

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS-IIA-**

**EVALUACION DEL EFECTO DE DOS FUENTES DE FERTILIZANTES EN EL RENDIMIENTO
DE JENGIBRE (*Zingiber officinale* R.), EN LA FINCA BULBUXYA, SAN MIGUEL PANAN,
SUCHITEPEQUEZ.**

TESIS

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

POR

RENE ORELLANA ALAS

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

**SISTEMA DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, ENERO DE 2004.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Dr.	Ariel Abderraman Ortíz López
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr.	Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr.	Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr.	Erberto Raúl Alfaro Ortíz
VOCAL CUARTO:	Br.	Luis Antonio Raguay Pirique
VOCAL QUINTO:	Br.	Juan Manuel Corea Ochoa
SECRETARIO:	Ing.Agr.	Pedro Peláez Reyes

Guatemala, enero de 2004

Señores
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

EVALUACION DEL EFECTO DE DOS FUENTES DE FERTILIZANTES EN EL RENDIMIENTO DE JENGIBRE (Zingiber officinale R.) EN LA FINCA BULBUXYA, SAN MIGUEL PANAN, SUCHITEPEQUEZ.

Presentándolo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos para su aprobación, agradeciendo la atención a la presente.

Atentamente,

René Orellana Alas

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

Por darme la vida, y permitirme alcanzar mis metas.

MIS PADRES:

José Victor Orellana
Edelmira de Jesús Alas (Q.E.P.D.)
Eterna Gritud.

MIS HERMANOS:

Adela, Alicia, Olivia, Carlos Enrique, Victor Hugo,
Virginia y Sulema Orellana Alas.

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCION:

Por todos los buenos momentos compartidos,
Especialmente a:
Carlos Manuel García, Henry España, Onofre Bravo,
Antonio Pineda, Luis Segura, Fernando Cifuentes,
Rony Castillo, Hector Oliva, Arnoldo Colíndres,
Francisco Quintana, Axel Colíndres, Ligia Rodríguez,
Jessica Monzón, Julio Sandoval, Julio Córdón,
José Antonio Valentín, Fernando Cox, Oscar Valenzuela
Guillermo Ramos, Romeo Orellana, Jerónimo López,
Juan Carlos Zepeda, Rocael Vásquez, Luis Polanco,
Wenseslao Robledo, Rodrigo Gonzáles, Nery Rivas,
German Miranda, Miguel Angel Chiguichón, Sandra
Guzmán, Farley Castro, Baldomero Véliz, René Vásquez,
Rufino Velásquez, Rigoberto Carrillo, Juan
Carlos Casados, Carlos Castañeda, por mencionar
algunos.
Exitos en su vida profesional.

TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS, fuente de luz incomparable y sabiduría, que con su poder hizo realidad mi esfuerzo.

Mis Padres: José Victor Orellana
Edelmira de Jesús Alas (Q. E. P. D.)
Quines con mucho esfuerzo, amor y sacrificio hicieron posible alcanzar esta meta.

Mis Hermanos: Especialmente a: Alicia y Virginia, por el amor fraterno que nos mantiene siempre unidos y como un ejemplo, por que nunca es demasiado pronto ni demasiado tarde cuando se trata de aprender.

Mi Patria: Guatemala.

Mi Colegio: “ La Patria “ de la Ciudad de Guatemala.

Facultad de Agronomía.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

AGRADECIMIENTOS

A:

Finca Bbuxyá, por haber proporcionado el área para la realización de esta investigación en el campo.

El Laboratorio de Análisis de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana" de la Facultad de Agronomía, USAC, en especial al Ing, Agr. Anibal Sacbajá.

Dr. Ariel Abderraman Ortiz López, por su valiosa colaboración, orientación y apoyo en la ejecución de la presente investigación.

Ing, Agr. Vicente Martínez, por su asesoría en esta investigación.

Ing, Agr. Marlon Dávila, que en todo momento me prestó su colaboración y apoyo.

Mis evaluadores: Dr. David Monterroso, Ing. Agr. Maxdelio Herrera, Ing. Agr. Carlos Godínez, con mucho respeto.

Ing, Agr. Luis Felipe León, por su colaboración y amistad.

El señor José Quan, por su colaboración en la realización del trabajo de campo.

Todas aquellas personas que no haya nombrado, Pero que con sus consejos, trabajo y cariño; me han motivado a lograr la finalización de la presente investigación.

INDICE

No	Contenido	Pag.
	Indice de figuras.....	iv
	Indice de cuadros.....	V
	Resumen.....	vi
1	INTRODUCCION	1
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3	MARCO TEORICO	5
3.1	MARCO CONCEPTUAL.....	5
3.1.1	Historia del jengibre (<i>Zingiber officinale</i> R.).....	5
3.1.2	Descripción botánica.....	6
3.1.3	Clasificación.....	7
3.1.4	Usos del jengibre	8
3.1.5	Nombres populares	8
3.1.6	Adaptación ecológica.....	9
3.1.7	Clima.....	9
3.1.8	Suelos.....	9
3.1.9	Propagación.....	10
3.1.10	Plantación y distanciamiento	10
3.1.11	Aporcas	11
3.1.12	Fertilización	11
3.1.13	Nutrientes esenciales para el jengibre	11
3.1.14	Relación de los nutrientes utilizados con el rendimiento	12
	3.1.14.1 Nitrógeno (N)	12
	3.1.14.2 Fósforo (P)	13
	3.1.14.3 Potasio (K)	14
	3.1.14.4 Magnesio (Mg)	15
	3.1.14.5 Calcio (Ca)	16
	3.1.14.6 Azufre (S)	17
	3.1.14.7 Zinc (Zn)	17
	3.1.14.8 Manganeso (Mn)	18
	3.1.14.9 Cobre (Cu)	18
	3.1.14.10 Molibdeno (Mo)	18
	3.1.14.11 Hierro (Fe)	19
	3.1.14.12 Cloro (Cl)	19
	3.1.14.13 Boro (B }	19
3.1.15	Materia orgánica	20
3.1.16	Enmiendas orgánicas	20
	3.1.16.1 Enmiendas orgánicas y conservación del suelo y del agua	22
	3.1.16.2 Abono animal	22
3.1.17	Importancia de la fertilización en la producción agrícola	24
3.1.18	Factores que influyen en el rendimiento de las plantas	25
3.1.19	Procesos de mineralización de la materia orgánica	25
3.1.20	Combate de malezas	25
3.1.21	Plagas y enfermedades	26
	3.1.21.1 Gusano barrenador	26
	3.1.21.2 Nemátodos	26
	3.1.21.3 Marchitamiento bacterial	26
	3.1.21.4 Antracnosis	26
	3.1.21.5 Cercospora	26
	3.1.21.6 Bacteriosis	26
3.1.22	Cosecha y rendimientos	27
3.1.23	Composición química	27
3.1.24	Valor nutricional	28
3.1.25	Estudios realizados en jengibre	28

3.1.26	Nutrición de las plantas	29
3.1.26.1	Absorción de nutrientes	29
3.1.26.2	¿Cómo se alimentan las plantas?	30
3.1.27	Leyes de la fertilización	30
3.1.27.1	Ley del mínimo (liebig)	31
3.1.27.2	Ley de los rendimientos decrecientes	31
3.1.28	Tasa marginal de retorno (TMR)	31
3.1.28.1	Análisis marginal	31
3.1.28.2	Presupuesto Parcial	31
3.1.28.3	Análisis de dominancia	32
3.1.28.4	Tasa Marginal de retorno (TMR)	32
3.1.29	MARCO REFERENCIAL	33
3.1.29.1	Localización.....	33
3.1.29.2	Ubicación geográfica.....	33
3.1.29.3	Vías de comunicación.....	33
3.1.29.4	Zona de vida.....	33
3.1.29.5	Características climáticas.....	33
3.1.29.6	Ipsometría	34
3.1.29.7	Hidrología	34
3.1.29.8	Suelos	34
3.1.29.8.1	Serie Panan	34
3.1.29.8.2	Serie Cutzan	34
3.1.30	Muestreo de suelos.....	35
3.1.31	Material empleado.....	35
3.1.31.1	Material genético.....	35
3.1.31.2	Material orgánico.....	35
3.1.31.3	Gallinaza.....	35
3.1.31.4	Material inorgánico.....	35
4	OBJETIVOS	37
4.1	General	37
4.2	Específicos	37
5	HIPOTEISIS	38
6	METODOLOGIA.....	39
6.1	Metodología experimental.....	39
6.1.1	Diseño experimental.....	39
6.1.2	Tratamientos.....	39
6.1.3	Modelo estadístico.....	41
6.1.4	Tamaño de la unidad experimental.....	41
6.1.5	Manejo del experimento.....	43
6.1.6	Preparación del terreno.....	43
6.1.7	Sombra.....	44
6.1.8	Aplicación de los tratamientos.....	44
6.1.9	Siembra.....	44
6.1.10	Control de malezas, plagas y enfermedades.....	44
6.1.11	Cosecha.....	44
6.2	VARIABLES A EVALUAR.....	45
6.2.1	Altura de planta.....	45
6.2.2	Número de hijuelos.....	45
6.2.3	Rendimiento.....	45
6.2.4	Análisis económico.....	45
6.3	Análisis de datos.....	45
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
7.1	Análisis químico de suelos	46
7.2	Altura de plantas	47
7.3	Número de hijuelos	49
7.4	Rendimiento en kg/ha	51
7.5	Análisis económico	53

8.	CONCLUSIONES	57
9.	RECOMENDACIONES	58
10.	BIBLIOGRAFÍA	59
11.	ANEXOS	62

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Contenido</i>	<i>Pag.</i>
1	Planta de jengibre	7
2	Rizoma de jengibre	10
3	Tamaño y arreglo de los tratamientos en el campo	42
4	Tamaño y forma de la unidad experimental parcela bruta y parcela neta	43
5	Promedio de la altura de plantas por tratamiento, evaluando el efecto Promedio de la altura de plantas por tratamiento.....	49
6	Promedio del número de hijuelos por tratamiento, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (<i>Zingiber officinale R</i>)	51
7	Promedio del rendimiento en peso seco por tratamiento, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (<i>Zingiber officinale R</i>).....	53
8A	Mapa de localización de zonas aptas para el cultivo	65
9A	Mapa de localización de la finca	66
10A	Cultivo de jengibre.....	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pag.
1	Valor nutricional de 100 gramos rizoma de jengibre	28
2	Análisis de suelo	35
3	Contenido de nutrientes gallinaza (promedio)	36
4	Contenido de nutrientes de la gallinaza	36
5	Niveles de tratamientos	39
6	Tratamientos a evaluar con sus respectivas dosis	40
7	Resultados del análisis de suelo antes de la siembra, donde se evaluó el efecto de dos fuentes de Fertilizante en el rendimiento de jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>) ...	47
8	Resultados del análisis de suelo después de la cosecha, donde se evaluó el efecto de dos fuentes de Fertilizante en el rendimiento de jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>) ...	47
9	Altura promedio de plantas (m) de jengibre, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)	48
10	Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable altura de plantas, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)	48
11	Pruebas de medias Tukey para los factores A y B , evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en la altura de plantas de jengibre	49
12	Promedio del número de hijuelos, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en el cultivo del jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)	50
13	Análisis de varianza para la variable número de hijuelos, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)	50
14	Pruebas de medias Tukey para los factores A y B , evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en la altura de plantas de jengibre	51
15	Rendimiento promedio en peso seco (kg/ha), evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en el rendimiento de jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)	52
16	Análisis de varianza para el rendimiento en peso seco, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)	52
17	Rendimiento promedio en peso seco, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)	53
18	Descripción del costo variable por tratamiento, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de Jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>).....	54
19	Presupuesto Parcial y Beneficio Neto por cada tratamiento, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de Jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)...	55
20	Análisis de Dominancia para los tratamientos, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de Jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)	56
21	Tasa Marginal de Retorno para las condiciones No Dominadas de los tratamientos, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>)	56
22 A	Altura de plantas (m) de jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>) de los tratamientos evaluados	63
23 A	Número de hijuelos de jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>) de los tratamientos evaluados	63
24 A	Rendimiento en peso fresco (kg/ha) de jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>) en los tratamientos evaluados	64
25 A	Rendimiento en peso seco (kg/ha) de jengibre (<i>Zingiber officinale R.</i>) en los tratamientos evaluados	64

EVALUACION DEL EFECTO DE DOS FUENTES DE FERTILIZANTES EN EL RENDIMIENTO DE JENGIBRE (*Zingiber officinale R*). EN LA FINCA BULBUXYA, SAN MIGUEL PANAN, SUCHITEPEQUEZ.

EVALUATION OF THE EFFECT OF TWO SOURCES OF FERTILIZER ON GINGER (*Zingiber officinale R*) PRODUCTION YIELD, ON THE FARM BULBUXYA, SAN MIGUEL PANAN, SUCHITEPEQUEZ.

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la Finca Bulbuxyá, localizada en el municipio de San Miguel Panán, departamento de Suchitepéquez, en el período comprendido de marzo – octubre del 2003. Y el objetivo fue evaluar el efecto de dos fuentes de fertilizantes orgánico (gallinaza) e inorgánico (urea al 46%) en tres diferentes dosis sobre la altura, número de hijuelos y rendimiento en Kg/ha de peso seco de jengibre. Las fuentes de fertilización evaluadas fueron: gallinaza en dosis de 0, 2000, 4000 Kg/ha y urea al 46% con una dosificación de 0, 25, 50, 75 Kg/ha. Los objetivos específicos evaluados fueron: 1) Determinar la fuente y dosis de fertilizante que presente el mayor número de brotes o hijuelos y peso seco de rizoma de jengibre, 2) Determinar el efecto de la interacción de las fuentes y dosis de fertilizantes sobre el número de hijuelos y altura de las plantas en el cultivo de jengibre, 3) Establecer cual de los fertilizantes evaluados representa la mayor tasa marginal de retorno. Para el estudio de esta investigación, los tratamientos fueron distribuidos en un diseño bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones. La aplicación de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos se realizó 5 días antes de la siembra aplicándolos directamente al suelo. Las variables de respuesta fueron: Altura de plantas en m, número de hijuelos y rendimiento del rizoma en Kg/ha de peso seco al momento de la cosecha.

Para dar respuesta a las hipótesis y objetivos propuestos, se utilizó un diseño en bloques al azar con 3 repeticiones y 12 tratamientos, incluyendo un testigo por tratamiento con un arreglo en parcelas divididas. Con la finalidad de encontrar algún tipo de interacción entre los tratamientos propuestos. Los datos de altura de plantas en m, en donde se obtuvo el mayor incremento de 0.823 m aplicando 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, mientras que la altura más baja que se reportó fue de 0.567 m, gráficamente donde se puede observar un comportamiento ascendente en promedio desde el inicio hasta el final y para la variable número de hijuelos, se realizaron dos tomas de datos en donde la mayor media de hijuelos (17.97 hijuelos) se obtuvo al aplicar 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, mientras que, el más bajo promedio de hijuelos (5.33) fue el testigo. Al realizar el análisis de varianza se observa, que si existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero no así en la interacción, en donde se nota un comportamiento ascendente en cada factor, a medida que se incrementa la dosis de gallinaza aumenta el número de hijuelos, al igual ocurre con la urea, y para el rendimiento en kg/ha en peso seco, en donde se encontró que en la dosis que se le aplicó 2000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea presentó el más alto rendimiento que fue de (598.63 kg/ha), al efectuar los análisis de varianza se encontró que únicamente existen diferencias estadísticas para el factor A (gallinaza), en donde se puede observar que al aplicar 2000 kg/ha de gallinaza se pudo obtener el más alto rendimiento de jengibre en peso seco (555.41 kg/ha), así mismo al aplicar gallinaza en dosis de 4000 kg/ha se obtienen resultados significativos.

Para la realización del análisis económico, se llevó un registro de todas las actividades, en donde se determinaron los costos de producción de todos los tratamientos evaluados los cuales sirvieron de base para calcular la tasa marginal de retorno.

En conclusión se puede decir que si hubo diferencias significativas entre los tratamientos dando buenos resultados con las dosis aplicadas en esta investigación, y en base a los resultados y a los análisis practicados se recomienda la utilización de mayores dosis de fuentes orgánicas e inorgánicas para establecer nuevos tratamientos rentables que incremente el rendimiento de la planta de jengibre y disminuir los costos de producción y poder ampliar la información existente.

1. INTRODUCCION

EL mejoramiento de la economía del país y específicamente la del pequeño y mediano agricultor, puede garantizarse mediante la diversificación de las unidades productivas con cultivos no tradicionales, destinados al mercado de exportación, tales como jengibre, albahaca, cúrcuma, malanga, hierbabuena y otros.

El cultivo del jengibre (*Zingiber officinale* R.) día a día va tomando importancia en la agricultura nacional, vislumbrándose como un rubro de exportación con buenos mercados internacionales en donde la demanda del producto tanto fresco como industrializado ha sobrepasado a la oferta (3).

Hawai es el primer productor de jengibre fresco que abastece al mercado de Estados Unidos durante la mayor parte del año con jengibre de características de elevada calidad. El jengibre etiquetado de Hawai es preferido por los países importadores, la expansión de Hawai tiende a afectar la participación en el mercado de otros países proveedores. La mayor parte de las demandas del jengibre del mercado de Estados Unidos no cubierto por Hawai, proviene del Brasil e Islas Fidji. Este jengibre es de menor calidad que el Hawaiano pero su precio es bajo, atractivo para el consumidor que no tiene acceso al producto Hawaiano (13, 21).

La producción de jengibre en Guatemala se encuentra en un estado incipiente de desarrollo, aun cuando cada día va tomando mayor importancia, y para que los productores logren el incremento o maximización del cultivo, es necesario realizar investigaciones tecnológicas locales en cuanto a cantidad y calidad de fertilizantes, semillas mejoradas, niveles de sombra, distanciamiento de siembra, control de plagas, enfermedades, malezas y prácticas adecuadas de labranza.

Con base en lo anteriormente expuesto, se realizó el presente estudio en la finca Bulbuxyá, municipio de San Miguel Panán, Suchitepèquez, en donde se evaluó el efecto de dos diferentes fertilizantes: inorgánico (urea 46%) y orgánico (gallinaza) con cuatro niveles (dos orgánicos y dos inorgánicos), sobre el rendimiento en kilogramos por hectárea de rizoma de jengibre en peso seco, y el efecto de los mismos sobre el número de hijuelos y altura de las plantas, con el objeto de determinar qué dosis y la fuente de fertilizante que produce los mas altos rendimientos por unidad de área, la mayor rentabilidad y tasa marginal de retorno para el productor.

