

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EFFECTO DE TRES NIVELES DE ZEOLITA EN COMBINACIÓN CON UNA FUENTE DE
NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL DE GRANO NEGRO EN SAN MANUEL
CHAPARRÓN, JALAPA
TESIS DE GRADO

JENNIFER ADALY CORDERO MOREIRA
CARNET 22413-08

JUTIAPA, AGOSTO DE 2018
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EFFECTO DE TRES NIVELES DE ZEOLITA EN COMBINACIÓN CON UNA FUENTE DE
NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL DE GRANO NEGRO EN SAN MANUEL
CHAPARRÓN, JALAPA
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
JENNIFER ADALY CORDERO MOREIRA

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA

JUTIAPA, AGOSTO DE 2018
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. HENRY DEMETRIO RIVERA CARRILLO
ING. HECTOR HUGO RUANO SOLIS
ING. RONI OSMAN CARRILLO AGUILAR

Guatemala, Agosto de 2018

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros de la comisión:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación de la estudiante Jennifer Adaly Cordero Moreira, Carné 22413-08, titulada: **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES NIVELES DE ZEOLITA EN COMBINACION CON UNA FUENTE DE NITROGENO EN LA PRODUCCION DE FRIJOL DE GRANO NEGRO SAN MANUEL CHAPARRÓN, JALAPA.**

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



MGTR. Erberto Raúl Alfaro Ortiz.
Colegiado No. 1700
Código URL. 21767



Universidad
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06994-2018

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante JENNIFER ADALY CORDERO MOREIRA, Carnet 22413-08 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 06143-2018 de fecha 25 de agosto de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DE TRES NIVELES DE ZEOLITA EN COMBINACIÓN CON UNA FUENTE DE NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL DE GRANO NEGRO EN SAN MANUEL CHAPARRÓN, JALAPA

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 30 días del mes de agosto del año 2018.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

Mis padres por su apoyo y amor incondicional.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Erberto Raúl Alfaro Ortiz, por su asesoría revisión y corrección de la presente investigación.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), por brindarme el apoyo necesario para desarrollar la presente investigación.

Ing. Domingo Filiberto Castillo Monterroso, por su asesoría y apoyo incondicional en la presente investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quien siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de mi vida y me bendice con sabiduría.

Mi mamá: Janeth Moreira, por su inmenso amor, su esfuerzo incansable, su tiempo, sus consejos, sus oraciones, por creer en mí y ser mi mayor motivación.

Mi papá: Juan Francisco Cordero, por su ejemplo de lucha, su esfuerzo, su amor y su apoyo incondicional en mi educación.

Mi familia:

Abuelita Tita, por su inmenso amor, Taty, mis tíos por su apoyo incondicional, primos y toda mi familia por su cariño y consejos.

Mi hermana y sobrinos:

Glendy Cordero, Luis Emiliano y Luis Adrián, que los amo mucho, por ser mi alegría y motivación constante de superación.

Mis compañeros de promoción y amigos:

Por su amistad, apoyo incondicional y por los momentos que hemos compartido.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 CULTIVO DE FRIJOL.....	2
2.1.1 Origen y distribución geográfica.....	2
2.1.2 Importancia económica del frijol.....	2
2.1.3 Producción nacional de frijol.....	3
2.1.4 Valor nutricional.....	3
2.1.5 Descripción botánica.....	4
2.1.6 Semillas.....	4
2.1.7 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.....	5
2.1.7.1 Temperatura.....	5
2.1.7.2 Luminosidad.....	5
2.1.7.3 Humedad Relativa.....	5
2.1.7.4 Suelo.....	5
2.1.7.5 pH.....	5
2.1.8 REQUERIMIENTO NUTRICIONAL.....	6
2.1.9 COMPONENTE DE RENDIMIENTO.....	6
2.2 IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN.....	6
2.2.1 NITRÓGENO.....	7
2.2.2 Síntomas de deficiencia.....	7
2.2.3 Requerimientos de nitrógeno.....	8
2.2.4 Papel nutricional del nitrógeno.....	9
2.3 FERTILIZACIÓN QUÍMICA CON NITRÓGENO EN EL FRIJOL.....	9
2.4 FUENTES NITROGENADAS.....	10
2.4.1 UREA (46% N) CO (NH ₂) ₂	10
2.4.1.1 Comportamiento en el suelo.....	10
2.4.1.2 Usos y recomendaciones.....	10
2.4.1.3 Compatibilidad y estabilidad de almacenamiento.....	11

