillage systems. *Soil Science of Society American Journal* 66:1350–1358.

- Bulluck, L.R. M.Brosius, G.K. Evanylo and J.B. Ristaino. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19:147–160.
- Cabrera, V.E., S.S.Jagtap, P.E. Hildebrand. 2007. Strategies to limit (minimize) nitrogen leaching on dairy farms driven by seasonal climate forecasts. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122:479–489.
- Cabrera, ML, Chiang, SC, Merka, WC, Thompson, SA, Pancorbo, OC. 1993. Nitrogen transformations in surface applied poultry litter: Effect of litter physical characteristics. *Soil Science of Society American Journal* 57:1519-1525.
- Carranza, C, Lancho, O, Miranda, D, Melba, RS, Chaves, B. 2008. Modelo simple de simulación de distribución de masa seca en brócoli (*Brassica* sp.) variedad Coronado y repollo (*Brassica oleracea*) híbrido Delus cultivados en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 26(1):23-31.
- Castellanos, Z., J., Villalobos Salvador, J. Delgado A., J. Muñoz R., A. Sosa, P. Vargas, I. Lazcano, Alvarez S. and S. A. Enriquez. 2001. Use of best management practices to increase nitrogen use efficiency and protect environmental quality in a broccoli-corn rotation of central México *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 32(7&8), 1265–1292.
- Concheiro, L. 1994. Conceptualización del Mercado de Tierras: Una perspectiva campesina en Mercado de tierras en México. Ed. FAO-UAM,-X Roma. 160-175.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero valle de Tecamachalco, estado de Puebla. Gerencia de Aguas Subterráneas. Subdirección General Técnica. Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica. Puebla, Pue.4-8.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2007. Estadísticas del Agua en México 2007. CNA. SEMARNAT. México. 50.

Chaney, D.E., Drinkwater, L.E. and Pettygrove, G.S. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21505. 36.

Chayanov, V. Alexander 1974. La Organización de la unidad campesina. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires.

Chirinos, H. U. y Lazcano, F. I. 1996. Brócoli. Mejores rendimientos balanceando su fertilización N, P, K y Mg. Instituto de la Potasa y el Fosforo A.C. México y Norte de Centroamérica - Potash & Phosphate Institute. Informaciones Agronómicas. 1(7) 7-9.

Davidson, E. A. 1992. Sources of nitric oxide and nitrous oxide following wetting of dry soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 56, 95-102.

Davis, R. L., Patton, J. J., Teal, R. K., Tang, Y., Humphreys, M. T., Mosali, J., Girman, J., Lawles, J. M., Moges, S. M., Malapati, A., Si, J., Zhang, H., Deng, S., Johnson, G. V., Mullen, R. W., and Raun, W. R. 2003. Nitrogen balance in the magruder plots following 109 years in continuous winter wheat. J. Plant Nutr. 26, 1561-1580.

- De Teresa, O. A. P., Cortés R. R. 1996. La sociedad rural mexicana frente al nuevo milenio. Volumen II. La nueva relación campo-ciudad y la pobreza. Primera edición. edit. UNAM, UAM, Plaza y Valdéz editores.
- Del Pino, A., Repetto C., Mori C., Perdomo C. 2007. Patrones de Descomposición de estiércoles en el Suelo. *Terra Latinoamericana* 26: 43-52.
- Directive 91/676/EEC, 1991. Council directive of 12th December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources, Official Journal L 375, 31.12.1991; Bull. 12-1991, point 1.2.298.
- Dixon, J., Gulliver A., Gibbon D. 2001. *Sistemas de Producción Agropecuaria y Pobreza Cómo mejorar los medios de subsistencia de los pequeños agricultores en un mundo cambiante*. FAO y Banco Mundial Roma y Washington DC.
- Dixie, Grahame. 2006. *Guía de extensión en comercialización. Comercialización de productos hortícolas 5*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. pp 2-6.
- Domínguez, T. T, Aguilar. A. A., 1999. Elementos de estrategia para el desarrollo agrícola en una unidad de riego en el estado de Veracruz, México. *Terra* (17) 4. 355-360.
- Dourado, N D., Powlson D., Abu B. R., Bacchi O. O. S. *Et al.* 2010. Multiseason Recoveries of Organic and Inorganic Nitrogen-15 in Tropical Cropping Systems. *Soil Fertility & Plant Nutrition*. 74: 1.