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que la mayor altura de plantas de jengibre (0.823 m), se obtuvo al aplicar 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, y el tratamiento mas cercano fue el de 4000 kg/h de gallinaza y 50 kg/ha de urea el cual reportó una altura media de 0.803 m. Además la aplicación

de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el cultivo del jengibre, produjo efectos significativos sobre el número de hijuelos ya que la mayor cantidad de hijuelos (17.97) se obtuvo aplicando 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, mientras que el menor número de hijuelos (5.33) se obtuvo al no aplicar gallinaza y urea. El mayor rendimiento de jengibre en peso seco se obtuvo aplicando 2000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea el cual fue de 598.63 kg/ha a un costo de Q 9,550.00 y un ingreso neto de Q 77,191.00; mientras que, el rendimiento mas bajo (409.92 kg/ha) se obtuvo al no aplicarle ninguna dosis de fertilizantes orgánico.

Económicamente se determinó que al aplicar 2000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, se obtiene la Tasa Marginal de Retorno mas alta (754.54 %), la cual indica que por cada quetzal que se invierta se espera recobrar ese mismo quetzal y adicionalmente Q 7.54.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El jengibre desde tiempos remotos se emplea como especia por su aroma delicado y sabor ardiente. El cultivo del jengibre ha tomado importancia en los últimos años en la agricultura guatemalteca, ya que cuenta con buen mercado nacional como internacional en donde la demanda del cultivo ha sobrepasado a la oferta.

Guatemala exportó 4,545 kg en 1982 y en el período comprendido entre 1985 y 1987 incremento las exportaciones en 13,636 kg por año. De acuerdo con León (16) las perspectivas de exportación de jengibre fresco guatemalteco son buenas, particularmente para productores que puedan proveer jengibre de calidad, sin defectos físicos y con la composición adecuada de elementos

Estados Unidos importó en 1982 jengibre fresco, 2,136,346 kg y en 1986, 2,772,727 kg con un incremento anual del 6%. Con respecto al jengibre en seco las importaciones para el periodo de 1982 a 1983 fue de 181,818 kg, sin registrar movimientos de consideración. El incremento de la popularidad de las comidas de estilo asiático y la agresiva campaña de promoción y mercadeo que realiza la asociación hawaiana de jengibre, ha incrementado la demanda de jengibre fresco, esta tendencia es real y duradera ya que la demanda de jengibre esta basada en el índice de crecimiento de la población asiático-americana. Estados Unidos, Canadá, Japón y la Comunidad Económica Europea (CEE) son importadores de jengibre, principalmente en forma deshidratada para la industria de bebidas alcohólicas.

En el mercado nacional existe una pequeña demanda que es utilizada para usos domésticos, cocina y usos medicinales (2). Debido a la escasa información local, la tecnología aplicada es deficiente, principalmente en lo referente a los requerimientos de fertilización. Ya que los pequeños y medianos agricultores de la zona, en los cuales está concentrada la producción, atraviesan serios problemas en lo referente a la cantidad y tipo de fertilizante a utilizar para mejorar su productividad. Actualmente para esta especie no hay una investigación tecnológica, necesaria para mejorar la producción, ya que se desconocen los parámetros de fertilización orgánico (gallinaza) e inorgánico (urea 46%) adecuados. Los rendimientos obtenidos actualmente, son bajos, en el departamento de Retalhuleu específicamente en El Asintal, varían de 6,500 a 11,690 kg/ha, en tanto que en Australia van de 50,000 a 75,000 kg/ha (13, 21).

Dadas las condiciones climáticas (4,000 mm/año, 24 grados centígrados y 85 % de humedad relativa) y edáficas del departamento de Suchitepéquez, particularmente del municipio de San Miguel Panán que son aptas para el cultivo del jengibre, se hace necesario la ejecución de estudios como el presente en donde se evaluó el efecto de dos fertilizantes, un orgánico (gallinaza) y un inorgánico (urea 46%) y dos dosis de fertilización, de tal manera que se pueda establecer el tratamiento adecuado que permita obtener el rendimiento e ingreso adecuado.

3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. Historia del jengibre (*Zingiber officinale* R.)

Es una planta originaria de las zonas tropicales del sureste Asiático. Naturalizado en Jamaica, África, en las Indias Occidentales, México y en la Florida. No se conoce el estado silvestre y su cultivo es muy antiguo, especialmente en China. En Europa fue conocido desde la antigüedad por Griegos y Romanos. La palabra jengibre deriva del nombre original **sringavera** es un vocablo sánscrito (que significa en forma de cuerno) que pasó al Persa como dzungebir y a su vez al Griego como dziggibris, en latín se convirtió en zingiber y ya en Español como jengibre (8).

Se sabe que, desde hace 3.000 años, se viene cultivando en Asia tropical. Las embajadas comerciales del rey persa Darío (siglo V a. C.) trajeron esta especia que era muy utilizada por los hindúes. Los primeros datos escritos están recogidos por Confucio (551 - 479 a. C.) fue llevada hasta el Mediterráneo, en el siglo I por los Fenicios y ya se conocía en Egipto, en Grecia y en Roma. En el siglo II, el jengibre aparece en una relación de importaciones hechas en Alejandría, procedente del Mar Rojo que estaban sujetas a derechos de aduana por Roma. Después de la pimienta, era el jengibre la segunda especia en orden de preferencia por parte de los Romanos. Plinio hace mención de su precio: a seis denarios la libra y mencionaba su origen en algún lugar en Somalia, Etiopía o el sureste de Egipto. En el Jardín de las Delicias, los musulmanes justos, que por estar muertos, no son espíritus puros, encontrarán jengibre para honrar a las huríes “Una mezcla de vinos exquisitos y agua pura de Zangebir es su bebida” Corán, Sura LXXVI-17. El jengibre llegó a Francia y Alemania durante el siglo IX, y un poco más tarde, a Inglaterra, donde en el siglo XI era ya bien conocido. Los Portugueses lo introdujeron en África y los Españoles lo llevaron a las Antillas aunque se sabe que Don Francisco de Mendoza, hijo del virrey Don Antonio de Mendoza, sembró en Nueva España clavo, pimienta y jengibre siendo esta última la que mejor resultado dio trayéndola a España, considerándola buena para los guisados y de gran ayuda para la digestión (8, 16).

3.1.2. Descripción botánica

Hierba perenne que alcanza hasta un metro de altura con rizoma subterráneo, ramificado en forma digitada y del que arrancan hacia arriba tallos cubiertos por las vainas envolventes de las hojas. Hojas alternas, sésiles, lisas de color verde pálido y lanceoladas, muy agudas en el ápice. Tallos florales, por lo común sin hojas, más cortos que los tallos de las hojas y llevando escaso número de flores, cada una de ellas rodeada por una delgada bráctea y situadas en las axilas de grandes brácteas obtusas de color amarillo verdoso, que se encuentran estrechamente apretadas al final del tallo floral formando, en conjunto, una espiga oblongo aovada. La flor es asimétrica y presenta un cáliz tubuloso, hendido hasta la mitad por uno de los lados; una corola de color amarillo anaranjado compuesta de un tubo dividido en la parte superior en tres lóbulos oblongo lineales y redondeados en el borde; estaminodios 6 en dos filas, la externa insertada en la boca de la corola con dos estaminodios posteriores pequeños y córneos y el interior petaloide, de color púrpura, manchado o dividido en tres lóbulos redondeados. Ovario ínfero trilocular con estigma con forma de penacho. Fruto, cápsula.

Los rizomas del jengibre son tallos monopodiales, de hasta 50 cm de largo, achatados, enteros o divididos como los dedos de una mano. Tiene nudos prominentes, que son las bases de hojas escamiformes; del lado inferior de los rizomas viejos salen abundantes raicillas.

Un corte transversal de los rizomas muestra que consta de tres partes esenciales, corcho, región cortical y cilindro central. Las **capas de corcho** son producidas en la epidermis y forman de cuatro a ocho estratos de células de parénquima, alargadas en sentido tangencial, que se renuevan constantemente y le dan el aspecto seco y corchoso característico, esta capa debe removerse al preparar el producto comercial. La **región cortical** está constituida por parénquima, de color grisáceo oscuro y contiene abundante número de células con oleorresinas, y haces vasculares.

El **cilindro central** es amarillento y se encuentra separado del anterior por una banda más clara, la endodermis, está constituido por parénquima rico en almidón, también contiene abundante oleorresina (8). La **figura 1**, muestra una planta de jengibre.



Figura 1. Planta de Jengibre (*Zingiber officinale* R.).

3.1.3 Clasificación (24)

Reino Plantae
Subreino Embriobionta
División Magnoliophyta
Clase Liliopsida
Subclase Zingiberidae
Orden Zingiberales
Familia Zingiberaceae
Género *Zingiber*
Especie *Z. officinale* R.

3.1.4. Usos del jengibre

La esencia del rizoma corresponde al grupo de los sesquiterpenos monocíclicos y se denomina zingibereno, siendo los rizomas las partes que más se emplean, así como la espiga para fines de medicina casera.

Se reportan para el jengibre los siguientes usos:

- A.** Como especia, por su aroma delicado y su sabor picante.
- B.** Para la preparación de bebidas o licores muy conocidos en los países anglosajones como el ginger ale en los Estados Unidos, el ginger beer en Inglaterra y la preparación de una cerveza especial en Alemania.
- C.** En medicina se usa como odontálgico (contra dolores dentales), sialagogo (para aumentar la saliva), dispepsido (contra la digestión difícil y dolorosa), como sudorífero y contra afecciones pulmonares ligeras.
- D.** En perfumería.
- E.** En pastelería por el aceite volátil.
- F.** Principal componente del polvo curry, en preparación de platos en países árabes y orientales.
- G.** En China con las hojas del jengibre hacen el té llamado Tee ginger.
- H.** Como tintura, colorante y esencia.

Se emplea en el adobado y conservación de carnes (16, 17, 18, 20).

3.1.5. Nombres populares

Ajengibre (Cuba), jengibre dulce (Puerto Rico), gingembre (Antillas Francesas), gengibre. Alemán: Ingwer. Francés: Gingembre. Inglés: Ginger. Português: Gengibre, gengivre, mangaratiá (8).

3.1.6. Adaptación ecológica

3.1.7. *Clima*

Requiere de clima tropical húmedo, con precipitaciones superiores a los 2,000 mm anuales, pero es importante su distribución, que debe ser regular a lo largo del período vegetativo. El jengibre requiere de una estación relativamente seca que va de diciembre a abril, una estación intermedia de mayo a septiembre y otra mas húmeda de octubre a noviembre. El Jengibre se adapta bien a una gran diversidad de condiciones de humedad, algunas variedades pueden crecer en regiones con una precipitación anual de 1200 mm, otras se adaptan a regiones hasta de 4500 mm; siempre y cuando el agua no se represe en la zona radical de la planta. Se considera que la precipitación anual promedio óptima para el crecimiento del jengibre es de 1800 a 2000 mm.

De acuerdo a su origen Indio, el jengibre exige un clima tropical o subtropical en el cual, la temperatura sea elevada al menos durante una parte del año. Los límites aproximados para la siembra de jengibre son de 30° latitud norte y 30° latitud sur; sin embargo, para obtener mayores producciones el área se encuentra circunscrita entre los 13° latitud norte y 13° latitud sur. Estudios realizados en Queensland, Australia sobre el efecto de la temperatura en el desarrollo de los rizomas demostraron que la mejor temperatura esta entre los 25 y 30 °C. En general se afirma que una temperatura de 24 °C sin grandes fluctuaciones es favorable para el desarrollo de la planta. Temperaturas hasta de 34 °C no la perjudican, aunque no deben ser menores de 16 °C sobre todo durante el periodo de crecimiento activo; ya que este se detiene. El jengibre se puede producir rentablemente a temperaturas entre 16 y 34 °C. La provisión de sombra favorece su producción (8).

3.1.8. *Suelo*

Los mejores suelos para el cultivo de jengibre son los de tipo **humífero**, que sean sueltos. El jengibre prefiere aquellos suelos ricos en materia orgánica, que faciliten el libre desarrollo de los rizomas y eliminen toda posibilidad de pudrición.

No son recomendados los suelos arenosos muy gruesos y arcillosos muy compactos, ya que contribuyen a que la plantación no se desarrolle bien y en consecuencia se obtengan rizomas en cantidad y peso limitados.

El jengibre es capaz de crecer a pH de 6 a 8, aunque el pH óptimo es de 6.5 a 7.5. En Guatemala las condiciones requeridas por el cultivo se localizan en algunas áreas que de acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge corresponden a la zona **bmh-S(c)**, situada en forma de faja paralela al Pacífico y al norte del país Centro y sur de El Petén y gran parte de Alta Verapaz e Izabal (3). **Figura 8A.**

3.1.9. Propagación

El jengibre es una planta perenne que se cultiva generalmente como anual. La propagación vegetativa es la norma general en el jengibre, pues escasísimas veces produce semillas. No se aprecian diferencias morfológicas aparentes entre distintos materiales de propagación, pero sí varían los rendimientos entre clones de orígenes diferentes (4, 21). Aún no se acostumbra desinfectar los rizomas para la siembra, ésta práctica sí es recomendable. Los rizomas que se dejan para sembrar deben guardarse en un lugar seco evitando así la contaminación principalmente por hongos. En condiciones secas, el jengibre puede durar hasta 6 meses, en condiciones húmedas, la semilla brota y termina pudriéndose.

Se precisan alrededor de 1.000 a 1.300 kg de rizomas para cada hectárea de plantación, los que deben haberse conservado sanos, en lugares frescos y con buena ventilación (20). La **figura 2**, muestra rizomas de jengibre.



Figura 2. Rizomas de jengibre (*Zingiber officinale R.*).

3.1.10. Plantación y distanciamiento

Se plantan segmentos de rizomas que tengan al menos una yema (brote), a una profundidad de entre 6 y 8 cm, según el tamaño, a distancias de 0.70 m entre filas y 0.25 a 0.50 m entre plantas de la hilera, en los meses de marzo a mayo, según la latitud. La densidad de plantación fue de alrededor de 28,000 a 56,000 plantas/ha y se obtuvo de la forma siguiente (24).

1 ha tiene 100 m por lado.

Distancia entre surcos: 0.7 m

Distancia entre plantas: 0.25 m

No. de surcos: $100 \text{ m} / 0.7 \text{ m} = 142 \text{ surcos}$

No. de plantas/ surco: $100 \text{ m} / 0.25 \text{ m} = 400 \text{ plantas / surco}$

Total de plantas/ha: $142 \text{ surcos} \times 400 \text{ plantas / surco} = 56,800 \text{ plantas/ha}$

3.1.11. Aporcas

Esta práctica es necesaria para reducir la quemadura de los nuevos brotes. Además para mantener la humedad y contrarrestar la erosión hídrica y eólica. Cuando se cultiva en camellones se hacen estos de alrededor de 15 cms de alto, en este caso se recomienda realizar al menos tres aporcas alrededor de, dos meses, cinco y medio, seis y medio o siete meses. La misma cantidad y fechas de aporca que la siembra mecanizada (24).

3.1.12. Fertilización

A la siembra se recomienda aplicar 200 kg/ha 10-30-10, 150 kg/ha de 18-5-15-6-2 a los 180 días (24).

3.1.13. *Nutrientes esenciales para el Jengibre*

De los 17 elementos nutrimentales conocidos actualmente como necesarios para el desarrollo de las plantas, son 13 los aportados por el suelo debido a que normalmente entran a la planta a través de las raíces aunque, la mayoría de plantas, pueden utilizar éstos a través del follaje. Los nutrientes aportados por el suelo son clasificados en 3 grupos: **Nutrientes primarios** (N, P, K), **nutrientes secundarios** (Ca, Mg y S) y **micronutrientes** (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Cl, Ni, Mo).

La mayor esperanza del mundo para aumentar la producción de alimentos y fibras lo constituye un adecuado uso de los fertilizantes. Los fertilizantes, hasta 1974, eran relativamente baratos en los Estados Unidos y fue muy común añadir fertilizantes a los cultivos en forma derrochadora. Muchos Estados

duplicaron el consumo de fertilizantes entre 1960 y 1973. En 1974 cuando estalló la crisis energética, se doblaron los precios de los fertilizantes y en la actualidad se ha venido incrementando. Los altos costos y la escasez de fertilizantes hicieron que los usuarios revaloraran las cantidades que venían utilizando (24).

3.1.14. Relación de los nutrimentos utilizados con el rendimiento

3.1.14.1. Nitrógeno (N)

El nitrógeno es de vital importancia para la nutrición de la planta y su suministro puede ser controlado por el hombre. Este elemento, para ser absorbido por la mayoría de las plantas (excepto leguminosas), debe estar en forma diferente que la del nitrógeno elemental. Las formas más comúnmente asimilables por las plantas son los iones de nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+). La urea (NH_2CONH_2) puede ser también absorbida por las plantas.

También hay materiales más complejos, tales como los aminoácidos solubles en agua y los ácidos nucleicos, los cuales pueden ser absorbidos y utilizados por las plantas superiores. Sin embargo, estos compuestos no se encuentran en gran cantidad en la solución de la mayoría de los suelos.

En los suelos calientes, bien aireados, ligeramente ácidos o ligeramente alcalinos predomina la forma de nitrato. Las plantas son generalmente capaces de utilizar cualquiera de las dos formas iónicas del nitrógeno. El nitrógeno es un constituyente esencial de toda la materia viviente conocida hoy día.

El proceso mediante el cual las formas orgánicas, no disponibles, de N se hacen disponibles para las plantas es muy importante. Este proceso se le llama **MINERALIZACIÓN**. Este se da a medida que los microorganismos descomponen la materia orgánica para obtener su energía, una vez que los organismos han utilizado todos los nutrientes que necesitan, el exceso (tal como el N) es liberado al suelo para el crecimiento de las plantas. El N también puede convertirse de sus formas inorgánicas a formas orgánicas, tal proceso se llama **INMOVILIZACIÓN**. La mineralización y la inmovilización se presentan en los suelos en forma simultánea. El hecho de que los suelos tienden a incrementar las formas orgánicas o inorgánicas del nitrógeno en gran parte de la relación C/N de los materiales orgánicos que se estén descomponiendo. Aquellos materiales con una relación amplia, más de 30:1 favorecerá la inmovilización. Aquellos materiales con una relación estrecha, menor de 20:1 favorecerá una mineralización más rápida. En las relaciones entre 20 a 30:1, los dos procesos son casi iguales. Cuando la inmovilización del nitrógeno del suelo excede la mineralización, prácticamente no se encontrará nitrógeno disponible para el cultivo en crecimiento. La mayor parte del nitrógeno amoniacal es convertido a nitrógeno nítrico por ciertas bacterias nitrificantes. Este proceso se denomina **NITRIFICACION**. Los nitratos son utilizados inmediatamente tanto por los cultivos

como por los microorganismos. Los nitratos tienen una movilidad muy alta en el suelo. Se mueven libremente con el agua del suelo. De modo que los nitratos pueden ser lixiviados del perfil del suelo.