2.4.2 Sulfato de amonio (21% N 24% S) (NH ₄ ⁺) SO ₄ ⁼	11
2.4.2.1 Comportamiento en el suelo.....	12
2.4.2.2 Usos y recomendaciones.....	12
2.4.2.3 Compatibilidad y estabilidad de almacenamiento.....	13
2.4.3 Nitrato de amonio (17% Nitrato 17% Amonio) NH ₄ NO ₃	13
2.4.4 Nitrato de calcio (16 % N 26% C) Ca (NO ₃) ₂	13
2.4.5 Nitrato de potasio (13% N 44% K) KNO ₃	13
2.5 ZEOLITAS.....	14
2.5.1 Propiedades.....	14
2.5.2 Fabricación de fertilizantes de liberación lenta.....	16
2.5.3 Otros beneficios que producen las zeolitas en el suelo.....	16
2.5.4 Medio de crecimiento de plantas.....	17
2.6 IMPORTANCIA DE UREA EN COMBINACIÓN CON ZEOLITAS.....	18
III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	20
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO....	20
IV. OBJETIVOS.....	22
4.1 GENERAL.....	22
4.2 ESPECÍFICO.....	22
V.HIPÓTESIS.....	23
VI. METODOLOGÍA.....	24
6.1 LOCALIZACIÓN.....	24
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	25
6.2.1 Variedad ICTA Ligero.....	25
6.2.2 Zeolitas.....	25
6.2.3 Urea.....	25
6.3 FACTORES ESTUDIADOS.....	26
6.4 TRATAMIENTOS.....	26
6.4.1 Análisis de suelo.....	26
6.4.2 Momento de aplicación de los tratamientos.....	26
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	27
6.6 MODELO ESTADÍSTICO.....	27

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	27
6.7.1 Parcela bruta.....	27
6.7.2 Parcela neta.....	28
6.8 CROQUIS DE CAMPO.....	29
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	30
6.9.1 Preparación del suelo.....	30
6.9.2 Siembra.....	30
6.9.3 Agua.....	30
6.9.4 Control de malezas.....	30
6.9.5 Manejo Fitosanitario.....	30
6.9.6 Aplicación de los tratamientos.....	31
6.9.7 Cosecha.....	31
6.10 VARIABLES DE RESPUESTA.....	32
6.10.1 Días a floración.....	32
6.10.2 Días a madurez fisiológica.....	32
6.10.3 Componente de rendimiento.....	32
6.10.4 Rendimiento total de grano corregido al 14% de humedad en ton/ha.....	32
6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	33
6.11.1 Análisis estadístico.....	33
6.11.2 Análisis económico.....	33
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
7.1 Rendimiento en kg/ha.....	34
7.2 Número de granos por vaina.....	36
7.3 Días a floración.....	36
7.4 Vainas por planta.....	37
7.5 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO.....	38
VIII. CONCLUSIONES.....	40
IX. RECOMENDACIONES.....	41
X.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
XI. ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Producción nacional de frijol en Guatemala.....	3
Cuadro 2.	Contenido de nutrientes en 100g de frijol.....	3
Cuadro 3.	Exigencias de minerales del frijol.....	6
Cuadro 4.	Descripción de los tratamientos, dosis constantes de Nitrógeno (60 kg/ha) combinados con dosis de Zeolita evaluados.....	26
Cuadro 5.	Rendimiento de grano de frijol seco en kg/ha, Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.....	34
Cuadro 6.	Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de frijol en kg/ha.....	35
Cuadro 7.	Prueba de medias al 5% para variable rendimiento de grano de frijol.....	35
Cuadro 8	Análisis de varianza para la variable número de granos por vaina de frijol en kg/ha, Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.....	36
Cuadro 9.	Andeva para la evaluación de la variable días a floración	36
Cuadro 10.	Análisis de varianza para el factor número de vainas de frijol, Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa	37
Cuadro 11.	Análisis de varianza para el factor peso de 100 granos (g), Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón.....	37
Cuadro 12.	Costos promedio por tratamiento en Quetzales por hectárea	38
Cuadro 13.	Ingresos promedio por tratamiento en Quetzales por hectárea	38
Cuadro 14.	Relación beneficio/costo, promedio por tratamiento	39
Cuadro 1A.	Resultados del análisis textural y químico del laboratorio, del suelo de la Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Área de la investigación (GOOGLE EARTH, 2006).....	24
Figura 2.	Diseño de la parcela bruta.....	27
Figura 3.	Diseño de parcela neta.....	28
Figura 4.	Croquis de campo.....	29
Figura 5.	Fotografías de la evaluación.....	47

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES NIVELES DE ZEOLITA EN COMBINACIÓN
CON UNA FUENTE DE NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL DE GRANO
NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.) EN ALDEA LAS ÁNIMAS, SAN MANUEL
CHAPARRÓN, JALAPA.**