- Escobedo, C. F. J. 1997 “Una zona de riego tradicional, el caso de San Buenaventura Tecalcingo, Puebla”. *Antología sobre pequeño riego*, Colegio de Postgraduados, México. pp 273- 299
- Escobedo, C. F. J. 2006. La pequeña irrigación en el estado de Puebla Rasgos de su estructura y funcionamiento. Fundación Produce Puebla, A. C. Primera edición. pp 95-112.
- Espinosa P. M., Enríquez R. S., Cervantes M. A., Ramos N. M. J., Silva K. A. 2003. Cadena Agroalimentaria de brócoli Etapa IV Trayectoria y Prospectiva de la Oferta tecnológica. Plan Estratégico de investigación y transferencia de tecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Fundación Guanajuato Produce, A.C.
- Eriksen, J., Mortensen J. V. 1999. Soil sulphur status following long -term annual application of animal manure and mineral fertilizers *Biol Fertil Soils*. 28:416–421.
- Everaarts, A.P., de Willigen P., 1999. The effect of nitrogen and the method of application on yield and quality of broccoli. *Netherlands. J. of Agric. Sci.*, 47 (2) : 123- 133.
- Fageria, N. K., Baligar V. C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88:97-158.
- FAO. 2006. World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. World soil resources reports. Rome, Italy. pp 70-92.

FAO. 2010. La pollinaza como suplemento proteico y mineral en rumiantes en México. Technology for agriculture technology for agriculture. <http://www.fao.org/teca/content/la-pollinaza-como-suplemento-proteico-y-mineral-en-rumiantes-en-m%C3%A9xico>.

Faust, Hans, Sebastianelli J. A., Axmann H. 1987. Curso interregional de entrenamiento sobre el uso de ^{15}N en ciencias de suelos, nutrición vegetal y biotecnología agrícola. Manual de Laboratorio Métodos para el Análisis de ^{15}N . FAO/ OIEA. pp 19-30.

Farhad, W., Saleem M. F, Cheema M. A. Hammad M. 2009. Effect of poultry manure levels on the productivity of spring maize (*zea mays l.*). The Journal of Animal & Plant Sciences 19(3) 122-125.

Fernández, C., J., Vázquez O J. R. 2003. *Copitarsia incommoda* Walker en cultivos agrícolas de exportación para el Estado de Puebla. In: Bautista M., N. y R. L. Flores P. Memorias del Simposio Nacional sobre *Copitarsia incommoda* (WALKER). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 64 p.

Figueroa, V. U., Cueto W. J. A. 2003. Abonos orgánicos y plasticultura. Capítulo 1. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. pp 1-21.

Fong, M., Wong, J.W.C., Wong, M.H. 1999. Review on evaluation of compost maturity and stability of solid waste. Shanghai Environ. Sci. 18 (2), 91–93.

Foth, H. D., Ellis B. G. 1988. "Soil Fertility." John Wiley & Sons, New York.

- Fortis, H. M. E. Salazar. E. Sosa, 2007. Normas de aplicación de estiércol bovino al suelo. Capítulo XXII Uso y aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad. pp 541-584.
- Fujiwara, T., Murakami K. 2007. Application of near infrared spectroscopy for estimating available nitrogen in poultry manure compost. *Soil Science in Plant Nutrition* 53:102-107.
- Galeski, B. 1997. El modo de explotación campesino en Sociología del campesinado. Barcelona: Península pp 45-76.
- García, H. E. J., Peña O. B., Estrella N. C. *et al.*, 2004. Componentes de una estrategia para el Desarrollo Agrícola Regional en pinos, Zacatecas: el nopal tunero como su elemento central. *Comunicaciones en Socioeconomía, Estadística e Informática*. 8 (1). 83-102.
- Germain, N. 1993. Sistema de producción: ¿Concepto o lugar de encuentro? El punto de vista de un sociólogo. *Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola*. ORSTOM. Colegio de Postgraduados. 83:90.
- Gheysari, M., Seyed M. M., Mehdi H., Mohammad E. A., Hoogenboom G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. *Agricultural Water Management* 96, 946-954.
- Gil, M.V., Carballo M.T., Calvo L.F. 2007. Fertilization of maize with compost from cattle manure supplemented with additional mineral nutrients. *Waste Management* 28. 1432-1440.
- Grunli, T., Bockman O. C. 1994. *Norwegian Journal of Agriculture Science*. Supplement No. 12 Nitrous oxide from agriculture. Norks Hydro Research Centre. Porsgrunn, Norway. 128.