Los nitratos pueden perderse por **DESNITRIFICACION**, un proceso mediante el cual los nitratos son reducidos a óxido nítrico o nitrógeno elemental perdiéndose en la atmósfera como un gas. La desnitrificación ocurre normalmente en suelos con alto contenido de materia orgánica, bajo períodos largos de inundación y con temperaturas altas. Los suelos con humedad suficiente como para que el cultivo crezca, tendrán humedad suficiente para una nitrificación normal (19).

3.1.14.2. Fósforo (P)

El fósforo, con el nitrógeno y el potasio, se clasifica como un elemento nutritivo mayor. Sin embargo, en la mayoría de las plantas se encuentra en menores cantidades que el nitrógeno y el potasio. Se considera generalmente que las plantas absorben la mayoría de ese fósforo en forma del ión primario ortofosfato (H_2PO_4^-).

Las plantas pueden también absorber ciertos fosfatos orgánicos solubles. El ácido nucleico y la fitina son tomados por las plantas de los cultivos en arena o soluciones nutritivas. Ambos compuestos pueden resultar como productos de la degradación en la descomposición de la materia orgánica del suelo y como tales pueden ser utilizadas directamente por las plantas. A causa de su inestabilidad en presencia de una activa población microbiana, su importancia como fuente de fósforo para las plantas superiores es limitada en la práctica.

Se ha reconocido el fósforo como un constituyente del ácido nucleico, fitina y fosfolípidos. Un adecuado suministro en las primeras etapas de la vida de las plantas es importante en el retraso del crecimiento de las partes reproductivas. El fósforo también se ha asociado con la pronta madurez de los cultivos, particularmente los cereales, y su carencia es acompañada por una marcada reducción del crecimiento de la planta. Se le considera esencial en la formación de semilla y se le encuentra en grandes cantidades en semillas y frutos.

La mayor asimilación del fósforo, acompañada del incremento de la proliferación de raíces puede, sin embargo, dar pie al punto de vista de que el fósforo incrementa el crecimiento de las raíces.

Otros efectos de crecimientos cuantitativos en las plantas son atribuidas a la fertilización fosfórica. Un buen suministro de fósforo se dice que activa la madurez de las plantas, por que, una de las más llamativas observaciones frecuentemente hechas en los cultivos de grano fertilizados con grandes cantidades

de fertilizantes fosfóricos, es el corto período requerido para la madurez del grano, en las parcelas que han recibido las más altas cantidades de fosfato.

Un adecuado suministro de fósforo se asocia con una mayor solidez a la calidad de ciertos frutos, forrajes, hortalizas y cultivos de grano se dice que se incrementa y también aumenta la resistencia a las enfermedades de los mismos cuando son adecuadamente provistos de este elemento.

El fósforo es rápidamente movilizado en las plantas, y cuando se presenta una deficiencia, el elemento contenido en los tejidos más viejos es transferido a las regiones activas meristemáticas. Sin embargo, a causa del señalado efecto que una deficiencia de este elemento tiene sobre los retrasos del crecimiento, los síntomas de deficiencia que se presentan llamativamente en las hojas, en los casos del nitrógeno y el potasio, son raramente observados.

El ciclo del fosfato en las plantas presenta tres fases distintas que son:

- A. Primera fase,** el fosfato inorgánico es absorbido y se combina con las moléculas o radicales orgánicos.
- B. Segunda fase,** estos compuestos primeramente fosforilados transmiten el grupo fosforilo a otras moléculas, llamándosele a este paso **TRANSFOSFORILACION**.
- C. Tercera fase,** el fosfato o pirofosfato se divide en los fosforilatos intermedios, ya sea por escisión hidrolítica o por sustitución de un radical orgánico.

El fósforo es, en efecto, un elemento esencial y constituyente en los procesos de transferencia de energía tan vitales para la vida y el crecimiento (31).

3.1.14.3. Potasio (K)

Es uno de los elementos llamados mayores, requeridos para el crecimiento de las plantas. Es absorbido como ión K^+ y se encuentra en los suelos en cantidades variables.

El fertilizante potásico es añadido a los suelos en forma de sales solubles tales como cloruro potásico, sulfato potásico, nitrato potásico y sulfato potásico magnésico.

Cuando el potasio está presente en pequeñas cantidades aparecen en la planta síntomas característicos de deficiencia. El potasio es un elemento móvil que se traslada a los tejidos jóvenes meristemáticos cuando ocurre una deficiencia. Los síntomas de deficiencia aparecen al principio en las hojas más bajas de las plantas anuales, progresando hacia la parte superior a medida que se incrementa la gravedad de la deficiencia.

Funciones fisiológicas del potasio:

- A. Metabolismo de los hidratos del carbono o formación y transformación del almidón.
- B. Metabolismo del nitrógeno y síntesis de proteínas.
- C. Control y regulación de las actividades de varios elementos minerales esenciales.
- D. Neutralización de los fisiológicamente importantes ácidos orgánicos.
- E. Activación de varias enzimas.
- F. Promoción del crecimiento de los tejidos meristemáticos.
- G. Ajustes de la apertura de los estomas y relaciones con el agua.

La deficiencia de potasio reduce grandemente el rendimiento de los cultivos.

El potasio de los suelos, además de provenir de los fertilizantes potásicos agregados, proviene de la desintegración y descomposición de las rocas que contienen minerales potásicos; tales como: los feldespatos potásicos, la muscovita y la biotita; utilizando las plantas más rápidamente el potasio proveniente de la biotita, después de la muscovita y por último el de los feldespatos potásicos.

El potasio puede existir en tres formas que son:

- A. **No disponible**, cuando forma parte de la estructura cristalina de los minerales primarios y secundarios (se hace disponible únicamente por meteorización).
- B. **Lentamente disponible**, cuando es tomado gradualmente por las plantas a través de reacciones de minerales tales como: illita, y que pasa a formar parte de la solución del suelo.
- C. **Fácilmente disponible**, cuando está presente en la solución del suelo, siendo ésta la fracción del potasio que puede ser absorbida por las plantas (19, 31).

3.1.14.4. *Magnesio (Mg)*

Es el único constituyente mineral de la molécula de clorofila y se halla localizado en su centro. La importancia de éste elemento es evidente, ya que la ausencia de clorofila impediría a las plantas verdes llevar a cabo la fotosíntesis.

Aunque una gran parte del magnesio de la planta se encuentra en la clorofila, también se encuentra en cantidades apreciables en las semillas, también parece estar relacionado con el metabolismo del fósforo y es considerado como específico en la activación de numerosos sistemas enzimáticos de las plantas.

El magnesio es un elemento móvil y se traslada rápidamente de las partes viejas a las jóvenes en caso de deficiencia. En consecuencia, el síntoma aparece a menudo en primer lugar en las hojas más bajas. En muchas especies la deficiencia se muestra como una clorosis entre los nervios de las hojas, en la cual solamente los nervios permanecen verdes. En estado más avanzado el tejido de la hoja se vuelve uniformemente amarillo pálido, luego marrón y necrótico.

En los suelos de textura de las regiones húmedas, la deficiencia de magnesio se manifiesta por regla general. En aquellos suelos que contienen únicamente pequeñas cantidades de magnesio cambiante, la condición se agrava por la adición de grandes cantidades de fertilizantes que contienen poco o nada de este elemento.

En los suelos de textura gruesa de muchas regiones húmedas, el uso de materiales de alto contenido de calcio puede dar como resultado un desfavorable desequilibrio en la relación **Ca/Mg**, provocando síntomas de deficiencia de magnesio y como consecuencia un mal desarrollo de los cultivos en crecimiento en este tipo de suelos (31).

3.1.14.5. Calcio (Ca)

Es un elemento requerido por todas las plantas superiores; absorbido bajo la forma de ion Ca_2^+ , se le encuentra en abundantes cantidades en las hojas de las plantas y, en algunas especies, en las células de las plantas precipitados en forma de oxalato cálcico. Una deficiencia de calcio se manifiesta en la falta de desarrollo de los brotes terminales de las plantas y tejidos apicales de las raíces.

Las funciones fisiológicas específicas del calcio en las plantas no están claramente definidas. Se ha considerado el calcio como necesario para la formación de la lámina media de las células a causa de su importante papel en la síntesis del pectato de calcio.

Participa en la fotosíntesis, en la regulación hormonal, y en la respiración, fija nitrógeno y promueve la formación de vitamina "A" (19).

3.1.14.6. *Azufre (S)*

Es absorbido por las raíces de las plantas exclusivamente en forma de ion sulfato (SO_4^{2-}). Una deficiencia de azufre, es el retardado del crecimiento de la planta, que se caracteriza por plantas uniformemente cloróticas y de troncos delgados.

Funciones específicas del azufre en el crecimiento de la planta y metabolismo.

- A. Se requiere para la síntesis de los aminoácidos que contienen azufre, cistina, cisterina, metionina y para la síntesis de proteínas.
- B. Activa ciertas enzimas proteolíticas tales como las papainasas.
- C. Es un constituyente de ciertas vitaminas, de coenzima A y del glutathion.
- D. Está presente en los aceites de plantas de la familia de la mostaza y cebolla.
- E. Incrementa el contenido de aceite de cultivos tales como el lino y la soja.
- F. Los enlaces (-S-S-) se han asociado recientemente con la estructura del protoplasma, en las plantas.
- G. Se ha relacionado en algunos casos con la resistencia al frío (19).

3.1.14.7. *Zinc (Zn)*

Este elemento es absorbido por las raíces de las plantas en forma de ion Zn^{2+} . Pulverizaciones, conteniendo sales solubles de zinc o complejos de zinc se aplican al follaje de las plantas para corregir una deficiencia de este elemento, ya que es capaz de penetrar en el sistema de la planta directamente a través de las hojas.

Como en la mayoría del resto de los micronutrientes, el zinc es tóxico para las plantas en ciertas cantidades, aunque sean pequeñas. Su concentración en las plantas en relación a los otros metales pesados es de mayor importancia que las cantidades absolutas.

Se han descubierto deficiencias de zinc en una amplia gama de condiciones de suelo, si bien parecen ser más frecuentes en suelos calizos y en los excesivamente altos en fósforo.

La función del zinc en las plantas es la de un metal activador de enzimas: enolasa, aldolasa, decarboxilasa oxalacética, lecitinasa.

Ayuda en la síntesis proteica, participa en la respiración e interviene en la síntesis de la hormona de crecimiento, es necesario para producir clorofila y para la formación de hidratos de carbono. Es un elemento más disponible en pH ácido que en alcalino, a mayor cantidad de materia orgánica menor disponibilidad de zinc (19).

3.1.14.8. Manganese (Mn)

Este elemento es absorbido por las plantas en forma de ion manganoso. También puede ser absorbido en cualquier forma directamente a través de las hojas y es comúnmente aplicado en pulverización foliar para la corrección de deficiencias.

Una de las funciones del manganeso es la activación de numerosas enzimas relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos, reacciones de fosforilación y ciclo del ácido cítrico.

Participa en la respiración, en la formación de ácido ascórbico (Vitamina “C”), participa en el crecimiento y fotosíntesis.

El manganeso es requerido por las plantas solamente en pequeñas cantidades, y en grandes cantidades es frecuentemente tóxico (19).

3.1.14.9. Cobre (Cu)

Las sales de cobre son absorbidas a través de las hojas, y las deficiencias son a menudo corregidas o prevenidas por las aplicaciones de este elemento en pulverización sobre las hojas en el control biológico.

Las deficiencias de cobre se han señalado en numerosas plantas, aunque es más frecuente entre cultivos que crecen en suelos de turba u orgánicos. Los síntomas de deficiencias varían con el cultivo.

El cobre es un metal activador de varias enzimas entre las cuales están la tirosinasa, lacasa, oxidasa del ácido ascórbico. Las deficiencias de cobre provocan también una acumulación de hierro en algunos cultivos, especialmente en los nudos (19).

3.1.14.10. Molibdeno (Mo)

El molibdeno es absorbido por las raíces de las plantas en forma de ion MoO_4^{2-} . Los síntomas de deficiencia de este elemento difieren con diversos cultivos, pero como regla se observan primero como una clorosis internervial.

El **Mo** es específico para la activación de las enzimas de la reductasa (esta enzima reduce los nitratos a amonio en la planta) y de la oxidasa. Los síntomas de deficiencia aparecen como un amarillamiento general y atrofiamiento de las plantas. Las plantas lo requieren para poder utilizar el nitrógeno, interviene en la fijación de nitrógeno atmosférico, en la absorción y transporte de hierro (19).

3.1.14.11. Hierro (Fe)

Es un elemento absorbido por las raíces de las plantas en forma iónica o como sales orgánicas complejas. También es absorbido por las hojas cuando se aplican pulverizaciones foliares de sulfato de hierro y sales complejas de hierro (quelatos). La deficiencia de hierro ha sido observada en muchas especies. Es más frecuentemente vista en cultivos que crecen en suelos calizos o alcalinos, aunque la presencia de altos niveles de fosfato puede también provocar esta condición en suelos ácidos en algunas especies.

Una deficiencia de hierro se muestra primero en las hojas jóvenes de las plantas. No parece haber traslación de los viejos tejidos a la punta de los meristemas, y como resultado cesa el crecimiento. Las hojas jóvenes presentan una clorosis internervial que progresa rápidamente sobre la hoja entera.

El hierro tiene funciones específicas en la activación de varios sistemas meristemáticos: Hidrogenasa fumárica, catalasa. Una carencia perjudica al mecanismo de producción de la clorofila (19).

3.1.14.12. Cloro (Cl)

La función actualmente reconocida y muy importante es que estimula la fase luminosa de la fotosíntesis, también está involucrado en el transporte de iones de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

Los síntomas de deficiencia de cloro no son fácilmente identificables. Las plantas afectadas por esta deficiencia se marchitan y se vuelven cloróticas, presentan necrosis en ciertas zonas y las hojas toman color bronceado. En cultivos nutritivos se ha mostrado que la deficiencia de cloro se asocia con una reducción del crecimiento de las raíces (19).

3.1.14.13. Boro (B)

La deficiencia de este elemento por lo general atrofia la planta, empezando con el punto de crecimiento y las hojas nuevas. Lo que indica que el **B** no es translocado en la planta (19).

El **B** fácilmente se pierde en suelos de textura gruesa y bien drenados, esta pérdida se da por lixiviación. El **B** participa en el proceso de floración, en la formación de semillas, en la fotosíntesis y la síntesis proteica, es esencial en la germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico, en la formación de las paredes celulares (31).

3.1.15. Materia Orgánico

La Materia orgánica es una porción activa e importante en el suelo. La mayoría de los suelos cultivados contienen solamente de 1 a 5% de ella y se localiza mas que todo en los primeros 0.25 m de profundidad del suelo. A pesar de ser una pequeña cantidad, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo pueden llegar a modificarse. La materia orgánica del suelo esta bajo constante cambio, razón por la cual, debe ser continuamente reintegrada para mantener la productividad de los suelos.

Los suelos se consideran fértiles, pobres o muy pobres según sea su contenido de materia orgánica. Un suelo se considera **fértil** si contiene mas del 5% de materia orgánica; **pobre**, si contiene entre el 2 y 3% de ella y **muy pobre** si no llega al 2%. El uso de fertilizantes orgánicos en la agricultura es de beneficio directo debido al papel importante que la materia orgánica juega en el suelo en las relaciones suelo-agua-planta. El estiércol vacuno, la gallinaza, el compost y en general, todos los fertilizantes orgánicos aplicados al suelo aumentan la fertilidad del mismo.

La materia orgánica aumenta el poder de retención de humedad de los suelos; disminuye las perdidas del agua por escorrentía, con lo cual se reduce la erosión hídrica, se consolidan los suelos y se disminuye la erosión eólica; la materia orgánica fomenta la granulación de los suelos mejorando su aireación e infiltración. Químicamente los fertilizantes orgánicos mejoran el suelo sirviendo como depósito o fuente de carbono y nitrógeno, fósforo, hierro, calcio, potasio, magnesio y otros elementos de baja concentración. Las principales funciones de la materia orgánica son: hacer que muchos minerales del suelo tomen las formas mas asimilables para las plantas, ayudar a corregir las condiciones tóxicas del suelo causadas por el uso excesivo de fertilizantes o por la presencia de residuos de aspersiones; la materia orgánica absorbe o retiene los componentes de los fertilizantes y nutrientes de los minerales del suelo, haciendo decrecer el flujo de perdidas por percolación; la materia orgánica actúa como amortiguadores del suelo retardando los procesos por los cuales se producen cambios de pH (4).

3.1.16. Enmiendas orgánicas

La materia orgánica del suelo esta formada por residuos animales y vegetales descompuestos, tan frescos como las hojas recién caídas y tan viejos como de 4 a 5 mil años. Residuos de cosechas, malezas,

hierbas, hojas de árboles, lombrices de tierra, bacterias, hongos y actinomicetos conforman las fuentes principales de materia orgánica sobre y dentro del suelo. Algunas de estas fuentes y los desechos animales y humanos constituyen las enmiendas orgánicas utilizadas para aumentar la productividad del suelo. Enmiendas del suelo son cualquiera de los aditivos que mejoran la producción del suelo; pueden ser nutritivos como los fertilizantes, pueden mejorar las propiedades químicas como la cal o las propiedades físicas como las cubiertas de aserrín.

La descomposición de la materia orgánica modifica la nutrición, reciclando los elementos esenciales usados por la cosecha previa, haciendo, algunas veces, no disponibles los nutrientes en los suelos minerales y haciendo compuestos minerales realmente mas disponibles.

La composición nutricional de la materia orgánica varía ampliamente dependiendo del animal o planta del cual proviene; el valor nutritivo de los residuos vegetales, también depende, con algunas limitaciones, de la fertilidad del suelo en que se desarrollaron.

Además de los nutrientes directamente liberados de la materia orgánica, la descomposición de cualquier materia orgánica fresca, aumenta la disponibilidad de los nutrientes ya existentes en suelo, cuya disponibilidad era retrasada por razones no entendidas completamente.

La descomposición de la materia orgánica hace más disponible el fósforo soluble. La mayoría del fósforo en el suelo esta en formas relativamente insolubles tales como fosfatos de hierro y aluminio y fosfatos ortocalcicos. Algunos de los productos de la descomposición de la materia orgánica incluyen los aniones citratos, tartratos, acetatos y oxalatos. Estos aniones tienen una afinidad más alta para los cationes hierro, aluminio y calcio y los aniones fosfáticos; además, los materiales orgánicos se combinan con el hierro, el aluminio y el calcio, liberando los aniones fosfatos a estar disponibles para un mejor crecimiento de la planta.

En suelos aun con bajo potasio disponible, hay usualmente un abundante suministro del potencial del potasio total en los minerales del suelo feldespato, moscovita, biotita e illita. Los productos de la descomposición de la materia orgánica acelera la hidrólisis del potasio de tales minerales y que los hacen disponible para el uso de las plantas.