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue el de evaluar el efecto de la aplicación de tres niveles de Zeolita en combinación con una fuente de Nitrógeno, en la producción de frijol de grano negro. Dicha investigación se llevó a cabo en Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa. La época de siembra fue en el mes de Junio, se utilizó el diseño de bloques completos al azar, cuatro repeticiones y seis tratamientos, los factores evaluados fueron los distintos niveles de zeolita combinados con nitrógeno, para determinar la eficiencia sobre el rendimiento de frijol. La variedad de frijol utilizada en la evaluación: ICTA Ligero. Las variables de respuesta fueron: Días a floración, días a madurez fisiológica, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos y, costo de producción. Los resultados obtenidos reflejan que el tratamiento 4 (27.0 kg Zeolita/ha + 60 kg N/ha.) fue el mejor efecto, obteniendo una media de producción de 2418 kg/ha; el tratamiento con más vainas por planta fue el tratamiento 5 (9.0 kg Zeolita + 0 kg N/ha), en número de granos por vaina no hubo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos; peso de 100 granos no hubo diferencia estadísticamente significativa, no obstante el tratamiento en el cual se obtuvo mayor peso, fue el tratamiento 4 (27.0 kg Zeolita + 60 kg N/ha), dicho tratamiento muestra mayor rentabilidad 149%. Se recomienda continuar, al menos un ciclo más, utilizando 27.0 kg Zeolita/ha + diferentes niveles de N/ha. Para corroborar el óptimo efecto de la combinación zeolita-fertilizante nitrogenado para determinar los niveles adecuados con suelos problema y así también reducir el uso excesivo de fertilizantes químicos.

I. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más importantes de la alimentación por su contenido nutricional proteínas, vitaminas, minerales, pertenece a la familia Fabaceae. Guatemala está considerado como centro de origen del frijol, lo que sin lugar a dudas nos indica que hay un gran número de materiales asociados a esta especie, además de muchas variedades desarrolladas por el ICTA y que se adaptan a diferentes condiciones climáticas, la encuesta agropecuaria MAGA (2011) indica que el número de área cosechada hasta el 2011 es de 238,140.69 hectáreas, y una producción de 199,946.23 ton (promedio de rendimiento de 0.84 ton/ha).

Es conocido que el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) son fundamentales en la nutrición vegetal, siendo el N en el suelo, el elemento que por naturaleza se pierde con facilidad y por lo tanto, es necesario aplicarlo por medio de la fertilización al suelo y así ponerlo a disposición de la planta para que esta realice las diferentes funciones fisiológicas que repercuten en la formación del grano, en la síntesis de proteínas. (Carrillo, 1998).

La Urea es un fertilizante químico y es la fuente nitrogenada de mayor concentración (46%), siendo por ello de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes, garantizando la uniformidad en un alto porcentaje al homogenizarlo al realizar la mezcla, dando grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de Nitrógeno (Córdoba, 2007).

Según Corella 2,005, Las propiedades absorbentes de las Zeolitas permiten un sin número de posibilidades de uso, principalmente en la agricultura, ya que al deshidratarse su volumen está constituido por hasta un 50 % de espacio poroso, lo cual le confiere una alta capacidad de absorción a baja presión; la hidratación también es una propiedad de gran importancia, ya que al deshidratarse estos minerales no cambian su estructura, pudiendo llenarse con líquidos o gases repetidos, que se van liberando y las plantas lo aprovechan de una mejor manera.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 CULTIVO DE FRIJOL

2.1.1 Origen y distribución geográfica

El frijol es una especie de origen americano, tanto por diversos hallazgos arqueológicos como por evidencias botánicas e históricas. Los indicios más antiguos de cultivo datan del año 5000 antes de Cristo –A.C- La introducción en España y posteriormente su difusión al resto de Europa tiene lugar en las expediciones de comienzos del siglo XVI. *Phaseolus vulgaris* L., es una especie dicotiledónea anual, perteneciente a la familia de las fabáceas, antiguamente conocida como familia de las papilionáceas. El frijol es una especie que presenta una enorme variabilidad genética, existiendo miles de cultivares que producen semillas de los más diversos colores, formas y tamaños. Si bien el cultivo se destina mayoritariamente a la obtención de grano seco, tiene una importante utilización hortícola, ya sea como poroto verde o como poroto granado (AKIANTO, 2010).