- González, E. Adrian. 1990. Los tipos de agricultura y las regiones agrícolas de México, Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. Montecillo Estado de México, México pp152.
- González, L. Ángel. 1997. XIII. El pequeño riego en México, la versión oficial y la realidad. Antología sobre pequeño riego. Colegio de Postgraduados. Vol. I. 465-485.
- Gutser, R., Ebertseder Th., Weber A, Schraml M, Schmidhalter U. 2005. Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2005, 168, 439–446.
- Hanrahan, G., Chan G. 2005. Nitrogen. *Encyclopedia of Analytical Science* (Second Edition) Pages 191-196.
- Harris, O. 1986. La unidad doméstica como una unidad natural. *Nueva Antropología*. México. 8. 30.
- Hamer, U, Marschner, B. 2002. Priming effects of sugars, amino acids, organic acids and catechol on the mineralization of lignin and peat. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165:261–268.
- Henrique, M. R., Fangueiro D., Alves F., Rita V., Coelho D., Vasconcelos E. 2010. Nitrogen mineralization from an organically managed soil and nitrogen accumulation in lettuce. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173, 260–267.
- Hecht, B. Susanna. 1999. La evolución del pensamiento agroecológico. Capítulo I. AGROECOLOGIA Bases científicas para una agricultura sustentable. Edit. Nordan–Comunidad. pp 15-30.

Hao, X.Y., Chang C. 2002. Effect of 25 annual cattle manure applications on soluble and exchangeable cations in soil. *Soil Sci.* 167, 126–134.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. 2010. Mapa digital de México visualizador. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html> (Revisado enero 2010).

Jansson, S. L., Persson, J. 1982. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In “Nitrogen in agricultural soils” (F. J. Stevenson, Ed.), ASA, CSSA, and SSSA, Madison, Agron. Monogr. 22. pp 229-252

Jenkinson, D.S., Fox, R.H., Rayner, J.H., 1985. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen - the so-called 'priming' effect. *Journal of Soil Science* 36:425-444.

Jolalpa, B. J. L. 2001. Rentabilidad y competitividad del brócoli (*brassica oleracea var. itálica*) de exportación de Guanajuato 2000-2001. Instituto de Socioeconómica, Estadística e Informática Especialidad en Economía. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo Edo. de México. pp 57-70.

Karitonas, R. 2001. Effect of nitrogen supply on yield and quality of broccoli. *Plant Nutrition Food security and sustainability of agro-ecosystems.* 298-299.

Kolbe, H. Jäckel, U. and Schuster, M. 1999. Development of the nutrient contents and pH-value in the depth profile of test areas during the course of conversion to organic agriculture. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung* 40: 145-151.

- Knicker, H. 2004. Stabilization of N-compounds in soil and organic-matter-rich sediments—what is the difference? *Marine Chemistry* 92 167–195.
- Kristensen, H.L., Deboz K., Mc Carty G.W. 2003. Short-term effects of tillage on mineralization of nitrogen and carbon in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 35: 979–986.
- Korsaeth, A, Henriksen M, T, Bakken R, L. 2002. Temporal changes in mineralization and immobilization of N during degradation of plant material: implications for the plant N supply and nitrogen losses. *Soil Biology and Biochemistry* 34(6):789-799.
- Laanbroek, H.J., Gerards S. 1991. Effects of organic manure on nitrification in arable soils. *Biol Fertil Soils* 12:147-153.
- Langmeier, M., Oberson A., Kreuzer M., Mäder P., DuboisD., Frossard E. 2001. Does the farming system affect the nitrogen fertiliser value of animal manure? *Plant nutrition food security and sustainability of agroecosystems*. 968-969.
- Langmeier M, Frossard E, Kreuzer M, Mäder P, Dubois D, Oberson A. 2002 Nitrogen fertilizer value of cattle manure applied on soils originating from organic and conventional farming systems. *Agronomie* 22:789–800.
- Lazcano, F. I., M. McCully, y H. Chirinos V. 1997. Los beneficios del uso de $K_2SO_4-2MgSO_4$. In: *La fertilización balanceada de brócoli en el Bajío de México*. 3rd Fertilizer Latin America International Conference. Instituto de la Potasa y el Fósforo. A. C. (ed). Querétaro Qro. pp 7-9.

Leonard, Eric. 1993. Cuando el análisis de términos de sistemas de producción se enfrenta con la dimensión macroeconómica. *Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola*. ORSTOM. Colegio de Postgraduados. 107:110.

Ley de aguas nacionales. 2008. Última Reforma DOF 18-04-2008. Pp 7

Lisiewska, Z., Kmiecik W. 1995. Effects of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chemistry*. 57(2) 261-270.

López, M. D. José., Vázquez V. Cirilo., Valdes. C. Ricardo., Salazar S. Enrique. 2007. Fertilización Inorgánica-Orgánica Capítulo XIV. Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad SLCS.

Maddala y Milles. 1989. *Microeconomía*. Mac Graw. Hill.

Magnifico, V, Lattancio, V, Sarli, G. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli. *Journal of America Horticultural Science* 104(2):201-203.

Mancino, C. F., Torello, W., and Wehner, D. J. 1988. Denitrification losses from Kentucky bluegrass sod. *Agron. J.* 80, 148-153.

Marbeuf, R. 2002. Los fertilizantes y su uso. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes Roma, Cuarta edición. pp 2-8.