La descomposición de la materia también beneficia la nutrición vegetal, suministrando algunos de los micronutrientes que están deficientes en el suelo y aumentando el porcentaje de bióxido de carbono (CO₂) ambiental, algo del cual se escapa a la atmósfera y es absorbido por las plantas a través de los estomas como una fuente de carbono y parte es utilizado por los microorganismos del suelo.

Desafortunadamente, aun con los beneficios de materiales orgánicos en los suelos, cualquier intento para su uso en las tierras como fertilizantes o beneficios para el crecimiento de las plantas es algunas veces antieconómico. Comercialmente no es ganancioso comprar y aplicar materia orgánica a los suelos, solo por su valor fertilizante (10, 16).

3.1.16.1. *Enmiendas orgánicas y conservación del suelo y del agua*

Todas las enmiendas orgánicas conservan el suelo y el agua. La materia orgánica gruesa en o cerca de la superficie aumenta la estabilidad al agua, de los agregados del suelo, reduce el impacto erosivo de las gotas de lluvia, aumenta la infiltración de agua y reduce la escorrentía. Otra función de las enmiendas orgánicas del suelo que ha sido recientemente reconocida, es su efecto amortiguante para reducir el peligro de formación de costras superficiales y capas duras por la compactación que origina la labranza.

Las principales enmiendas orgánicas del suelo incluyen residuos de cultivos, abono verde y cubiertas vegetales, estiércoles, desperdicios municipales, compost, subproductos de la madera y turbas (10).

3.1.16.2. *Abono animal*

Las variaciones en composición de estiércol son el resultado de las diferencias entre las clases de animales y los tipos y cantidades de alimentación. En comparación con los fertilizantes químicos, todos los estiércoles son de bajo grado suministrando relativamente pequeñas cantidades de nutrientes por unidad de peso seco. Una comparación no usual que se hace, es el contenido de micronutrientes los cuales siempre son más altos en el estiércol que en los fertilizantes químicos.

La parte sólida de los excrementos esta formada en su mayor parte de la fracción no digerida por los alimentos. Estas sustancias fueron divididas en fragmentos muy pequeños por la masticación y ablandadas por los jugos digestivos, pero su composición es muy similar a la de la parte mas dura de la ración. Por termino medio, contienen una mitad del nitrógeno, un tercio de la potasa y casi todo el ácido fosfórico. La parte sólida de los excrementos tiene que sufrir una cierta descomposición para que los elementos nutritivos se hagan absorbibles por las plantas.

La parte liquida del estiércol esta formada por la fracción de las sustancias digeridas expelida por los animales. Contiene aproximadamente una mitad del nitrógeno, dos terceras partes de la potasa y casi nada del ácido fosfórico original estos elementos nutritivos se encuentran en forma fácilmente absorbibles y están expuestos a perderse arrastrados por el agua, sino se toman las debidas precauciones en el tratamiento del estiércol. Si los animales se alimentan en gran proporción con alimentos concentrados el estiércol resultante será rico en elementos nutritivos, si predominan en la ración los forrajes, el estiércol será pobre en elementos

nutritivos. La potasa es una excepción, pues los forrajes suelen ser más ricos en este elemento que los alimentos concentrados. Por tal razón, los estiércoles procedentes de los animales alimentados preferentemente con productos concentrados, son algo más pobres en potasa que los producidos por animales que consumen mayor proporción de forrajes.

La denominación estiércol de granja se aplica generalmente a las materias excrementicias de los animales domésticos sólidas y líquidas mezcladas con la cama o pajaza. Suelen denominarse estiércol de cuadra al estiércol fresco, no expuesto no aun a la intemperie; y se llama estiércol de corral al estiércol más o menos descompuesto y lavado por la exposición a la intemperie. Para designar estas dos formas de estiércol se emplean los calificativos de fresco y repodrido. Estercolar un terreno es exclusivamente de la adición de estiércol, operación que debe distinguirse de la de abonar o fertilizar un terreno que se refiere a la adición de abonos químicos comerciales. Ciertas cosechas reciben el nombre de abonos verdes y proceso de incorporación al suelo se llama abonado en verde. Estas denominaciones permiten distinguir perfectamente este tipo de abonados de la aplicación de estiércol.

El estiércol no expuesto a la intemperie contiene por término medio, 5 kg de nitrógeno, 2.5 kg de ácido fosfórico y 5 kg de potasa por tonelada. No obstante, su composición es muy variable. Es interesante conocer los factores que influyen en la riqueza en elementos nutritivos del estiércol, y estudiar más a fondo la composición de las diferentes clases del mismo.

El estiércol mixto en estado fresco contiene aproximadamente 75% de agua. La proporción de agua y por tanto la de materia seca, pueden variar en ciertos casos. Si la proporción de humedad aumenta de 75 a 80% la materia seca se reducirá a una quinta parte, es decir, de 25 a 20%. Un aumento relativamente pequeño o una disminución de poca importancia en la proporción de agua hará variar sustancialmente la riqueza en elementos nutritivos. Especialmente en el estiércol expuesto a la intemperie, puede aumentar tanto la proporción de agua, que disminuya notablemente la riqueza en elementos nutritivos. También influyen en la composición del estiércol las cantidades relativas de deyecciones sólidas, orina y cama, así como la calidad de esta. Desde el punto de vista agrícola no deben dejar de tenerse en cuenta estos factores, pues influyen notablemente en la composición del estiércol de que puede disponerse.

Aunque al exponer el estiércol a la intemperie sufre una rápida pérdida de elementos nutritivos, no existe gran diferencia entre la composición del estiércol fresco y el estiércol podrido. Esto se debe a que la pérdida de peso por descomposición de la materia orgánica se produce en el mismo porcentaje que la pérdida de elementos nutritivos. El estiércol podrido contiene aproximadamente, por término medio, 5 kg de nitrógeno, 4 kg de ácido fosfórico y 5 kg de potasa por tonelada. Cuando la descomposición del estiércol se

realiza con un buen almacenamiento y tratamiento del mismo, no solo es mayor su riqueza en elementos nutritivos, sino que estos se encuentran en formas más asimilables (10, 16).

3.1.17. Importancia de la fertilización en la producción agrícola

Para saber lo que necesitan las plantas cuya nutrición balanceada buscamos, pensemos que se trata de organismos vivientes y no de sistemas de compuestos químicos. Tal como sucede en el hombre y los animales, las plantas toleran ciertos nutrimentos que no son los indicados, siempre y cuando existan en forrajea asimilable y en cantidad suficiente. En estas condiciones no podrán utilizar los elementos verdaderamente necesarios para su desarrollo normal y saludable no obstante que se encuentren en forma asimilable (soluble) y en cantidad suficiente en el suelo. Podemos decir que existe gran semejanza entre esta manifestación de la vida vegetal y el hecho de que en la dieta de los seres humanos, ciertos alimentos que se consideran perfectos desde el punto de vista nutricional, no puedan ser digeridos cuando se consumen simultáneamente con otros (29).

Worthen (34), reporta que las formulas comerciales de fertilizantes químicos recomendadas, se basan en la extracción de la cosecha a que están destinadas y no en los análisis de disponibilidad de nutrimentos en el suelo. Además, muchas hortalizas poseen un ciclo vegetativo corto y un sistema radicular poco desarrollado, por lo que la fertilización puede acelerar el crecimiento y la maduración.

Russell (25), considera que el empleo de fertilizante comercial, permite obtener hortalizas de mejor calidad en cantidades más grandes y maduración más temprana, no existen evidencias de que los fertilizantes químicos reducen el valor nutritivo de las hortalizas.

Teuscher y Adler (30), señalan que un grupo de horticultores consideran que aplicando al suelo fertilizante artificial, se satisface el requisito mas importante para obtener altos rendimientos en los cultivos, por que representan un medio inmediato de restituir al suelo los elementos nutritivos que le fueron extraídos por el cultivo, mientras otros horticultores aseguran que la aplicación al suelo de sustancias químicas es perjudicial, estos horticultores se basan en la agricultura orgánica, como el uso de estiércol vacuno, gallinaza, residuos de cosechas y abonos verdes.

Worthen y Aldrich (35), consideran que los fertilizantes químicos son perjudiciales para los suelos, las cosechas y los animales, por lo que el uso adecuado de productos orgánicos naturales puede incrementar los rendimientos, el valor nutritivo y la resistencia de las plantas a los insectos y enfermedades.

3.1.18. Factores que influyen en el rendimiento de las plantas

Se reconocen seis factores que influyen en el crecimiento de las plantas, que son: luz, soporte mecánico, temperatura, aire, agua, nutrientes.

El crecimiento de las plantas depende de una combinación favorable de estos factores y que, cualquiera de ellos, desequilibrado respecto a los otros, puede reducir o casi impedir el crecimiento de las plantas (15).

3.1.19. Procesos de mineralización de la materia orgánica

Bajo determinadas condiciones climatológicas y edafológicas se desarrollan determinados tipos de vegetación o formaciones ecológicas. En función de las condiciones bioclimáticas se puede considerar a la tierra como un mosaico de formaciones ecológicas. En un extremo se tiene al bosque tropical pluvial con los mayores índices de producción vegetal y en el otro, el desierto o matorral desértico casi sin vegetación. En condiciones clímax de cada formación ecológica se alcanza un estado estacionario o fijo en el cual la masa de la vegetación permanece constante, la absorción de nutrimentos y asimilación llevan a una producción de tejidos que es equiparable a la producción de restos vegetales u hojarasca. Existen muy pocos datos referentes a la biomasa de los bosques, a la producción de hojarasca que se acumula en el piso de los bosques tropicales y a la cantidad de raíces muertas que se acumulan en el suelo. Además interesan la calidad de esos restos y su susceptibilidad a la degradación y humificación.

La composición química elemental de los restos vegetales también varía dentro de grandes límites, de acuerdo a las diferentes especies y a la edad. El contenido de agua de los tejidos vegetales varía entre 80 y 90%; la materia seca está compuesta en su mayor parte de carbono, oxígeno e hidrógeno (agua) que constituyen aproximadamente el 90 % de la materia seca; el resto está constituido por nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, potasio, magnesio y otros nutrimentos (12).

3.1.20. Combate de malezas

El jengibre presenta un período de competencia de maleza durante todo el ciclo. Antes de la siembra puede aplicarse Glifosato fosfónico (Round-up) a razón de 1 litro/estaño o bien 90 cc/bomba de 18 litros. También puede aplicarse Paraquat bipyridilo (Gramoxone) a razón de 4 litros por hectárea o bien 90 cc/bomba de espalda. Cuando se realiza cuando el cultivo está establecido debe aplicarse con cuidado para no quemar las plantas. Puede utilizarse la mezcla Diurón + Gramoxone se utiliza posterior a la siembra a razón de 4 litros / ha de Gramoxone (90 cc/bomba) más 1 kilogramo de Diurón (30 cc/bomba de 18 litros), una vez por año. Para el combate de gramíneas durante el cultivo puede utilizarse Propanoato Arílico Fluazifop P-butyl (Fusilade)(60 cc/bomba), o Haloxifop-metil (Galant) (45 cc/bomba de 18 litros) (7).

3.1.21. Plagas y enfermedades

3.1.21.1. Gusano Barrenador

Gusano de color verde oscuro, delgado de aproximadamente una pulgada y de color café. El tallo toma un color amarillo y para diferenciarlo del ataque de bacteria, se debe buscar el gusanillo en la base del tallo (6, 8).

3.1.21.2. Nemátodos

Para combatir los nematodos lo más recomendable es realizar muestreos de la semilla y durante el establecimiento y enviar al laboratorio para determinar si es necesario su aplicación (6, 8).

3.1.21.3. Marchitamiento bacterial

La principal enfermedad en jengibre es el marchitamiento bacterial, debe tenerse cuidado con las aporcas y deshieras para no esparcir la enfermedad. Los primeros síntomas son un amarillamiento y marchites de las hojas, volviéndose el follaje café en tres o cuatro días y se seca. Para su combate se recomienda:

- A.** Usar semilla de lotes sanos,
- B.** Curar la semilla,
- C.** Rotar los cultivos,
- D.** Buen drenaje,
- E.** Eliminar las plantas enfermas y tratar el lugar con formalina al 5% o carbolina 0.5 lt/bomba (6,8).

3.1.21.4. Antracnosis

Ataca toda la planta y se caracteriza por manchas alargadas y hundidas de color café rojizo. Para su control se recomienda: **A)** Rotación de cultivos, **B)** Semilla sana, **C)** cobres y Benlate (6, 8).

3.1.21.5. Cercospora

Son manchas de forma circular, atacan la hoja hasta en un 90%. Recomendaciones: **A)** Rotación de cultivos, **B)** Daconil, Maneb, Mancozeb (6, 8).

3.1.21.6. Bacteriosis

Hay dos bacterias que afectan este cultivo, *Pseudomas* que causa la marchites del jengibre y la *Erwinia* la pudrición suave del rizoma en el campo y después de la cosecha. Para su combate se recomienda:

A) Rotación de cultivos, **B)** Erradicar las plantas enfermas, tratando la cepa con formalina al 5% a carbolina 180 ml (9 onzas) por bomba, **C)** Busamart o Agrimicin 500 15 gramos (media onza) por bomba (6, 8).

3.1.22. Cosecha y rendimientos

Las plantas están listas para la cosecha de 7 a 8 meses a partir del momento de la plantación. Los rizomas se recogen cuando la parte aérea se ha secado y antes que se tornen fibrosos y duros. El color es amarillo pálido en la parte exterior y amarillo verdoso en su interior. Posteriormente se preparan según el destino comercial.

Los rendimientos alcanzan los 4.5 tm/ha en plantaciones bien conducidas, lo que equivale a un rendimiento de 0.7 tm/ha de jengibre desecado y listo para su comercialización. Naturalmente que los rendimientos varían según variedades, el manejo del cultivo, las condiciones ambientales, etc.

Los rizomas comerciales enteros tienen una longitud aproximada de 10 a 13 cm y son de color pardo cuero. Por lo común se les llama "**manos**" o "**dedos**" por su forma. En el comercio el jengibre se clasifica por la calidad del rizoma, que resulta de factores propios y de su preparación. Para conservas se recogen los rizomas jóvenes y para especia los rizomas maduros, cuando se haya secado ya el follaje (22).

3.1.23. Composición química

Aceite esencial en proporción del 1,5 a 3%, aunque corrientemente es del 2%, constituido en su mayor parte sesquiterpenos en un 50-66%. De los hidrocarburos sesquiterpenos un 20-30% corresponden a (-)- α -jengibreno, hasta un 12% al (-)- β -bisaboleno, hasta un 19% al (+) α -curcumeno y hasta un 10% al farnesol. Un estudio sensorial completado en 1975 puso de manifiesto que el β -sesquifelandreno y el α -curcumeno eran los principales responsables del aroma a jengibre, mientras que el α -terpineol y el citral causan el aroma a limón (25).

3.1.24. Valor nutricional

El valor nutricional de 100 g de rizoma de jengibre, se muestra en el **cuadro 1**.

Cuadro 1. Valor nutricional de 100 g de rizoma de jengibre.

COMPOSICION	RIZOMA BASE HUMEDA
Valor energético (cal)	47
Humedad (%)	87.0
Proteína (g)	1.6
Grasa (g)	0.8
Carbohidratos totales (g)	9.0
Fibra (g)	0.9
Cenizas (g)	1.0
Calcio (mg)	44.0
Fósforo (mg)	66.0
Hierro (mg)	1.8
Tiamina (mg)	0.02
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	0.07
Acido ascórbico (mg)	2.0

Fuente: Wu Leung, Woot-Tsuen y Flores, Marina. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. 1961. 132 p

3.1.25. Estudios realizados en jengibre

Paulose, citado por Aclan (1976) (1), registró que en la India de 25 a 30 toneladas por hectárea de abono de ganado vacuno son aplicados al cultivo de jengibre; el abono se coloca en cada planta sobre la semilla al momento de ser cubierta con suelo, aplicándose también durante la preparación del mismo.

Geus, citado por Aclan (1976) (1), junto a otros investigadores afirmaron que en Kerela, el rendimiento de jengibre se incrementa al ser aplicados de 25 a 30 toneladas por hectárea de estiércol vacuno compuesto a la plantación de jengibre; lo que es equivalente a aplicar 36 kg de N, 36 kg de P₂O₅ y 72 kg de k₂O por hectárea.

Cádiz, citado por Aclan (1976) (1), recomendó la aplicación de un fertilizante completo de la fórmula 12-24-12 en jengibre en proporción de 800 kg por hectárea.

En el estado de Bengala Occidental, India, el suelo se prepara en los meses de marzo a abril después de cada lluvia; durante la preparación, se incorpora al suelo estiércol de establo en dosis de 3 toneladas por hectárea.

En Jamaica se han efectuado diferentes ensayos para poder precisar el tipo de abono más conveniente. Los análisis de suelos, desgastados sobre todo por el cultivo de jengibre, han demostrado que les falta ante todo, materia orgánica. Diversos abonos de los que hay en el mercado no han dado resultados satisfactorios. Cosa similar ha ocurrido aplicando estiércol de granja y el guano de los murciélagos. Sin embargo, una mezcla de marga (roca gris compuesta de carbonatos de cal, carbonatos de magnesio y arcilla) y estiércol de granja han proporcionado resultados tangibles, pero, por existir en Jamaica muy pocos establos, se han concentrado a fertilizar enterrando las malas hierbas, cubriendo el suelo con tallos de banano o plátano.

Los mejores resultados, en Jamaica, se han obtenido aplicando una mezcla compuesta de marga, 10% de fosfato soluble, 10% de amoníaco y un 10% de potasa; lo cual ha dado una recolección de 2.8 toneladas de producto seco por hectárea (1).

Miranda (1989) (21), evaluando 4 niveles de nitrógeno y fósforo y 3 distanciamientos de siembra entre plantas en Guatemala, concluyó que, bajo condiciones de alta precipitación pluvial y textura gruesa del suelo, la aplicación de niveles de nitrógeno y fósforo no tienen efecto significativo sobre el rendimiento de jengibre fresco, el cual fue de 6.17, 6.98 y 11.06 toneladas métricas por hectárea (tm/ha) a distancias de 0.7 m entre surcos y 0.5, 0.4 y 0.25 m sobre surcos respectivamente.

Corado (1991) (8), evaluó el efecto sobre el rendimiento de jengibre utilizando cuatro enmiendas orgánicas (estiércol vacuno, bagazo de citronela, gallinaza y pulpa de café) en tres dosis (5, 10, 20 tm/ha). Concluyendo que el mayor rendimiento de rizomas (10,075.82 kg/ha) se obtuvo aplicando 20 tm/ha de estiércol vacuno.

3.1.26. Nutrición de las plantas

3.1.26.1. Absorción de nutrientes

Existen varias suposiciones sobre la forma en que la planta absorbe y transporta el agua. La mayor parte del agua se absorbe por medio de los pelos de la raíz. El agua es bombeada desde la raíz como respuesta a la transpiración de las hojas de la planta, mientras las hojas sudan la planta absorbe mas agua por la raíz.

Las hojas de las plantas pueden absorber agua tanto en estado líquido (lluvia o riego) como en estado gaseoso (vapor de agua). De cualquier forma la planta absorbe (chupa) grandes cantidades de agua que posteriormente se pierde durante la transpiración.

El camino que sigue el agua en la planta es de la siguiente manera: Al inicio el agua se absorbe por los pelos de la raíz, posteriormente llega a un sistema de tubos (xilema). Estos tubos forman una red que conduce el agua tanto hacia arriba como hacia los lados hasta llegar al tallo y las hojas. Finalmente, el agua es evaporada en la superficie de las hojas y sale por sus poros (estomas).

La intensidad de la absorción de nutrientes depende de los siguientes factores:

- A. Presencia de suficiente aire fresco en los espacios del suelo. Esto es muy importante para el desarrollo y actividad de los pelos absorbentes.
- B. La humedad del suelo, que lleva los nutrientes en solución para hacerlos disponibles a la planta.
- C. La densidad y la distribución del sistema radicular, lo cual determina las cantidades de nutrientes que puedan ser absorbidos (29).

3.1.26.2. *Cómo se alimentan las plantas?*

La aplicación de fertilizantes y estiércol y otras importantes prácticas del tratamiento de los suelos proporcionan alimentos asimilables para las plantas en crecimiento. Uno de los factores esenciales para la producción vegetal es cubrir las necesidades de las plantas con elementos nutritivos.

La función de los diferentes elementos nutritivos es de vital importancia para la producción satisfactoria de las cosechas (16).

3.1.27. Leyes de la fertilización

Se entiende por fertilización a la mejora de la fertilidad agronómica del suelo mediante la adición de sustancias capaces de modificar positivamente las condiciones del suelo.

Toda sustancia o técnica que se emplea para restituir o aumentar la fertilidad del suelo, ya sea en cuanto a la estructura, pH y sus elementos nutritivos es lo que se llama **FERTILIZANTE**. Se ha considerado como objetivo general de la fertilización, la obtención de máximos rendimientos con el mínimo de costos y mejorar la calidad de los productos. Existiendo para ello leyes de fertilización (31, 29).

3.1.27.1. *Ley del mínimo (Liebig)*

Liebig llegó a las conclusiones, según la cual el rendimiento de un cultivo está limitado por la cantidad de elementos nutritivos presentes en menor cantidad (30).

3.1.27.2. *Ley de los rendimientos decrecientes de Mitscherlich*

Esta ley permite determinar hasta donde es factible aumentar económicamente los rendimientos (para que lleguen lo más cerca posible del rendimiento máximo) mediante aplicaciones adicionales de fertilizantes (30).

3.1.28. Tasa Marginal de Retorno (TMR)

3.1.28.1. *Análisis Marginal*

Este tipo de análisis se basa en el concepto de la utilidad que genera la última unidad producida, para esto es necesario saber el costo de la última unidad producida y el ingreso generado por ésta.

Este análisis se recomienda generalmente cuando se quieren hacer recomendaciones al agricultor y se utiliza cuando las fuentes de variación (alternativa de producción), en el experimento se enfocan hacia cantidades de insumos y/o mano de obra; por ejemplo distintas cantidades de insecticidas, fungicidas y densidades de población etc., además se recomienda cuando son muchos los tratamientos. No obstante, el buen juicio agronómico y el análisis estadístico llevarán a una decisión respecto a las diferencias de rendimiento entre los tratamientos de un experimento.

Si el investigador duda que existan diferencias reales de rendimiento, se comparan los costos variables totales de cada tratamiento y lógicamente se prefiere el de menor costo, si por el contrario se tiene certeza en que las diferencias observadas representan diferencias reales entre los tratamientos, deberá entonces efectuarse un análisis marginal completo (5, 27).

3.1.28.2. *Presupuesto Parcial*

El presupuesto parcial se utiliza para ordenar datos experimentales tales como las medias de rendimiento de cada tratamiento, así como el precio del producto, el cual multiplicado por el rendimiento promedio dará el **Beneficio Bruto**. Además debe aparecer el **Costo Variable**, el cual está integrado por lo que se gasta en insumos o mano de obra y la suma de ambos será el **Costo Variable Total**.

El **Presupuesto Parcial** finaliza sacando la diferencia entre el **Beneficio Bruto** y el **Costo Variable Total**, lo que dará el **Beneficio Neto** (5, 27).

3.1.28.3. *Análisis de Dominancia*

Una vez obtenido el **Beneficio Neto** se procede a ordenar los tratamientos colocando los beneficios netos de mayor a menor con su respectivo costo variable, luego se procede a comparar cada una de las alternativas tomando como comparador el costo variable, procediendo a aceptar todas aquellas alternativas con un menor costo variable y eliminando, aquellas con un costo variable igual o mayor. La comparación dará como resultado obtener alternativas dominadas y no dominadas. Serán dominadas (**D**) las alternativas eliminadas por tener un costo variable igual o mayor y las no dominadas (**ND**) pasaran al análisis marginal para calcular la tasa marginal de retorno (5, 27).

3.1.28.4. *Tasa Marginal de Retorno (TMR)*

La tasa marginal de retorno se basa en las estimaciones del rendimiento derivados de los ensayos agronómicos y distintos costos. Además la **TMR** se compara con una tasa mínima de retorno la cual constituye solo una aproximación de los objetivos que el agricultor persigue al hacer una inversión.

Cuando la tasa de retorno marginal se sitúa a un nivel razonable por encima de la tasa mínima es probable que se acepte el cambio, y si por el contrario se aproxima a la mínima se procede con cautela.

La Tasa Marginal de Retorno indica lo que el agricultor puede esperar ganar, en promedio, con su inversión, cuando decide cambiar una práctica (o conjuntos de prácticas) por otra.

Para calcular la **TMR** se procede a ordenar las alternativas no dominadas resultante del análisis de dominancia, tal y como se colocaron en el análisis anterior, o sea, de mayor a menor beneficio neto con su respectivo costo variable, luego se procede a calcular el incremento en **Costo Variable (CV)** y en **Beneficio Neto (BN)**, finalmente se procede a dividir el incremento en **Beneficio Neto** entre el incremento en **Costo Variable** y se multiplica por cien, así (5, 27).

$$\text{TMR} = \frac{\Delta \text{BN}}{\Delta \text{CV}} \times 100$$

3.1.29. MARCO REFERENCIAL

3.1.29.1. Localización

La presente investigación se realizó durante los meses de marzo a octubre del 2003, en la finca Bulbuxyá.

3.1.29.2. Ubicación Geográfica

La Finca Bulbuxyá se ubica en el municipio de San Miguel Panán departamento de Suchitepéquez, es propiedad de la Universidad de San Carlos de Guatemala, bajo la administración de la Facultad de Agronomía, tiene una extensión de 89.5253 hectáreas. La finca se encuentra ubicada en las coordenadas 14°39'39" de latitud Norte y 91° 22'00" de longitud Este, a aproximadamente 340 msnm., dicha finca limita al Norte con la finca Guadiela y Ponderosa, al Sur con la finca Versalles, al Este con la finca Trinidad y el Oeste con el río Nahualate y Cantón Barrios (33).

3.1.29.3. Vías de comunicación

El acceso a la finca puede hacerse por San Antonio Suchitepéquez vía San Miguel Panán, si se parte de Mazatenango la distancia por esta ruta es de 22 kilómetros de los cuales 2.5 son de terracería transitable todo el año. También puede llegarse por el entronque a Chicacao, específicamente desde el entronque llamado Nahualate, en la ruta Internacional CA- en el kilometro 132 desde la ciudad capital.

Del entronque Nahualate-Montecristo a la Finca Bulbuxyá existe una distancia de 5.8 kilómetros de carretera asfaltada, luego se desvía al camino que conduce a San Miguel Panán 2.5 kilómetros de largo, que es de terracería también transitable todo el año. La distancia por la ruta de Mazatenango a la finca es de 34 kilómetros (33).

3.1.29.4. Zona de vida

Según el mapa elaborado por De la Cruz, basado en el sistema Holdridge (9), el área se encuentra en la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Sub-Tropical Cálido -**bmh S (c)**.

3.1.29.5. Características climáticas

Con base a la estación meteorológica más cercana a la Finca Bulbuxyá, que es de tipo C, ubicada en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, se reportan los siguientes datos: Precipitación pluvial de 4,000 mm de lluvia anual, distribuidos en 140 días al año, ubicados entre los meses de mayo a octubre, con lluvias ocasionales en abril y noviembre, una humedad relativa del 80% y se ha calculado una temperatura media anual de 25 °C (32).

De acuerdo con la información clínica de Thorntwithe, citado por Flores (14), quien define el clima como cálido con invierno benigno muy húmedo y sin estación seca bien definida.

3.1.29.6. Hipsometría

Tiene un relieve variado, la parte más alta de la finca esta a 340 msnm y la más baja a 240 msnm (32).

3.1.29.7. Hidrología

La zona no tiene problemas con el abastecimiento de agua, existiendo ríos y quebradas que bajan de las montañas, proporcionando el agua suficiente en época de verano, para el riego de los diferentes cultivos, así como para el abastecimiento de la población. El principal curso de agua superficial es el río Nahualate, con sus afluentes del río Bujiyá, los Trozos y algunas quebradas de menor importancia (34).

3.1.29.8. Suelos

Según Simmons (28) la Finca Bulbuxyá se encuentra comprendida en la división fisiográfica que corresponde a los suelos de declive del Pacífico, que se extiende desde el pie de monte de las montañas volcánicas, hasta la orilla del litoral; las series de suelos que se puede encontrar en este lugar son:

3.1.29.8.1. Serie Panán

Suelos poco profundos desarrollados sobre material volcánico de color oscuro, tiene un relieve suavemente inclinado y un drenaje bueno, color café oscuro, textura y consistencia franco arenoso granular. El subsuelo tiene un color café amarillento, de consistencia franco arenosa pedregosa suelta, espesor aproximado de 20 a 30 centímetros; estructura granular. El subsuelo tiene un color café amarillento, de consistencia friable, profundidad aproximada de 60 a 75 centímetros; esta serie se encuentra asociada con las series Suchitepéquez y Moca.

3.1.29.8.2. Serie Cutzan

Suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas de color claro, en un clima cálido húmedo. Ocupa un relieve muy ondulado e inclinado, drenaje bueno, color café oscuro, textura franco a arenosa, consistencia franco a friable, espesor aproximado de 10 a 20 centímetros; tiene una reacción ligeramente ácida a un pH de 6.0 a 6.5; el subsuelo tiene un color café, consistencia friable, textura franco arenosa y un espesor de 20 a 50 centímetros.

3.1.30 Muestreo de Suelos

En el **Cuadro 2** se muestran los análisis realizados para la elaboración de la fase de campo del cultivo.

Cuadro 2. Análisis de suelos de la Finca Bulbuxyá

IDENT	PH	ppm		Meq/100g		ppm			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Rango Medio		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15
M-1	5.5	19.54	250	3.12	0.82	1.5	2.0	25.0	9.5

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua “Salvador Castillo Orellana. Facultad de Agronomía. Ciudad Universitaria, Zona 12. Guatemala Centroamérica

En el **cuadro 2**, se puede observar, que previo a la siembra del cultivo, el suelo presenta niveles adecuados de fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica y algunos elementos menores, ya que este cultivo es exigente en los niveles mencionados anteriormente. El suelo experimental a pesar de localizarse en una zona de fuertes precipitaciones pluviales y de topografía ligeramente inclinada según estos análisis presenta condiciones adecuadas para un buen desarrollo del cultivo. Sin embargo el nitrógeno a pesar de estar presente en grandes cantidades en el ambiente no es asimilado por la planta. Por lo que hay que aplicarlo en forma de Urea para que pueda ser aprovechado por la misma.

3.1.31. MATERIAL EMPLEADO

3.1.31.1. *Material genético*

El cultivar a trabajar fue el jengibre (*Zingiber officinale* R) variedad **Cantones**, cuyos rizomas presentan una coloración amarillenta en su interior, es procedente de Nicaragua y de muy buena aceptación en los mercados nacionales e internacionales; el ciclo del cultivo hasta la cosecha es de 7 a 8 meses después de la siembra.

3.1.31.2. *Material orgánico*

El material orgánico a utilizar como enmienda lo constituyó la gallinaza.

3.1.31.3. *Gallinaza*

Es un compuesto orgánico que no se aplica tal y como se produce debido que a los componentes amoniacales puedan ocasionar quemaduras a las plantas. Para la incorporación de este fertilizante, se acumula en lugares apropiados alternando una capa de 0.15 m de gallinaza con otra de 0.05 m de tierra hasta lograr una altura de 1 a 2 m, esto se hace con el objetivo de incrementar el valor del abono.

En el **cuadro 3**, se presenta el contenido promedio de nutrientes de la gallinaza, y en el **cuadro 4**, el material que se utilizó.

Cuadro 3. Contenido promedio de nutrientes de la gallinaza.

Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Materia orgánica (%)	Elementos menores (%)
4.0	3.0	1.0	80.0	12.0

Fuente: Laboratorio de suelo-Planta-Agua “ Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cuadro 4. Contenido de nutrientes de la gallinaza.

IDENT	%								ppm				
	PH	N	P	K	Ca	Mg	Na	M.O	Cu	Zn	Fe	Mn	C/N
M-1	8.5	2.97	0.35	1.9	5.25	0.27	0.26	29.0	40	90	70	230	5 :6 :1

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua “Salvador Castillo Orellana. Facultad de Agronomía. Ciudad Universitaria, Zona 12.Guatemala Centroamérica

La cantidad de gallinaza que generalmente se utiliza es de 7 a 25 tm/ha, lo cual va a depender del suelo a abonar y del cultivo con el cual se va a trabajar. La mejor época de aplicación de la gallinaza es antes de que inicie el período vegetativo de las plantas el cual coincide con la proximidad de la época lluviosa (30).

3.1.31.4. Material inorgánico

El material inorgánico a utilizar como enmienda lo constituyó la Urea (nitrógeno), al ser aplicada al suelo rápidamente disuelta en agua y posteriormente convertida a carbonato de amonio, compuesto que es inestable y se descompone en amoníaco y dióxido de carbono. El nitrógeno hace a las plantas más suculentas y de un color verde oscuro, también hace que las células sean más grandes con paredes más delgadas. Fomenta el desarrollo vegetativo e impulsa la formación de follaje de buena calidad, facilitando la producción de carbohidratos y ayudando a la succulencia (32).

4. OBJETIVOS

4.1. General

Evaluar el rendimiento de rizoma de jengibre en peso seco (*Zingiber officinale* R.) con la aplicación al suelo de dos fuentes de fertilizante (orgánico e inorgánico), bajo condiciones de la finca Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez.

4.2. Específicos

4.2.1. Determinar la fuente y dosis de fertilizante que presente el mayor número de brotes o hijuelos y peso seco de rizoma de jengibre.

4.2.2. Determinar el efecto de la interacción de las fuentes y dosis de fertilizante sobre el número de hijuelos y altura de las plantas en el cultivo de jengibre.

4.2.3. Establecer cual de los fertilizantes evaluados presenta la mayor Tasa Marginal de Retorno (TMR).

5. HIPOTESIS

5.1. Las dos fuentes y dosis de fertilizantes (orgánico e inorgánico), presentan efectos significativos sobre el número de hijuelos, altura de planta y rendimiento de rizoma de jengibre en peso seco.

5.2. Las dos fuentes y dosis de fertilizantes evaluados tienen igual Tasa Marginal de Retorno.

6. METODOLOGIA

6.1. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

6.1.1. *Diseño experimental*

Se utilizó el diseño bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas.

6.1.2. *Tratamientos:*

Se evaluaron doce tratamientos y tres repeticiones, los cuales fueron aleatorizados para su distribución en el campo.

Cuadro 5. Niveles de tratamientos utilizados en el ensayo.

Fuentes	Niveles kg/ha
Gallinaza	0-2000-4000
Nitrógeno	0-25-50-75

Con base en los análisis de suelo y gallinaza (**Cuadro 2 y 4**), y la interpretación de los mismos se establecieron las fuentes de los nutrientes y niveles para conformar los tratamientos a evaluar (**Cuadro 6**). Además se consideraron trabajos realizados anteriormente en los cuales esta involucrada la fertilización, como: Conconha (6), Sacbajá (26).

La combinación de estos dió origen a doce tratamientos (**Cuadro 5**), el nitrógeno que se aplicó fue Urea al 46%.

Cuadro 6. Tratamientos a evaluar con sus respectivas dosis. Ensayo de jengibre, Finca Bulbuxyá, San Miguel Panán 2003.

TRATAMIENTO	TRATAMIENTOS EN kg/ha	
	Gallinaza	N
T ₁	0	0
T ₂	0	25
T ₃	0	50
T ₄	0	75
T ₅	2000	0
T ₆	2000	25
T ₇	2000	50
T ₈	2000	75
T ₉	4000	0
T ₁₀	4000	25
T ₁₁	4000	50
T ₁₂	4000	75

Con base en los requerimientos nutricionales del jengibre (*Zingiber officinale* R) en un suelo Alfisol, que son de 75,50,50, kg de NPK/ha junto con 20 toneladas de FYM y 15 toneladas de materia orgánica de hojas (mulch de hojas).

Posteriormente se formuló una dosificación tomando en cuenta los requerimientos nutricionales, y de las exigencias del cultivo, en donde se propuso 75,50,25,0 kg de N/ha y una dosificación de gallinza de 0,2000,4000 kg/ha con el objetivo de evaluar el rendimiento de rizoma en peso seco, altura y número de hijuelos.

Un promedio de 3.9 toneladas de jengibre cosechado por hectárea remueve 70, 17, y 117 kg de NPK respectivamente.

Lo óptimo para la producción orgánica de jengibre es de 10 toneladas por hectárea de FYM y 15 toneladas de hojas verdes junto con 350 kg de Groundut y 1700 kg de Neem cake, 250n Kg de roca fosfórica, una tonelada de aserrín y 20 kg de biofertilizante por hectárea (23).

6.1.3. Modelo estadístico

El modelo estadístico, para la interpretación de los resultados fue el diseño bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas con el objeto de encontrar alguna interacción entre las fuentes, bajo el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{jkl} = \mu + \beta_j + \alpha_k + \beta_l + \alpha\beta_{kl} + E_{jkl}$$

De donde:

Y_{jkl} = Rendimiento (kg/ha), Número de hijuelos y altura asociado a la jkl – èsima unidad experimental.