Mariotti, A. 1983. Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural ¹⁵N abundance measurements. *Nature* 303: 685-687.

- Masahito, H., Kanako T., Masanori S. 2008. Various players in the nitrogen cycle: Diversity and functions of the microorganisms involved in nitrification and denitrification. *Soil Science and Plant Nutrition*. 54, 33–45.
- Marcelis, LFM. 1996. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. *Journal of Experimental Botany* 47:1281–1291.
- Martínez, S. Tomas. 1993. *Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola*. ORSTOM. Colegio de Postgraduados. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo Edo. de México. pp 15.17.
- Martínez, S. T. 1983. La Historia de la Agricultura en México. Ponencia presentada en el III taller latinoamericano Prevención de riesgos en el uso de plaguicidas. México diciembre. pp 34-45.
- Martínez, S. T. 1995. De la antropología del campesinado a la antropología del desarrollo. *Nueva Antropología*, XIV. México.48.
- Martínez S. T., Palerm V. Jacinta. 2000. *Antología sobre pequeño riego, Volumen II. Organizaciones autogestivas*.
- Mao, J., Dan C. O., Xiaowen F., Zhongqi H., Klaus S. R. 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. *Geoderma* 146: 353–362.

- Matheus, L., Caracas J., Montilla J., Fermín F. O. 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays L*). Agricultura Andina. Volúmen 13: 27-38.
- Milleville, Pierre. 1993. La Actividad de los agricultores: un tema de investigación necesaria para los agrónomos. Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola. ORSTOM. Colegio de Postgraduados. 37:41
- Middelboe, V., H. S. Johansen. 1990. Analysis of nitrogen, carbon and oxygen isotope ratios by optical emission spectrometry. *In: Soil Analysis. Modern Instrumental Techniques* (K. A. Smith, ed.). Marcel Dekker, Inc., New York, USA. 433-464.
- Mintzberg, H. 1993. 'El proceso estratégico conceptos y casos'. Ed. Prentice Hall. México. 15-22.
- Mooleki, SP, Schoenau, J. J., Charles, J.L., Wen, G. 2004. Effect of rate, frequency and incorporation of feedlot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* 84:199-210.
- Moritsuka, Naoki, Yanai J, Keiko Mori K., Kosaki T. 2004. Biotic and abiotic processes of nitrogen immobilization in the soil-residue interface. *Soil Biology & Biochemistry* 36.1141-1148.
- Muñoz R, G, Mark J, P, Kelling A, K. 2003. Nitrogen budget and soil N dynamics after multiple applications of unlabeled or ¹⁵Nitrogen-enriched dairy manure. *Soil Science of Society of American Journal* 67:817-825.

Nett, Leif. Averagesch Sven., Silke Ruppel., Jörg Rühlmann., Carmen Feller., George Eckhard., Fink Matthias. 2010. Does long-term farmyard manure fertilization affect short-term nitrogen mineralization from farmyard manure? *Biol. Fertil. Soils.* 46:159–167.

NOM-021-SEMARNAT-2000. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial que Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. México pp8-12

Noriega, A. Gerardo. 2006 Producción de Abonos Orgánicos y Lombricultura. Centro de Educación Continua. Universidad Autónoma Chapingo Estado de México. pp 50-58.

Norton, R. D. 2004. Política de desarrollo agrícola. Conceptos y principios Capacitación en políticas agrícolas y alimentarias 2. Material conceptual y técnico. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Roma. pp 15-37.

Sraffa, P. (1968) “Las leyes de los rendimientos en régimen de competencia”, en *Ensayos sobre teoría de los precios*, de Stigler y Boulding. Edit. Aguilar.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. NOM-037-FITO-1995. Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos.

Olson, R.V., Swallow C.W. 1984. Fate of labeled nitrogen fertilizer applied to winter wheat for five years. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:583-586.

- Palacio, M. S. 2007. Análisis del mercado de tierras en México. Revista académica de economía. N° 77. Texto completo en <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2007/mcl.htm>. revisado agosto 2010.
- Palerm, V. J. 2006. El agua recurso en crisis. Organizaciones autogestivas para el manejo del agua. Fundación Produce Puebla, A. C. Primera edición. pp 79-94.
- Parra, R. M., Trinidad V. A., Diaz, H. B., Del Carmen G. A. M., Garcia, B. L. E., López M. A., Márquez G. A., Nahed T. J., Plascencia V. H. 1993. La producción Silvoagropecuaria de los altos de Chiapas análisis de un sistema Complejo. Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola ORSTOM. Colegio de Postgraduados. 249:256.
- Peña, S. 2008. Apuntes para el apoyo a las Pequeñas Unidades de Producción para el Campo. Seminario: "La Agricultura Mexicana Frente al 2007". México.____.
- Peña-Cabriales, J. J. y O. A. Grageda Cabrera. 1997. Dinámica del nitrógeno en el sistema agrícola. In. Perspectivas de la microbiología en México. Ruiz-Herreral. IPN México. pp: 345-366.
- Pindyck, y Rubinfeld, D. 1995. *Microeconomía*. Prentice Hall. Tercera Edición.
- Prause, J. y Ferrero, A. 1992. "Bases para la fertilización de cultivos". Cátedra de Cultivos I - FCA - UNNE. Mimeografiado CEIA - UNNE. 25.
- Pontie, Guy. 1993. Sistema de producción: ¿Concepto o lugar de encuentro? El punto de vista de un sociólogo. Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola. ORSTOM. Colegio de Postgraduados. 83:90