μ = Efecto de la media general

β_j = Efecto del j-èsimo bloque

α_k = Efecto del k-èsimo nivel del factor “A” (fuentes)

β_l = Efecto del l-èsimo nivel del factor “B” (dosis)

$\alpha\beta_{kl}$ = Efecto de la interacción del k-èsimo nivel del factor “A” con el l-èsimo nivel del factor “B”

E_{jkl} = Error experimental asociado a la jkl-èsima unidad experimental.

6.1.4. Tamaño de la unidad experimental

El área experimental total fue de **1843 m²**. El área de cada unidad experimental fue de: **35 m²** de área bruta (7 m de largo x 5 m de ancho) y **10.5 m²** de área neta (5 m de largo por 2.1 m de ancho), lo que equivale a cosechar 3 surcos centrales. La distancia entre cada unidad experimental fue de 1 m (**Figuras 3 y 7A**).

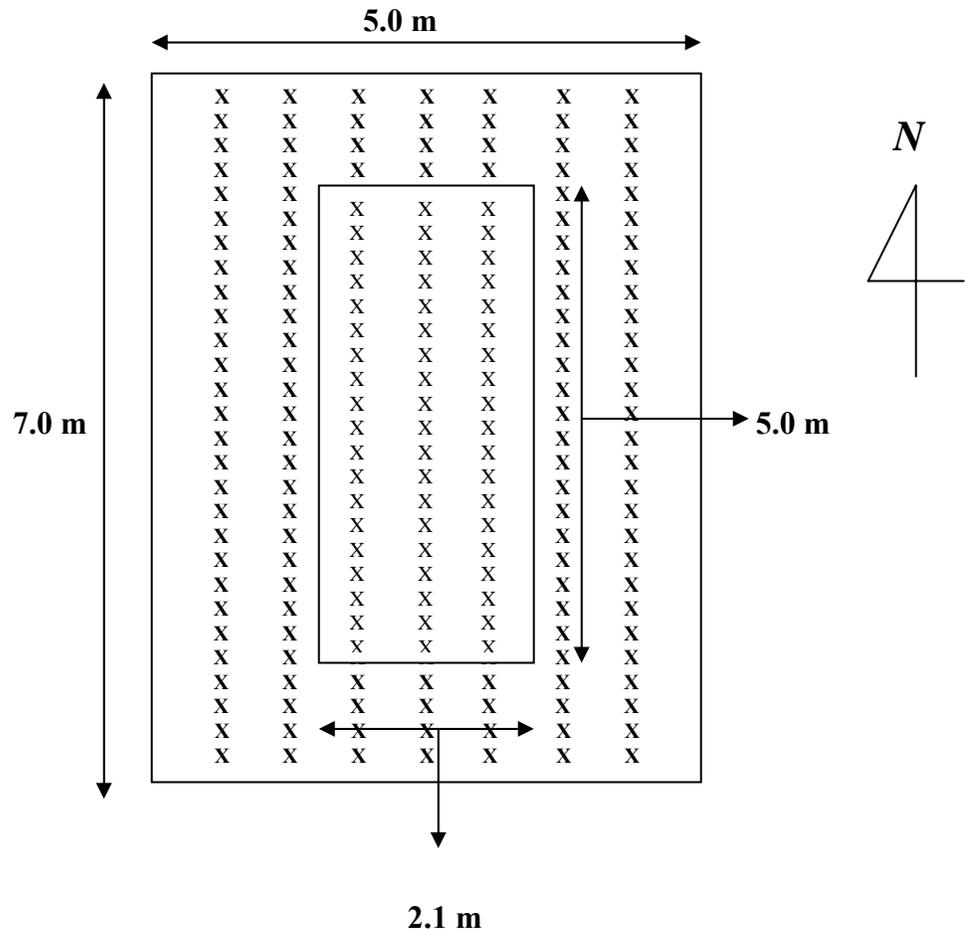


Figura 3. Tamaño y forma de la unidad experimental, parcela bruta y parcela neta.

6.1.5. Manejo experimental

El experimento fue manejado de acuerdo a las prácticas culturales y a las condiciones características de la región.

6.1.6. Preparación del terreno

Se realizó una limpieza manual del área, y posteriormente se barbechó con azadón a una profundidad de 0.2 a 0.3 m con la finalidad de dejar bien mullido el suelo y finalmente se construyeron camellones de 0.3 m de alto, y distanciados 0.7 m uno de otro. Y se sembró la primera semana de abril.

6.1.7. Sombra

Dadas las condiciones ecológicas requeridas por el cultivo, se seleccionó un área con sombra de preferencia de paterna (*Inga micheleana*), con la finalidad de favorecer el brote del jengibre. La sombra fue de un 75% al inicio y la cual se fue regulando hasta lograr un aproximado al 50%.

6.1.8. Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos fueron aplicados 5 días antes de la siembra, cada uno de los cuales fue incorporado al camellón (construido previamente), partido a la mitad, para luego ser reconstruido.

6.1.9. Siembra

Previo a la siembra, el material a reproducir (rizomas) se cortó en trozos conteniendo cada uno aproximadamente de 2 a 3 yemas o brotes.

Posteriormente la semilla fue tratada con una solución desinfectante a base de **PCNB** (Penta cloruro de nitro benceno) a razón de 25 g en 15 litros de agua, durante 3 minutos dejándola secar posteriormente a la sombra por espacio de 3 días. Este tratamiento se realizó con la finalidad de cicatrizar el corte y evitar, del mismo modo, la pudrición por ataque de hongos. La siembra se realizó 5 días después de aplicados los tratamientos a distancias de 0.7 m entre surcos y 0.25 m entre plantas. La profundidad de siembra fue de 0.1 m, depositando un rizoma por postura sobre los camellones.

6.1.10. Control de malezas, plagas y enfermedades

Se realizó una aplicación preventiva contra enfermedades con el fungicida Oxiclорuro de cobre. Para el control de plagas se utilizó un insecticida seleccionado. El control de malezas fue manual utilizando azadones y para patógenos, insectos se realizó cuando fue necesario.

6.1.11. Cosecha

La siembra se realizó en la primera semana de abril, después de las primeras lluvias, y se cosechó en la tercera semana de septiembre.

6.2. VARIABLES A EVALUAR

6.2.1. *Altura de planta*

La altura de planta se midió con una regla graduada en centímetros a partir de la base del culmo principal hasta la base de la última hoja, tomándose 10 plantas del área neta por cada unidad experimental. La toma de datos se realizó de la siguiente manera: a los 30 días después de la siembra y posteriormente a cada 15-20 días. Para el análisis de la variable altura los datos fueron transformados a metros.

6.2.2. Número de hijuelos

Para la variable número de hijuelos se utilizaron la misma cantidad de plantas (10 plantas), se contó el número de hijuelos por planta. El primer conteo se realizó a los tres meses y medio , y el segundo conteo a los siete meses, después de la siembra.

6.2.3. *Rendimiento*

El rendimiento total fue calculado en kg/ha de jengibre en peso seco, se tomaron 10 plantas de la parcela neta de cada unidad experimental, el material (rizomas) fue secado en los laboratorios (hornos) de la FAUSAC, a una temperatura de 70° C por un período de 3-4 días, posteriormente se realizó el análisis estadísticos.

6.2.4. *Análisis económico*

Este consistió en una análisis marginal (Presupuestos parciales), tomando como base el costo de producción del tratamiento testigo.

6.3. ANALISIS DE DATOS

Para determinar el efecto de las enmiendas orgánicas e inorgánicas como fertilizantes sobre el rendimiento de jengibre, número de hijuelos y altura de plantas, se procesaron los datos mediante un análisis de varianza y como hubo diferencias significativas se realizaron las pruebas de comparación múltiple de medias (**TUKEY**) al 5% de significancia.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

Se realizaron dos muestreos de suelo, el primero antes de la siembra y el segundo después de la cosecha. Ambos análisis se realizaron en Laboratorio de Suelo-Planta-Agua “ Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la USAC, utilizándose el método Carolina del Norte. Este análisis tuvo como finalidad conocer el estado de fertilidad natural del suelo en donde se realizó este estudio.

En los **Cuadros 7 y 8**, se presentan los resultados de laboratorio antes de la siembra y después de la cosecha, respectivamente, donde puede observarse que previo a la siembra el valor del pH era de 5.5, en donde se puede observar que, se encontraba ligeramente ácido, comparado con el óptimo del cultivo que es de 6.5 a 7.5, pero el mismo aumento a 5.8 después de la cosecha, esto probablemente es debido a que la gallinaza contenía un pH de 8.5, y a la pendiente del área y por la precipitación y lixiviación, lo que originó un balance aun que no exactamente en cuanto a las exigencias de pH del cultivo.

Además puede observarse que antes de la siembra el Fósforo y Potasio se encontraban en un nivel alto, comparado con el rango medio del suelo, contrario al Calcio y Magnesio que se encontraban en un nivel bajo. El bajo nivel de las bases puede ser explicado ya que es una zona de fuertes precipitaciones pluviales.

En los resultados de la muestra tomada después de la cosecha, el nivel del Fósforo bajó (8.19) considerablemente; esto se debe a que el mismo fue asimilado por la planta, no así en el caso del potasio que se mantuvo estable. Es importante considerar que el cultivo de jengibre es particularmente exigente en Fósforo, potasio y algunos elementos menores. El Calcio (10.60) y Magnesio (2.16) aumentaron alrededor del 80%. En lo relacionado con la Materia Orgánica, la misma se encontraba en niveles bajos (3.74 %), considerando a este suelo como pobre (12), pero con la adición de gallinaza tuvo un aumento significativo de (5.78 %), lo que indica que al aplicársele una enmienda orgánica se tiene un aumento en el contenido de la materia orgánica del suelo.

Cuadro 7. Resultados del análisis de suelo antes de la siembra, donde se evaluó el efecto de dos fuentes de fertilizante en el rendimiento de jengibre (*Zingiber officinale R.*).

PH	PPM		Meq/100g		PPM					Textura
	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O	
5.5	19.54	250	3.12	0.82	1.5	2.0	25.0	9.5	3.74	<i>Franco arenosa</i>
RM	12 - 16	120 - 150	6 - 8	1.5 - 2.5	2 - 4	4 - 6	10 - 15	10 - 15		

Fuente: Laboratorio de suelo-Planta-Agua “ Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

RM = Rango Medio

Cuadro 8. Resultados del análisis de suelo después de la cosecha, donde se evaluó el efecto de dos fuentes de fertilizante en el rendimiento de jengibre (*Zingiber officinale R.*).

PH	PPM		Meq/100g		PPM					Textura
	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O	
5.8	8.19	248	10.60	2.16	1.0	3.5	6.5	13.5	5.78	<i>Franco arenosa</i>
RM	12 - 16	120 - 150	6 - 8	1.5 - 2.5	2 - 4	4 - 6	10 - 15	10 - 15		

Fuente: Laboratorio de suelo-Planta-Agua “ Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

RM = Rango Medio

7.2 ALTURA DE PLANTAS

En el **Cuadro 9**, se presentan los resultados obtenidos en lo concerniente a la altura de plantas por cada tratamiento evaluado. El mayor incremento se obtuvo al aplicar 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, tratamiento que dió una altura media de 0.823 m. Esta altura es similar a la obtenida por los agricultores de esta zona (0.75 m). El tratamiento más cercano en donde se obtuvo la mayor altura fue el de 4000 kg/h de gallinaza y 50 kg/ha de urea, el cual reportó una altura media estadísticamente significativa de 0.803 m; mientras que, la altura mas baja (0.567 m) se reportó en el testigo sin ninguna aplicación.

Cuadro 9. Altura promedio de plantas (m) de jengibre, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (*Zingiber officinale R.*).

TRATAMIENTOS			MEDIA
A1	B1	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	0.567
A1	B2	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	0.593
A1	B3	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	0.614
A1	B4	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	0.634
A2	B1	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	0.650
A2	B2	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	0.675
A2	B3	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	0.694
A2	B4	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	0.718
A3	B1	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	0.752
A3	B2	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	0.782
A3	B3	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	0.803
A3	B4	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	0.823

Utilizando la distribución de tratamientos en Bloques al azar y aplicando la metodología de experimentos factoriales se realizó un análisis de varianza para la variable altura de plantas, con la finalidad de encontrar algún tipo de interacción entre los materiales evaluados; para este análisis se consideró el factor (A) como gallinaza en las dosis de (0, 2000 y 4000 kg/ha) y al factor (B) como urea en las dosis de (0, 25, 50 y 75 kg/ha), el resultado de este análisis se presenta en el **Cuadro 10**.

Cuadro 10. Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable altura de plantas, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (*Zingiber officinale R.*).

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Repeticiones	2	0.006527	0.003264	154.39	0.0001
Factor: Gallinaza (A)	2	0.213545	0.106772	40.0848 **	0.0023
Error (A)	4	0.106556	0.002669	126.02	0.0001
Factor: Urea (B)	3	0.023045	0.007681	363.40 **	0.0001
Interacción (A*B)	6	0.0000468	0.00000781	0.37 <i>N.S.</i>	0.8887
Error (B)	18	0.0003805	0.00002114		
Total	35	0.2542007			

En el **Cuadro 10**, se observa que la diferencia estadística se manifiesta entre los tratamientos, pero que los factores no interactúan entre si, sino que lo hacen en forma independiente. Al no encontrar

significancia para la interacción, se procedió a efectuar la prueba de medias **Tukey** para cada uno de los factores (**Cuadro 11**). Con los resultados obtenidos se concluye que la mayor altura de plantas se obtuvo al aplicar gallinaza en la dosis de 4000 kg/ha y urea en dosis de 75 kg/ha y en una segunda categoría se encuentra gallinaza en dosis de 2000 kg/ha y urea en dosis de 50 kg/ha.

Cuadro 11. Pruebas de medias **Tukey** para los factores **A** y **B**, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en la altura de plantas de jengibre.

Factor A	TUKEY	Factor B	TUKEY
Gallinaza (4000 kg/ha)	A	Urea (75 kg/ha)	A
Gallinaza (2000 kg/ha)	B	Urea (50 kg/ha)	B
Gallinaza (0 kg/ha)	C	Urea (25 kg/ha)	C
		Urea (0 kg/ha)	D

En la **Figura 4**, se puede observar el comportamiento para cada unos de los tratamientos. Se nota un comportamiento ascendente en el promedio de alturas desde el inicio hasta el final o sea de la dosis mas baja a la mas alta, incluso se puede mantener la misma tendencia si la dosis fuera superior a 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea.

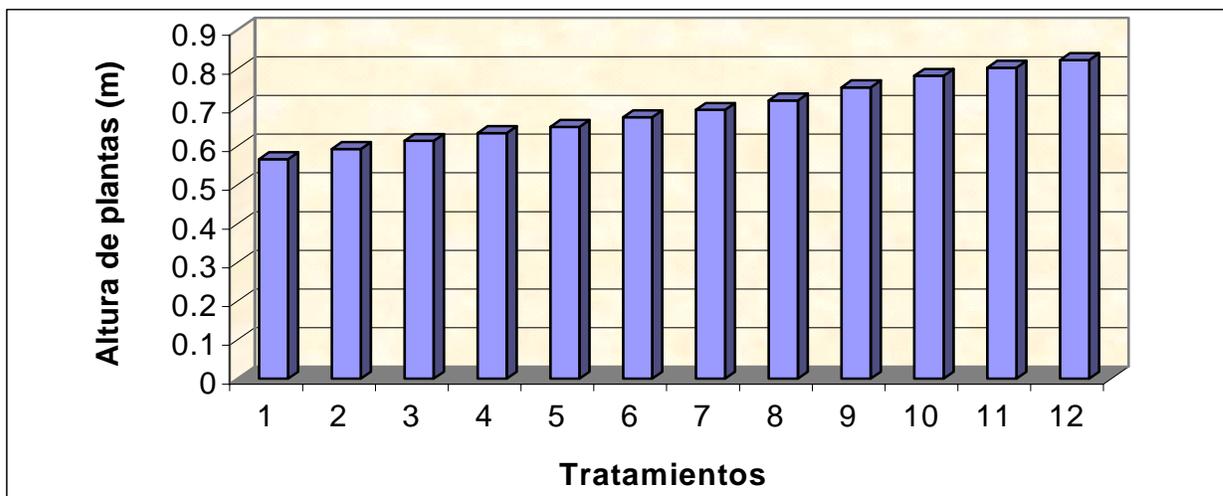


Figura 4. Promedio de la altura de plantas por tratamiento, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (*Zingiber officinale R.*).

7.3 NUMERO DE HIJUELOS

Se realizaron dos tomas de datos para determinar el número de hijuelos por planta de jengibre, la primera a los 3.5 meses después de la siembra y la segunda a los 7 meses. En el **Cuadro 12**, se presentan los resultados obtenidos, encontrándose que al aplicar 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea se obtuvo la mayor media de hijuelos por planta (17.97), mientras que el testigo, sin ninguna aplicación fue el que presentó el más bajo promedio de hijuelos con 5.33.

Cuadro 12. Promedio del número de hijuelos, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en el cultivo del jengibre (*Zingiber officinale R.*).

TRATAMIENTOS			MEDIA
A1	B1	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	5.33
A1	B2	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	6.10
A1	B3	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	7.10
A1	B4	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	8.03
A2	B1	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	12.10
A2	B2	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	12.46
A2	B3	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	14.20
A2	B4	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	15.50
A3	B1	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	14.46
A3	B2	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	15.26
A3	B3	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	16.53
A3	B4	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	17.97

El **Cuadro 13**, presenta el Análisis de varianza para la variable número de hijuelos, encontrándose que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, pero no así en la interacción (**A x B**). A los factores **A** y **B** se les realizó una prueba de medias **Tukey** para determinar el o los mejores tratamientos.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable número de hijuelos, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (*Zingiber officinale R.*).

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Repeticiones	2	35.6422222	17.8211111	150.13	0.0001
Factor: Gallinaza (A)	2	571.3505556	285.6752778	28.15 **	0.0044
Error (A)	4	40.5877778	10.1469444	85.48	0.0001
Factor: Urea (B)	3	54.8311111	18.2770370	153.97 **	0.0001
Interacción (A*B)	6	1.2072222	0.2012037	1.70 <i>N.S.</i>	0.1796
Error (B)	18	2.1366667	0.1187037		
Total	35	705.7555556			

Al efectuar la prueba de comparación múltiple de medias **Tukey**, cuyos resultados aparecen en el **Cuadro 14**, observamos que, estadísticamente, el mayor número de hijuelos se obtienen aplicando 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, mientras que la menor cantidad de hijuelos se obtuvo al no aplicar gallinaza y urea.

Cuadro 14. Pruebas de medias **Tukey** para los factores **A** y **B**, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en la altura de plantas de jengibre.

Factor A	TUKEY	Factor B	TUKEY
Gallinaza (4000 kg/ha)	A	Urea (75 kg/ha)	A
Gallinaza (2000 kg/ha)	B	Urea (50 kg/ha)	B
Gallinaza (0 kg/ha)	C	Urea (25 kg/ha)	C
		Urea (0 kg/ha)	D

En la siguiente gráfica (**Figura 5**), se observa un comportamiento ascendente de cada uno de los factores. A medida que se incrementa la dosis de gallinaza se incrementa el número de hijuelos, lo mismo ocurre con la dosis de urea aplicada ya que al aumentar la misma existe una mejor respuesta en la cantidad de hijuelos.

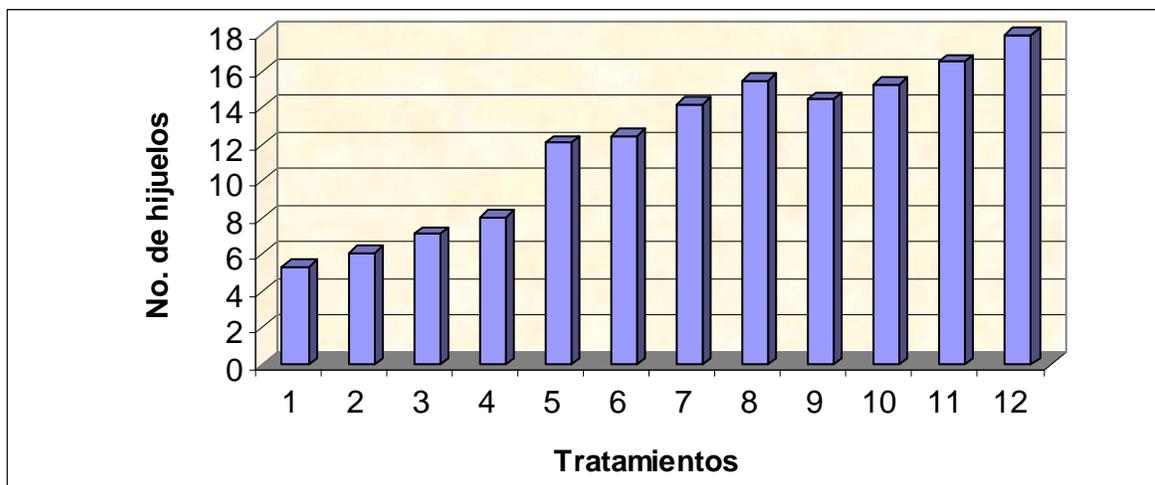


Figura 5. Promedio del número de hijuelos por tratamiento, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (*Zingiber officinale R.*).

7.4 RENDIMIENTO EN kg/ha

En el **Cuadro 24A**, se presentan los resultados que corresponden al rendimiento de jengibre en peso fresco en kg/ha. El material obtenido (rizoma) fue secado en hornos a una temperatura de 70 °C por 4 días, para obtener el rendimiento en peso seco (**Cuadro 15**).

En el **cuadro 15**, donde se puede observar que, el mayor rendimiento en peso seco se obtuvo, al aplicar 2000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, en donde hubo un incremento de 598.63 kg/ha de jengibre, posteriormente con una dosificación de 2000 kg/ha y 25 kg/ha de urea, se obtuvo un rendimiento similar de 597.34 kg/ha, no así en el testigo o sin aplicación, que fue de 409.92 kg/ha.

Investigaciones realizadas anteriormente como, Miranda (1989) (21), evaluando 4 niveles de nitrógeno y fósforo y 3 distanciamientos de siembra entre plantas en Guatemala, concluyó que, bajo condiciones de alta precipitación pluvial y textura gruesa del suelo, la aplicación de niveles de nitrógeno y fósforo no tienen efecto significativo sobre el rendimiento de jengibre fresco, el cual fue de 6.17, 6.98 y 11.06 toneladas métricas por hectárea (tm/ha) a distancias de 0.7 m entre surcos y 0.5, 0.4 y 0.25 m sobre surcos respectivamente. Posteriormente, Corado (1991) (8), evaluó el efecto sobre el rendimiento de jengibre utilizando cuatro enmiendas orgánicas (estiércol vacuno, bagazo de citronela, gallinaza y pulpa de café) en tres dosis (5, 10, 20 tm/ha). Concluyendo que el mayor rendimiento de rizomas (10,075.82 kg/ha) se obtuvo aplicando 20 tm/ha de estiércol vacuno.

En donde se puede concluir que al aplicar materia orgánica y un fertilizante inorgánico principalmente nitrógeno, se obtienen buenos resultados. Tal es el caso al aplicar gallinaza en dosis de 2000 kg/ha y 75 kg/ha de urea, en donde se obtuvo un rendimiento de 10,539.05 kg/ha en peso fresco.

No son recomendados los suelos arenosos muy gruesos y arcillosos muy compactos, ya que contribuyen a que la plantación no se desarrolle bien y en consecuencia se obtengan rizomas en cantidad y peso limitados. Los mejores suelos para el cultivo de jengibre son los de tipo húmífero, que sean sueltos y ricos en materia orgánica.

Cuadro 15. Rendimiento promedio en peso seco (kg/ha), evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en el rendimiento de jengibre (*Zingiber officinale R.*).

TRATAMIENTOS			MEDIA
A1	B1	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	409.92
A1	B2	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	512.99
A1	B3	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	491.54
A1	B4	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	470.42
A2	B1	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	502.99
A2	B2	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	597.34
A2	B3	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	522.67
A2	B4	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	598.63
A3	B1	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	469.90
A3	B2	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	525.76
A3	B3	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	550.67
A3	B4	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	556.62

El **Cuadro 16**, presenta los resultados del análisis de varianza efectuado, encontrando que únicamente existen diferencias estadísticas en el factor **A** (gallinaza) al cual se le realizó una prueba de medias **Tukey**.

Cuadro 16. Análisis de varianza para el rendimiento en peso seco, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (*Zingiber officinale R.*).

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Repeticiones	2	3039.21844	1519.60922	0.18	0.8398
Factor: Gallinaza (A)	2	43763.70634	21881.85317	33.97 **	0.0031
Error (A)	4	2576.95528	644.23882	0.07	0.9890
Factor: Urea (B)	3	41286.36997	13762.12332	1.60 <i>N.S.</i>	0.2250
Interacción (A*B)	6	12873.88775	2145.64796	0.25 <i>N.S.</i>	0.9534
Error (B)	18	155119.9051	8617.7715		
Total	35	258660.0429			

En el **Cuadro 17**, se observa que al aplicar 2000 kg/ha de gallinaza se obtiene el más alto rendimiento en peso seco de jengibre (555.408 kg/ha), así mismo al aplicar gallinaza en dosis de 4000 kg/ha se obtiene un rendimiento también significativo (525.738 kg/ha).

Cuadro 17. Rendimiento promedio en peso seco, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (*Zingiber officinale R.*).

FUENTE	MEDIA	TUKEY
Gallinaza (2000 kg/ha)	555.41	A
Gallinaza (4000 kg/ha)	525.74	A
Gallinaza (0 kg/ha)	471.22	B

En la **Figura 6**, se observa de forma gráfica, que el rendimiento en peso seco obtenido no se da de manera ascendente, ya que al no aplicarle gallinaza al cultivo de jengibre se obtuvo el mas bajo rendimiento (409.92 kg/ha); mientras que, al aplicarle alguna dosis de gallinaza y urea, el rendimiento en peso seco se incrementó notablemente, encontrando que, la dosis de 2000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, presentó el más alto rendimiento (598.63 kg/ha).

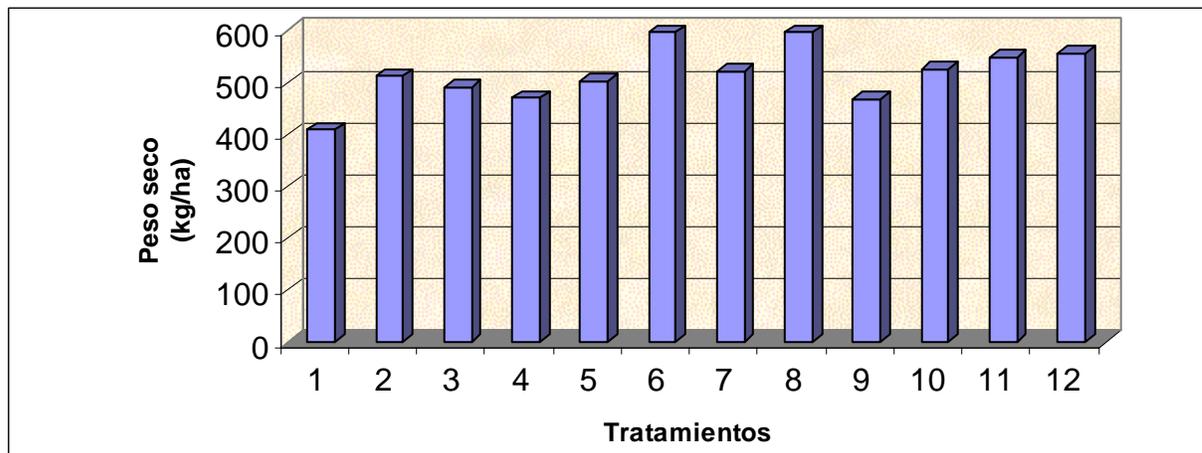


Figura 6. Promedio del rendimiento en peso seco por tratamiento, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizante en jengibre (*Zingiber officinale R.*).

7.5 ANALISIS ECONOMICO

Para poder identificar que tratamiento proporcionó mayor beneficio económico, se procedió a calcular la Tasa Marginal de Retorno (TMR), utilizando el método del presupuesto parcial y el análisis de dominancia.

Los costos que varían (**Cuadro 18**), se obtuvieron sumando los costos por tratamiento, los costos de semilla y el costo de mano de obra.

Cuadro 18. Descripción del costo variable por tratamiento, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de Jengibre (*Zingiber officinale R.*).

Trat.	Descripción	Costo/Trat. (Q)	Costo de semilla (Q)	Mano de obra (Q)	C.V. (Q)
1	<i>Gallinaza (0 Kg/ha) Urea (0 Kg/ha)</i>	0.00	0.00	1,505.00	1,505.00
2	<i>Gallinaza (0 Kg/ha) Urea (25 Kg/ha)</i>	55.00	6,600.00	1,680.00	8,335.00
3	<i>Gallinaza (0 Kg/ha) Urea (50 Kg/ha)</i>	110.00	6,600.00	1,785.00	8,495.00
4	<i>Gallinaza (0 Kg/ha) Urea (75 Kg/ha)</i>	165.00	6,600.00	1,890.00	8,655.00
5	<i>Gallinaza (2000 Kg/ha) Urea (0 Kg/ha)</i>	440.00	6,600.00	1,995.00	9,035.00
6	<i>Gallinaza (2000 Kg/ha) Urea (25 Kg/ha)</i>	495.00	6,600.00	2,170.00	9,265.00
7	<i>Gallinaza (2000 Kg/ha) Urea (50 Kg/ha)</i>	550.00	6,600.00	2,275.00	9,425.00
8	<i>Gallinaza (2000 Kg/ha) Urea (75 Kg/ha)</i>	605.00	6,600.00	2,345.00	9,550.00
9	<i>Gallinaza (4000 Kg/ha) Urea (0 Kg/ha)</i>	880.00	6,600.00	2,485.00	9,965.00
10	<i>Gallinaza (4000 Kg/ha) Urea (25 Kg/ha)</i>	935.00	6,600.00	2,660.00	10,195.00
11	<i>Gallinaza (4000 Kg/ha) Urea (50 Kg/ha)</i>	990.00	6,600.00	2,765.00	10,335.00
12	<i>Gallinaza (4000 Kg/ha) Urea (75 Kg/ha)</i>	1045.00	6,600.00	2,835.00	10,480.00

El Cuadro 19, presenta el presupuesto parcial, donde el beneficio bruto es el producto entre el rendimiento en kg/ha de peso seco de jengibre y el precio de venta en el mercado que fue de Q 8.05 por 55 g, y el precio del producto fresco/Lb en el mercado fue de Q 6.00 a 7.00 de producto comercial, la diferencia entre el **beneficio bruto** y los **costos variables** proporciona el **Beneficio Neto** por cada tratamiento.

Cuadro 19. Presupuesto Parcial y Beneficio Neto por cada tratamiento, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de Jengibre (*Zingiber officinale R.*).

Trat.	Descripción	Peso seco (kg/ha)	Precio de venta (Q/kg)	Ingreso bruto (Q)	Costo Variable (Q)	Ingreso Neto (Q)
1	<i>Gallinaza (0 Kg/ha)</i> <i>Urea (0 Kg/ha)</i>	409.92	144.90	59,396.93	1,505.00	57,891.93
2	<i>Gallinaza (0 Kg/ha)</i> <i>Urea (25 Kg/ha)</i>	512.99	144.90	74,331.77	8,335.00	65,996.77
3	<i>Gallinaza (0 Kg/ha)</i> <i>Urea (50 Kg/ha)</i>	491.54	144.90	71,224.15	8,495.00	62,729.15
4	<i>Gallinaza (0 Kg/ha)</i> <i>Urea (75 Kg/ha)</i>	470.42	144.90	68,164.34	8,655.00	59,509.34
5	<i>Gallinaza (2000 Kg/ha)</i> <i>Urea (0 Kg/ha)</i>	502.99	144.90	72,883.73	9,035.00	63,848.73
6	<i>Gallinaza (2000 Kg/ha)</i> <i>Urea (25 Kg/ha)</i>	597.34	144.90	86,554.08	9,265.00	77,289.08
7	<i>Gallinaza (2000 Kg/ha)</i> <i>Urea (50 Kg/ha)</i>	522.67	144.90	75,735.37	9,425.00	66,310.37
8	<i>Gallinaza (2000 Kg/ha)</i> <i>Urea (75 Kg/ha)</i>	598.63	144.90	86,741.00	9,550.00	77,191.00
9	<i>Gallinaza (4000 Kg/ha)</i> <i>Urea (0 Kg/ha)</i>	469.90	144.90	68,088.99	9,965.00	58,123.99
10	<i>Gallinaza (4000 Kg/ha)</i> <i>Urea (25 Kg/ha)</i>	525.76	144.90	76,182.62	10,195.00	65,987.62
11	<i>Gallinaza (4000 Kg/ha)</i> <i>Urea (50 Kg/ha)</i>	550.67	144.90	79,792.08	10,335.00	69,457.08
12	<i>Gallinaza (4000 Kg/ha)</i> <i>Urea (75 Kg/ha)</i>	556.62	144.90	80,653.76	10,480.00	70,173.76

Para el Análisis de Dominancia (**Cuadro 20**), de los tratamientos se ordenaron los valores de mayor a menor del **Costo Variable** de cada tratamiento, con su respectivo **Beneficio Neto**, posteriormente se procedió a comparar cada uno de los mismos para determinar los **Dominados** y los **No Dominados**.

Cuadro 20. Análisis de Dominancia para los tratamientos, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de Jengibre (*Zingiber officinale R.*).

Trat.	Descripción	Ingreso neto (Q)	Costo variable (Q)
6	Gallinaza (2000 Kg/ha) Urea (25 Kg/ha)	77,289.08	9,265.00 ND
8	Gallinaza (2000 Kg/ha) Urea (75 Kg/ha)	77,191.00	9,550.00 ND
12	Gallinaza (4000 Kg/ha) Urea (75 Kg/ha)	70,173.76	10,480.00 ND
11	Gallinaza (4000 Kg/ha) Urea (50 Kg/ha)	69,457.08	10,335.00 D
7	Gallinaza (2000 Kg/ha) Urea (50 Kg/ha)	66,310.37	9,425.00 D
2	Gallinaza (0 Kg/ha) Urea (25 Kg/ha)	65,996.77	8,335.00 D
10	Gallinaza (4000 Kg/ha) Urea (25 Kg/ha)	65,987.62	10,195.00 D
5	Gallinaza (2000 Kg/ha) Urea (0 Kg/ha)	63,848.73	9,035.00 D
3	Gallinaza (0 Kg/ha) Urea (50 Kg/ha)	62,729.15	8,495.00 D
4	Gallinaza (0 Kg/ha) Urea (75 Kg/ha)	59,509.34	8,655.00 D
9	Gallinaza (4000 Kg/ha) Urea (0 Kg/ha)	58,123.99	9,965.00 D
1	Gallinaza (0 Kg/ha) Urea (0 Kg/ha)	57,891.93	1,505.00 D

Posteriormente utilizando los tratamientos **No Dominados**, se procedió a realizar el análisis marginal a través del cual se obtiene la Tasa Marginal de Retorno (**Cuadro 21**).

Cuadro 21. Tasa Marginal de Retorno para las condiciones **No Dominadas** de los tratamientos, evaluando el efecto de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de jengibre (*Zingiber officinale R.*).

Tratamientos	Ingreso neto (Q)	Costo variable (Q)	Δ I.N. (Q)	Δ C.V. (Q)	TMR
6	77,289.08	9,265.00	98.08	285.00	34.41 %
8	77,191.00	9,550.00	7,017.24	930.00	754.54 %
12	70,173.76	10,480.00			

La Tasa Marginal de Retorno más alta fue de 754.54 %, que corresponde al tratamiento gallinaza 2000 kg/ha y urea 75 kg/ha, la cual indica que por cada quetzal que se invierta se espera recobrar ese mismo quetzal y adicionalmente Q 7.54.

8. CONCLUSIONES

1. La aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el cultivo del jengibre como fuentes de fertilizante, produjo efectos significativos sobre el número de hijuelos, ya que la mayor cantidad (17.97) se obtuvo aplicando 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, mientras que, el menor número (5.33) se obtuvo al no aplicar gallinaza y urea. Además, se da un comportamiento ascendente en cuanto a fuente, dosis y número de hijuelos, ya que a medida que se incrementa la dosis de gallinaza y urea, se incrementa el número de hijuelos.
2. La mayor altura de plantas de jengibre se obtuvo al aplicar 4000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea (0.823m), y el tratamiento más cercano fue el de 4000 kg/h de gallinaza y 50 kg/ha de urea, el cual reportó una altura media de (0.803m). Así mismo existen diferencias estadísticas entre los tratamientos pero no en la interacción de los mismos.
3. El mayor rendimiento de jengibre en peso seco se obtuvo aplicando 2000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, el cual fue de 598.63 kg/ha a un costo de Q 9,550.00 y un ingreso neto de Q 77,191.00; mientras que, el mas bajo rendimiento 409.92 kg/ha se obtuvo al no aplicarle ninguna dosis de fertilizantes orgánico.
4. La evaluación económica determinó que, al aplicar 2000 kg/ha de gallinaza y 75 kg/ha de urea, se obtiene la Tasa Marginal de Retorno mas alta (754.54 %), la cual indica que por cada quetzal que se invierta se espera recobrar ese mismo quetzal y adicionalmente Q 7.54.