- Qian, P., J. J. Schoenau. 2002. Availability of nitrogen in solid manure amendments with different C:N ratio. *Can. J. Soil Sci.* 82: 219-225.
- Reganold, J P. 1995. Soil quality and profitability of biodynamic and conventional farming systems. *American Journal of Alternative Agriculture.* 10, 36-45.
- Rincón, L., J. Saez, J. A. Pérez C., M. D. Gómez L., y C. Pellicer. 1999. Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli. *CIDA. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol 14 (1.2). Murcia, Esp. 45-59.
- Ricardo David. 1994. Principios de Economía Política y Tributación In: David Ricardo Obras y Correspondencia. Vol. I. Fondo de Cultura Económica. Quinta reimpresión.
- Risse Mark. 2009. Land Application of Livestock and Poultry Manure. Learning for live. *AGRI-21 Farming Systems. Circular 826.* pp 3-7.
- Rojas, J. C., L. Cruz-López, E. A. Malo, O. Díaz-Gómez, G. Calyecac & J. Cibrian T. 2006. Identification of the sex pheromone of *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae). *J.Econ. Entomol.* 99 (3): 797-802.
- Roger, Knowles. 1982. Desnitrificación *Microbiological Reviews*, Mar. 1982, 46(1): 43-70
- Rolston, D. E. 1981. Nitrous oxide and nitrogen gas production in fertilizer loss. In "Denitrification, Nitrification, and Atmospheric Nitrous Oxide" (C. C. Delwiche, Ed.), pp. 129-149. John Wiley & Sons, New York.

Rufino, M.C., Tifton P., Wijk van M.T., Castellanos-Navarrete A., Delve R.J., Ridder de N., Giller K.E. 2007. Manure as a key resource within smallholder farming systems: Analysing farm-scale nutrient cycling efficiencies with the NUANCES framework. *Livestock Science* 112. 273–287.

SAS, INSTITUTE. 2003. SAS 9.1.3 service Pack 2, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.

Secretaría de Desarrollo Rural SDR, 2010. Cadenas Productivas Agropecuarias y Acuícolas del Estado de Puebla. Cadena productiva de hortalizas. 87.

Schnoebau, J. J., Davis J.G. 2006. Optimizing soil and plant responses to landapplied manure nutrients in the Great Plains of North America. *Can. J. Soil Sci.* 86, 587–595.

Schmidt, E. L. 1982. Nitrification in soil. In “Nitrogen in Agricultural Soils” (F. J. Stevenson, Ed.). *Agron. Monogr.* 22, ASA, CSSA, and SSSA, Madison. pp. 253–288

Schetman, A. 1982. *Economía campesina y agricultura empresarial (tipología de productores del agro mexicano)*. México. Siglo XXI

Scheller, E., Vogtmann H. 1995. Case studies on nitrate leaching in arable fields of organic farms. In Kristensen, L. Stopes, C. Kolster, P. Granstedt, A. and Hodges, D. (Eds.) *Nitrogen leaching in ecological agriculture. Proceedings of an International Workshop, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark.* pp: 91-102

Schröder, Jaap. 2005. Revisiting the agronomic benefits of manure: a correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment. *Bioresource Technology* 96 253–261.

SIAP, 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351. Revisado enero 2009.

Siller, Cepeda H. Jorge, Báez Sañudo A. Manuel S. Barajas Adriana, Báez Sañudo Reginaldo. 2002. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. Guía para el Agricultor Buenas Prácticas Agrícolas para Frutas y Hortalizas Frescas. SAGARPA. Primera Edición. Culiacán, Sin. pp 18-19.

Simek Miloslav, Jisoiva Linda., Hopkins W. David. 2002. What is the so-called optimum pH for denitrification in soil? *Soil Biology & Biochemistry* 34. 1227–1234.

Sileika, A. S., Guzys S. 2003. Drainage runoff and migration of mineral elements in organic and conventional cropping systems. *Agronomie* 23: 633-641.

Sommer, S. G., Hutchings N.J. 2001. Ammonia emission from field applied manure and its reduction. *Eur. J. Agron.* 15, 1–15.