9. RECOMENDACIONES

- 1.** En las condiciones en las que se llevó a cabo la investigación, se recomienda utilizar para la producción de jengibre en peso seco, gallinaza en una dosis de 2000 kg/ha y urea en la dosis de 75 kg/ha, ya que se obtiene un beneficio neto de Q 77,191.00 por hectárea de jengibre cultivado.
- 2.** Evaluar dosificaciones de material orgánico (gallinaza) y fósforo, magnesio, hierro como material inorgánico para determinar un mejor rendimiento en peso seco de jengibre por hectárea.
- 3.** Con base a los resultados y a los análisis estadísticos practicados, se recomienda la utilización de mayores dosis de fuentes orgánicas e inorgánicas para determinar si existe o no un mayor rendimiento de jengibre por hectárea en peso seco y a un menor costo.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Aclan, F.; Quisumbing, EC. 1976. Fertilizer requirements, mulch light attenuation on the yield and quality of ginger. *Philippine Agriculturist (Filipinas)* 60(5/6):183-191
2. ASOCIACIÓN DE AGRICULTORES DE EL ARISCO (GT). 1989. Potencial comercial del cultivo de jengibre en Guatemala. Guatemala. 12 p.
3. Banco de Guatemala. 1965. Apuntes sobre jengibre (*Zingiber officinale* R.). Informe Económico (GT). 12(3):45-43.
4. Banco de Guatemala. 1967. Situación de la avicultura. Informe Estadístico (GT) 14(2):23-46.
5. CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos orgánicos; manual metodológico de evaluación económica. México. 79 p.
6. Conconha Chet, FE. 1995. Evaluación de niveles de nitrógeno, fósforo y gallinaza sobre el rendimiento de hierba mora (*Solanum* sp), en San Juan Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
7. Cooke, CN. 1995. Fertilizantes y sus usos. Trad. por Alonso Blackoller Valdez. 2 ed. México, Continental. 180 p.
8. Corado Arana, FF. 1991. Evaluación del efecto de cuatro enmiendas orgánicas, como fertilizante en el rendimiento de jengibre (*Zingiber officinale* R.), El Asintal, Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 61 p.
9. Cruz, JR de la 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala. 42 p.
10. DIGESA (Dirección General de Servicios Agrícolas, GT). 1984. La gallinaza como abono. Guatemala. 20 p.
11. Dirección General de Reforma Agraria y Cooperativización, NI. s.f. Normas técnicas para el cultivo de jengibre (*Zingiber officinale* R.). Nicaragua. 20 p.
12. Donahue, RL. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Englewood Cliffs, USA, Prentice Hall International. 624 p.
13. Fassbender, HW. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA. 398. p.
14. Flores Auceda, CA. 1981. Estudio agrológico a nivel detallado de la finca Bulbuxya, San Miguel Panán. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 86 p.

15. Harry, O.; Buckman Yinle, C.; Brady, C. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. por R. Salord Barceló. Barcelona. Madrid, Montaner y Simón. 590 p
16. León, J. 1968. Fundamento botánico de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, IICA. p. 122-124.
17. Loma, JL. de la 1949. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. México, Hispanoamericana. 549 p.
18. Maistre, J. 1969. Las plantas de 22 especies; técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, BLUME. p. 21-56.
19. Manual de fertilidad de los suelos. 1988. Canadá, Foundation for Agronomic Research. 84 p.
20. Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR. 1984. Jengibre (*Zingiber officinale* R.). Costa Rica. Boletín Técnico no. 62. p. 93-95.
21. Miranda Salazar, JL. 1989. Evaluación de tres distanciamientos de siembra entre plantas y cuatro niveles de nitrógeno y fósforo en jengibre (*Zingiber officinale* R.), El Asintal, Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 51 p.
22. Palencia Ortiz, J. 1975. Programa de nutrición vegetal; informe anual. Guatemala, Instituto Nacional Forestal . 123 p.
23. Parthasarathy, VA.; Ramana, KV. 2003. Ginger nutrition (en línea). USA, Indian Institute of Spices Research. 3 p. Consultado en 13 feb 2003. Disponible en www.iisr.org.
24. Piza, E. s.f. El cultivo de jengibre en Costa Rica. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Departamento de Fitopatología. 23 p.
25. Rusell, R. 1964. Producción de tomate en Guatemala. Trad. por Miguel A. Ponciano. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 23 p.
26. Sacbajá G, OA. 1991. Evaluación de tres fuentes de materia orgánica con diferentes relaciones carbono: nitrógeno, con cuatro niveles de nitrógeno de compensación en trigo (*Triticum aestivum* L.) en Tecpán Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 49 p.
27. Samayoa, E. 1998. Tasa marginal de retorno. Guatemala, Agro, Boletín Técnico no. 4, 5 p.
28. Simmons, CH.; Tarano, JM.; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
29. Solórzano González, R. 1994. Fertilización orgánica. 3 ed. Guatemala, Altertec. 243 p.
30. Teuscher, H.; Adler, R. 1965. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera. México, Continental. 510 p.
31. Tisdale , S. L.; Nelson, W. L. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, España, Montaner y Simon. 78-99 p.

32. Tobías Vásquez, MR. 1994. Evaluación de la fertilidad de los suelos del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxya cultivados con caña de azúcar (*Sacharum officinarum*_L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 49 p.
33. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad Agronomía. 1989. Políticas de investigación del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxya de la Facultad de Agronomía. Guatemala. 23 p.
34. Worthen, EL. 1949. Suelos agrícolas; su conservación y fertilización. Trad. por José Luis Loma. México, UTHEA. 463 p.
35. Worthen, EL.; Aldrich, SR. 1967. Suelos agrícolas: su conservación y fertilización. Trad. por José Luis de la Loma. 2 ed. México, UTHEA. 326 p.

11. ANEXOS

Cuadro 22A. Altura de plantas (m) de jengibre (*Zingiber officinale R.*) de los tratamientos evaluados. San Miguel Panán, Suchitepéquez, 2003.

TRATAMIENTOS			REPETICIONES			MEDIA
			<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	
A1	B1	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	0.537	0.582	0.583	
A1	B2	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	0.555	0.612	0.612	
A1	B3	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	0.575	0.637	0.629	
A1	B4	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	0.591	0.662	0.648	
			0.5645	0.62325	0.618	0.602
A2	B1	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	0.664	0.655	0.631	
A2	B2	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	0.687	0.682	0.655	
A2	B3	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	0.712	0.694	0.676	
A2	B4	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	0.734	0.723	0.698	
			0.69925	0.6885	0.665	0.684
A3	B1	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	0.722	0.762	0.773	
A3	B2	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	0.75	0.797	0.799	
A3	B3	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	0.768	0.82	0.82	
A3	B4	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	0.791	0.845	0.834	
			0.75775	0.806	0.8065	0.790

Cuadro 23A. Número de hijuelos de jengibre (*Zingiber officinale R.*) de los tratamientos evaluados. San Miguel Panán, Suchitepéquez, 2003.

TRATAMIENTOS			REPETICIONES			MEDIA
			<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	
A1	B1	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	5.8	5.2	5	
A1	B2	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	6.7	6.3	5.3	
A1	B3	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	7.8	7.3	6.2	
A1	B4	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	8.7	8.1	7.3	
			7.25	6.725	5.95	6.642
A2	B1	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	10	13	13.3	
A2	B2	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	9	14.2	14.2	
A2	B3	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	11.4	15.5	15.7	
A2	B4	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	12.7	16.7	17.1	
			10.775	14.85	15.075	13.567
A3	B1	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	13	16.2	14.2	
A3	B2	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	13.4	17.1	15.3	
A3	B3	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	14.6	18.3	16.7	
A3	B4	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	15.9	19.7	18.3	
			14.225	17.825	16.125	16.058

Cuadro 24A. Rendimiento en peso fresco (kg/ha) de jengibre (*Zingiber officinale R.*) en los tratamientos evaluados. San Miguel Panán, Suchitepéquez, 2003.

TRATAMIENTOS			REPETICIONES		
			<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
A1	B1	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	5,134.29	5,674.86	5,404.76
A1	B2	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	4,864.76	6,485.71	6,215.52
A1	B3	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	5,929.52	5,945.24	4,864.29
A1	B4	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	4,594.09	5,566.67	6,215.24
A2	B1	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	5,134.29	6,485.71	5,944.76
A2	B2	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	5,234.29	8,927.9	7,836.19
A2	B3	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	6,756.19	7,026.19	4,323.81
A2	B4	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	10,539.05	5,404.76	6,485.71
A3	B1	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	4,053.62	4,864.29	5,404.76
A3	B2	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	6,756.19	7,566.67	5,945.24
A3	B3	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	5,404.76	6,215.52	6,756.19
A3	B4	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	6,756.19	6,485.71	7,566.67

Cuadro 25A. Rendimiento en peso seco (kg/ha) de jengibre (*Zingiber officinale R.*) en los tratamientos evaluados. San Miguel Panán, Suchitepéquez, 2003.

TRATAMIENTOS			REPETICIONES			MEDIA
			<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	
A1	B1	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	372.31	465.8	391.64	
A1	B2	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	500.16	602.32	436.48	
A1	B3	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	515.44	469.68	489.5	
A1	B4	Gallinaza (0 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	513.04	424.67	473.56	
			475.2375	490.6175	447.795	471.217
A2	B1	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	491.65	549.22	468.11	
A2	B2	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	472.66	610.33	709.02	
A2	B3	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	520.47	617.76	429.79	
A2	B4	Gallinaza (2000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	748.08	495.78	552.02	
			558.215	568.2725	539.735	555.408
A3	B1	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (0 kg/ha)	409.98	489.75	509.98	
A3	B2	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (25 kg/ha)	588.11	495.95	493.22	
A3	B3	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (50 kg/ha)	655.34	510.06	486.61	
A3	B4	Gallinaza (4000 kg/ha) mas Urea (75 kg/ha)	429.87	609.17	630.81	
			520.825	526.2325	530.155	525.738

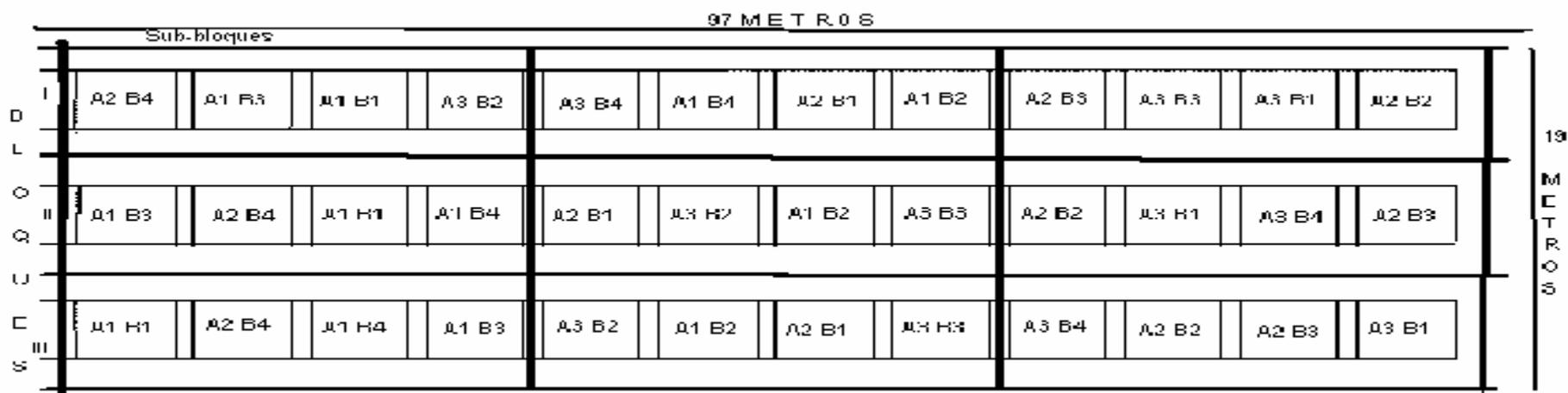
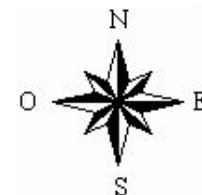


Figura 7A: Tamaño y arreglo de los tratamientos en el campo.

Aleatorización de los tratamientos.

Org.	Inorg.	Org.	Inorg.	Org.	Inorg.
A1B1 = 0.....0		A2B1 = 2000.....0		A3B1 = 4000.....0	
A1B2 = 0.....25		A2B2 = 2000.....25		A3B2 = 4000.....25	
A1B3 = 0.....50		A2B3 = 2000.....50		A3B3 = 4000.....50	
A1B4 = 0.....75		A2B4 = 2000.....75		A3B4 = 4000.....75	

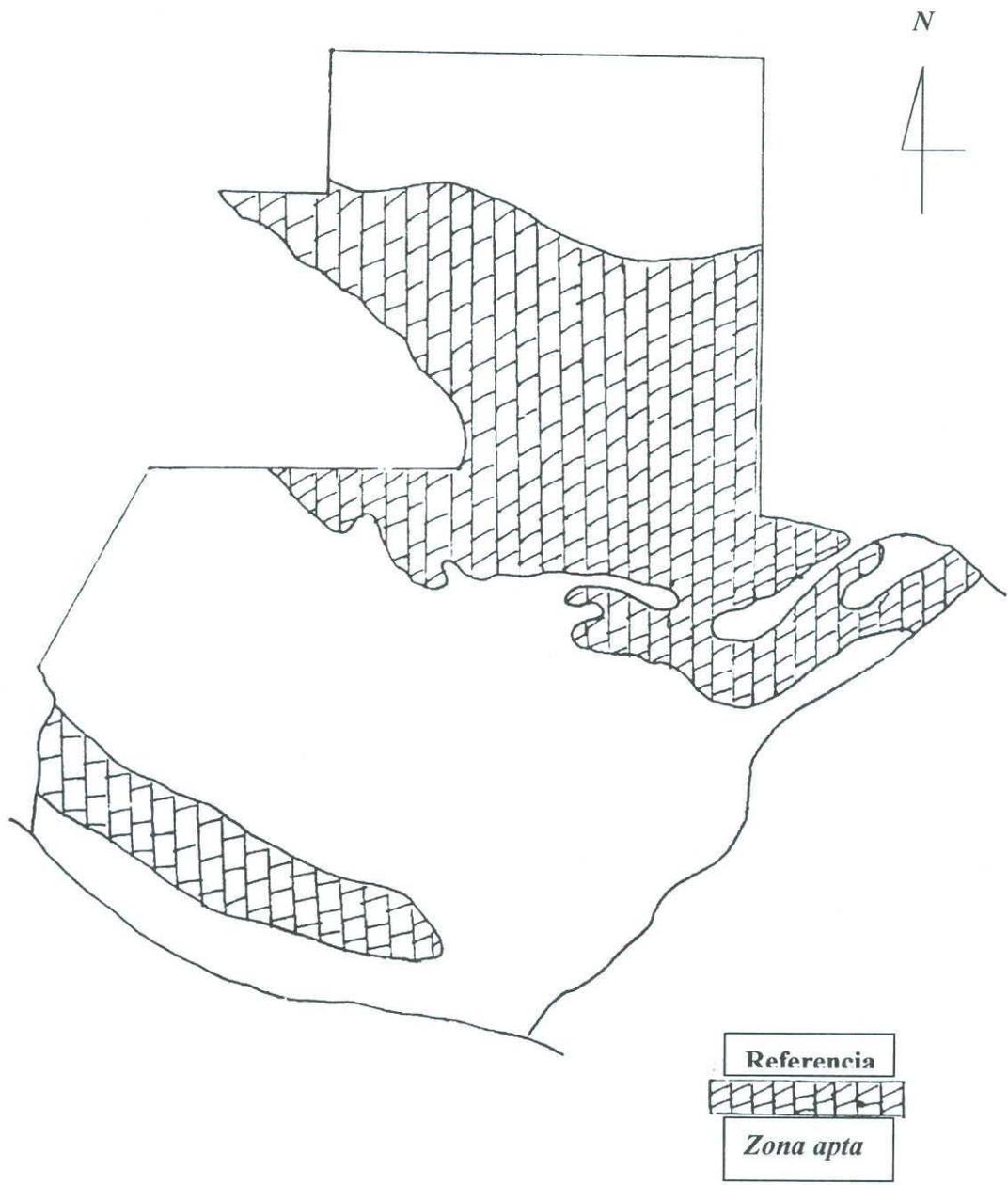


Figura.8A . Zona ecológica apta para el cultivo de jengibre en Guatemala.

RESULTADOS DE PRUEBAS ESTADISTICAS, PROGRAMA SAS

Analysis of Variance Procedure

Dependent Variable: ALTURA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	0.00652717	0.00326358	154.39	0.0001
A	2	0.21354467	0.10677233	40.08 **	0.0023
ERROR (A)	4	0.01065567	0.00266392	126.02	0.0001
B	3	0.02304586	0.00768195	363.40 **	0.0001
A*B	6	0.00004689	0.00000781	0.37 N.S.	0.8887
Error (B)	18	0.00038050	0.00002114		
Corrected Total	35	0.25420075			

R-Square	C.V.	Root MSE	ALTURA Mean
0.998503	0.664328	0.004598	0.69208333

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: ALTURA

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	0.79008	12	A3
B	0.68425	12	A2
C	0.60192	12	A1

Tukey Grouping	Mean	N	B
A	0.72511	9	B4
B	0.70344	9	B3
C	0.68322	9	B2
D	0.65656	9	B1

Dependent Variable: HIJUELOS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	35.6422222	17.8211111	150.13	0.0001
A	2	571.3505556	285.6752778	28.15 **	0.0044
ERROR (A)	4	40.5877778	10.1469444	85.48	0.0001
B	3	54.8311111	18.2770370	153.97 **	0.0001
A*B	6	1.2072222	0.2012037	1.70 NS	0.1796
Error (B)	18	2.1366667	0.1187037		
Corrected Total	35	705.7555556			

R-Square	C.V.	Root MSE	HIJUELOS Mean
0.996973	2.850006	0.344534	12.0888889

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: HIJUELOS

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	16.058	12	A3
B	13.567	12	A2
C	6.642	12	A1

Tukey Grouping	Mean	N	B
A	13.833	9	B4
B	12.611	9	B3
C	11.278	9	B2
D	10.633	9	B1

Dependent Variable: RENDIMIENTO EN PESO SECO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	3039.21844	1519.60922	0.18	0.8398
A	2	43763.70634	21881.85317	33.97 **	0.0031
ERROR (A)	4	2576.95528	644.23882	0.07	0.9890
B	3	41286.36997	13762.12332	1.60 N.S.	0.2250
A*B	6	12873.88775	2145.64796	0.25 N.S.	0.9534
Error (B)	18	155119.9051	8617.7725		
Corrected Total	35	258660.0429			

R-Square	C.V.	Root MSE	REND Mean
0.400294	17.94014	92.83196	517.453889

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	555.41	12	A2
A	525.74	12	A3
B	471.22	12	A1

AREA DEL CULTIVO DE JENGIBRE



Figura 10 A. Cultivo de jengibre.