Smil, V. 1999. Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Glob. Biogeochem. Cyc.* 13: 647–662.

Stamatiadis, S, Werner, M, Buchanan, M. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California). *Applied Soil Ecology* 12:217-225.

- Strock, J.S. Ammonification Encyclopedia of Ecology. 2008, Pages 162-165.
- Stevenson, F. J. 1982. Origin and distribution of nitrogen in soil. In “Nitrogen in Agricultural Soils” (F. J. Stevenson, Ed.), pp. 1–42. ASA Monograph No. 22, Madison.
- Sztern, D. y M. Pravia A. 2005. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Presidencia de la república oficina de planeamiento y presupuesto unidad de desarrollo municipal. pp 68.
- Tagoe O, S, Horiuchi T, MT. 2008. Effects of carbonized and dried chicken manures on the growth, yield, and N content of soybean. Plant Soil 30(6): 211–220.
- Tomoki, T., I. Hidehiro, F. Tsutomu, O. Tomohiro and M. Kazuo 2010. Increasing nitrate removal at low temperatures by incorporating organic matter into paddy fields. Soil Science and Plant Nutrition. 56, 163–167.
- Toledo, M. Víctor. 1991. El juego de la supervivencia: Un manual para la investigación etnoecológica en Latinoamérica. CLADES. USA. 75.
- Toledo, M. Víctor. 2002 Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. Agroecole Desenv. Rur. Sustent. Porto Alegre, .3(2): 27-36
- Thomsen, K. I. 2005. Crop N utilization and leaching losses as affected by time and method of application of farmyard manure. Europ. J. Agronomy 22: 1–9.
- Thomsen, K. I. 2004. Nitrogen use efficiency of ¹⁵N-labeled poultry manure. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:538–544.

- Tovar, H., H., N. Bautista M., J. Vera G., D. A. Suárez V., S. Ramírez A. 2007. Fluctuación poblacional y parasitismo de larvas de *Copitarsia decolora guenée*, *Plutella xylostella* L. y *Trichoplusia ni* Hübner (Lepidoptera) en *Brassica oleracea* L. Acta Zoológica Mexicana 23(2): 183-196.
- Trehan, S.P., Wild A. 1993. Effects of an organic manure on the transformations of ammonium nitrogen in planted and unplanted soil. Plant and Soil 151: 287-294.
- Turrent F. A. 1985. El agrosistema, un concepto útil dentro de la disciplina de productividad. Chapingo, Colegio de Postgraduados, p. 34.
- Uribe, L. 2003. Inocuidad de abonos orgánicos.: Gloria Meléndez y Gabriela Soto (eds.) Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. pp 122 – 138.
- Valles de la Mora, B., G. Cadisch., Schunemann A.A. 2003. Comparación de metodologías de isótopos para evaluar fijación de N atmosférico y su destino en suelos y plantas. Agrociencia 37(2): 17-127.
- Vidal, Martínez, J. Luis., Núñez R. Escobar, Lazcano I. Ferrat. , D. J. Etchevers-Barra., R.Carrillo-González. 2006. Nutrición potásica del brócoli (*Brassica olearacea*) con manejo convencional y fertirrigación en un vertisol en invernadero. Agrociencia 40: 1-11.
- Villalobos, R., S., J. Castellanos Z., L. Tijerina Ch., y G. Crespo P. 2005. Efecto de la tensión de humedad en el suelo sobre rendimiento y calidad del brócoli con riego por goteo. Terra Latinoamericana 23(3). 321-328.

- Vogelgesang F. 1998. Tierra, mercado y estado. Perspectivas sobre mercados de tierras rurales en América Latina. Banco Interamericano de Desarrollo Departamento de Desarrollo Sostenible División de Medio Ambiente. 13-28.
- Wiggins, S. and K. Johann. 2010. The Future of Small Farms. *World Development* 38(10), 1341–1348.
- Wilson, D. J., Zheljaskov D. V., Rathgeber B., Caldwell D. C., Burton L. D. 2008. Reduction in phosphorus availability in poultry and dairy manure by mineral amendments. *Soil Science and Plant Nutrition* 54, 600–605.
- Wilder, M., Romero L. P. 2006 Paradoxes of Decentralization: Water Reform and Social Implications in Mexico. *World Development* 34(11), 1977–1995.
- Xue, JM, Sandsb, R, Clinton, PW, Paync, TW, Skinner, MF. 2005. Priming effect of biuret addition on native soil N mineralization under laboratory conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 37:1959–1961.
- Xu, Ming-gang, L.I. Dong-chu, L.I. Ju-mei, Q.I.N. Dao-zhu, Y.Kazuyuki, H.Yasukazu. 2008. Effects of organic manure application with chemical fertilizers on nutrient absorption and yield of rice in Hunan of Southern China. *Agricultural Sciences in China* 7(10):1245-1252.
- Yagodin, 1982. B. A. Agroquímica II. Editorial Mir. URSS pp 464
- Yoshlnarl, T., R. Hynes, Knowles R. 1977. Acetylene inhibition of nitrous oxide reduction and measurement of denitrification and nitrogen fixation in soil. *Soil Biol. Biochem.* 9:177-183.

Young, M., M.J. Rangel S., B. Beristain B., G. Mercado B. 1985. Tecnología para el manejo, tratamiento y utilización de residuos porcícolas en México. In: Memorias del taller regional PNUMA (CEPAL). Sobre la utilización de los residuos agrícolas y agroindustriales en América Latina y el Caribe. Hurtubia, J. y O. Monroy H. (eds.). México, D. F. pp: 171-199.

Zapata, F. 1990. Técnicas isotópicas sobre estudio sobre la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas. In: G. Hardarson (ed). Empleo de técnicas nucleares en los estudios suelo-planta FAO-OIEA. Viena, Austria.

Zhu, J.H., X.L. Li, P. Christie., J.L. Li. 2005. Environmental implications of low nitrogen use efficiency in excessively fertilized hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111:70–80.

XI ANEXOS

11.1 Cuestionario aplicado



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS PUEBLA

PROGRAMA DE POSTGRADO.- ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRICOLA REGIONAL

DATOS GENERALES

Nombre: _____ Edad _____

Municipio: _____ Localidad: _____

- 1.
2. ¿Qué cultivos sembró en el 2008?

	Predio		Particular	Ejido	Renta	Temporal	Riego
	Superficie.	Cultivo					
1							
2							
3							
4							
5							

3. ¿Por qué decide sembrar brócoli?

4. ¿En qué fechas sembró el brócoli?

5. ¿Cuántos años lleva dedicándose a la producción de brócoli?

Plántula

6. ¿Usted produce la plántula de brócoli?

Si No

7. ¿En qué municipio la adquiere?

8. ¿Qué variedades utilizo en el 2008?

Uso de estiércol

9. ¿Cuál es la fertilización comúnmente utilizada?

Solo química ambas orgánica

10. ¿Qué tipo de estiércol aplica al cultivo de brócoli?

Pollinaza Vacuno Caballo Otro

11. ¿Dónde adquiere el estiércol?

Estiércol de la finca estiércol externo a la finca

12. ¿Realiza el almacenaje del estiércol?

Si No

13. ¿Dónde realiza el almacenaje del estiércol?

Bodega Campo abierto Otro especifique _____

14. ¿Cuánto tiempo lo deja en el campo, antes de esparcirlo?

15. ¿La aplicación de estiércol es?

Manual Mecánica

16. ¿EL estiércol que aplica es?

Compostado Fresco Ambos

17. ¿En qué etapa del cultivo aplica el estiércol?

- La preparación del terreno Siembra Primera escarda
 Formación de cabeza

18. ¿Desde cuándo aplica estiércol al terreno donde cultiva el brócoli?

19. ¿Cuántos bultos o kg aplica de estiércol por hectárea?

20. ¿Con que finalidad aplica el estiércol?

- Mejorador de suelo aporte de nutrimentos
 Control de plagas y enfermedades de suelo otros

21. ¿Ha notado alguna complicación cuando aplica estiércol?

- Si No

22. ¿Cuáles han sido?

FERTILIZACIÓN QUÍMICA

23. ¿Qué fertilizantes adquirió principalmente?

Fuente	Bultos por Ha
Urea	
Sulfato de amonio	
Nitrato de potasio	
Nitrato de magnesio	
Fosfonitrato	

24. ¿En qué etapa del cultivo aplica el fertilizante químico?

- La preparación del terreno Siembra Primera escarda
 Formación de cabeza

25. ¿Siempre aplica la misma cantidad de fertilizante?

- Si No

26. ¿En qué varía que le aplique más o menos fertilizante?

27. ¿Usa fertilizantes foliares para el cultivo del brócoli?

- Si No

28. ¿Qué nutrimentos aplica?

Fuente	Cantidad
Calcio	
Fósforo	
Nitrógeno	
Potasio	
Magnesio	
Mezcla	

29. ¿En qué etapa fenológica del cultivo los aplica?

30. ¿Monitorea la efectividad de fertilización?

- Si No

31. ¿Cómo hace el monitoreo

32. ¿Ha notado alguna deficiencia nutrimental en su cultivo de brócoli?

Si No

33. ¿Cual es, o son las principal que ha notado?

Calcio nitrógeno fosforo potasio Magnesio

34. ¿Ha notado alguna diferencia cuando utiliza química, orgánica y ambas?

Si No

35. ¿En donde ha notado la diferencia?

Rendimiento menor Rendimiento mayor vigorosidad de la planta
 Mayor ataque a plagas y enfermedades Mejor calidad del suelo

CONTROL DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS

36. ¿Lleva algún plan de manejo para plagas y enfermedades?

Si No

37. ¿En qué consiste el plan de manejo?

38. ¿Cuáles son las principales plagas que afecta al brócoli en su parcela?

Dorso diamante (*Plutella xylostella*)
 Falso medidor (**Trichoplusia ni Hübner**), Otras

¿Cuáles son los principales productos utilizados para su control?

Producto	Dosis	aplicaciones

39. ¿Cuáles son las principales enfermedades que afecta al brócoli en su parcela?

- Alternaría Brassicae Hérnia (Plasmodiophora Brassicae)
 Pudrición de raíz (Phytophthora megasperma)
 Nervadura negra (Xanthomonas campestris)
 Otras

40. ¿Cuáles son los principales productos utilizados para su control?

Producto	Dosis	aplicaciones

41. ¿Ha utilizado insecticidas orgánicos?

- Si No

42. ¿Cuáles son las principales malezas que afectan a su cultivo de brócoli?

43. ¿Cuál es el principal medio de control?

- Mecánico químico

44. ¿Cuáles son los principales productos utilizados para su control?

Producto	Dosis	Número de Aplicaciones

USO DEL AGUA

45. ¿De dónde proviene el agua de riego?

Pozo____ Presa____ Río____ Otro especificar:_____

46. ¿Le ha realizado algún análisis al agua?

Si No

47. ¿Qué sistema de riego utiliza para el brócoli?

aspersión____ micro aspersión____ Rodado en surcos____ goteo_____

48. ¿Cual es el promedio de número de riegos?

49. Promedio de tiempo de riego

ASESORIA

50. ¿Cuenta con alguna asesoría para la producción del brócoli?

Si No

51. ¿Por parte?

Instancia gubernamental SDR SAGARPA
 Particular Tienda de insumos

52. ¿En qué aspecto necesita usted alguna asesoría?

Plagas y enfermedades Nutrición Manejo del agua

53. ¿Ha recibido alguna asesoría anteriormente para la siembra del brócoli?

Si No

54. ¿Cuáles son los principales problemas que se le presentan en la producción de brócoli?

ORGANIZACIÓN

55. ¿Hay alguna organización para la producción de brócoli?

Si No

56. ¿Pertenece a esa organización?

Si No

57. ¿Cuál es el objetivo de dicha organización?

MANO DE OBRA UTILIZADA

58. ¿Participan integrantes de la familia para la producción del brócoli?

Si No

59. ¿Quién participa?

Hijos Hijas Esposa

RENDIMIENTO OBTENIDO

60. ¿Cuál es el rendimiento obtenido en el brócoli?

61. ¿Ha notado que varía su rendimiento obtenido?

Si No

TRANSPORTE

62. ¿El transporte para la comercialización es propio?

Si No

COMERCIALIZACION

63. ¿Donde comercializa su producción?

Central de abasto de Puebla
 Central de abasto de Huixcolotla Cual es el destino de la venta: _____
 Central de abastos de México Empacadora de Guanajuato
 Empaque para exportación Otro cual _____

64. ¿Entrega el brócoli en alguna empacadora?

Si No

Donde: _____

65. ¿Le realiza algún tratamiento al brócoli para su venta?

Lavar Cortar embolsa Otro especifique _____

66. ¿Precio pagado por kilogramo de brócoli?

1,30 -3,50 3,50-4,00 4,01-4,50 4,51-5,00 7,00-5,00

67. Le exigen algún estándar de calidad para su venta

Si No

68. ¿Cuáles son los estándares para su venta en términos de plagas y enfermedades?

69. ¿Qué características debe tener el brócoli para su venta?

FINANCIAMIENTO

70. ¿Recibe algún financiamiento para la producción de brócoli?

Si No

71. ¿Por parte?

Instancia gubernamental SDR SAGARPA
 Particular Quien: _____

COSTOS DE PRODUCCION

72. ¿Cuál es el costo de cada actividad y jornales que participan en la misma señalada a continuación?

Actividad Agrícola	Jornal		Costos
	Familiar	Contrato	
Renta de la tierra en el 2008			
Arado			
Rastreo			
Surcado			
Costo de plántula			
Jornal para la siembra de plántula			
Trasporte de Fertilizante			
Jornales para la aplicación de fertilizante			
Costo de estiércol			
Jornales para aplicación de estiércol			
Costo del agua			

Jornales para el riego			
Costo promedio de plaguicidas			
Jornal para la aplicación de plaguicidas			
Jornal para la Deshierbe			
Corte de brócoli			
Canastero			
Costo de transporte para la venta			