2.1.2 Importancia económica del frijol

En Guatemala este cultivo es de mucha importancia para los agricultores y para la dieta alimenticia, es consumido en todos los estratos sociales y económicos del país. Contiene entre el 15 y 27% proteína. Es un cultivo que ayuda a los agricultores de pocos recursos económicos, generando empleo directo en campo a 58, 845,233 jornales por año, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA 2011).

El frijol es una planta que pertenece a la familia fabaceae, con grandes posibilidades para la alimentación humana, por su doble aprovechamiento de grano y vaina, y por su aporte proteico. Las semillas y vainas de estas plantas se usan como alimento y en la producción de forraje. Es un alimento muy apreciado por su elevado contenido proteínico (AKIANTO, 2010).

2.1.3 Producción nacional de frijol

Cuadro 1. Producción nacional de frijol en Guatemala

AÑO AGRÍCOLA	ÁREA		RENDIMIENTO (ton/ha)
	COSECHADA (ha)	ÁREA PRODUCCIÓN(ha)	
2006/07	57,248.96	1,489,604.37	2.58
2007/08	688,412.56	1,598,432.70	2.32
2008/09	855,868.04	1,721,609.25	2.01
2009/10	821,171.32	1,625,809.94	1.98
2010/11	821,381.02	1,634,003.58	1.99

(MAGA, 2011)

2.1.4 Valor nutricional

Cuadro 2. Contenido de nutrientes en 100g de frijol

Componente	Valor
Energía	322 kcal
Proteínas	21.8 g
Grasas	2.5 g
Carbohidratos	55.4 g
Tiamina	0.63 mg
Niacina	1.8 mg
Calcio	183 mg
Hierro	4.7 mg

(INFOAGRO, 2007)

2.1.5 Descripción botánica

El frijol es sin duda la especie más importante del género *Phaseolus*. Es una planta con un sistema radicular bien desarrollado, compuesto de una raíz principal y muchas raíces secundarias ramificadas en la parte superior del suelo.

Los tallos son débiles, angulosos, de sección cuadrangular y de altura muy variable de acuerdo a la variedad. El porte de la planta está determinado por la forma y posición de tallos; si el tallo principal presenta una inflorescencia terminal, el crecimiento de este se detiene rápidamente (crecimiento determinado), las plantas son enanas y erectas, si el tallo no produce esta inflorescencia, aparecen axilas y la planta será guiadora o trepadora (crecimiento indeterminado), las inflorescencias ya sea en racimos terminales o axilas, tienen pedúnculos erguidos y algo vellosas, cada pedúnculo lleva numerosas flores, el número de flores puede ser de unas pocas hasta 30 o más, las hojas son finas y crecen de varias formas, compuestas de tres folíolos, con los extremos acuminados, los frutos o vainas son de tamaño variado, estas pueden medir de 6 a 22 cm de largo. La textura de las vainas es variable dependiendo de la presencia de ciertos tejidos fibrosos llamados hebras (Guillen, 2007).

2.1.6 SEMILLAS

La semilla representa el óvulo fecundado y maduro y, en granos como el frijol, la forma de reproducción y multiplicación de la especie. Para asegurar el proceso de reproducción es necesario contar con una semilla de buena calidad, considerada como aquella que al momento de la siembra está en condiciones de germinar y producir una planta normal y vigorosa (Alvares, 1988).

La calidad de la semilla se puede resumir en tres componentes: el componente genético, que define sus características y las de la planta en cuanto a adaptación, resistencia o susceptibilidad al ataque de agentes patógenos, y el tipo de grano (tamaño, color, forma); el componente sanitario, que se refiere a la presencia o ausencia de patógenos internos o externos, que no sólo deterioran su apariencia sino que pueden transmitirse de un cultivo a otro a través de la semilla, y el componente fisiológico, que está relacionado con el tamaño, la cantidad y la calidad de los

elementos que posee en su interior para nutrir la planta, y darle madurez, viabilidad y vigor (Alvares, 1988).

2.1.7 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

2.1.7.1 Temperatura

Las plantas de frijol son susceptibles a las temperaturas extremas, si se siembra en suelos muy fríos las germinaciones son pobres. Las temperaturas entre 2 y 8°C causan quemaduras del follaje. Las altas temperaturas durante la polinización pueden causar aborto de la floración o reducir la fertilidad del polen. Las temperaturas altas muy prolongadas pueden causar quemaduras a los tallos a nivel del cuello de la raíz (AKIANTO, 2010).

2.1.7.2 Luminosidad

Es una planta de día corto, aunque las condiciones a campo abierto no afectan la duración del día. No obstante, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas cuanto mayor es la luminosidad, siempre que la humedad relativa sea adecuada (AKIANTO, 2010).

2.1.7.3 Humedad Relativa

La humedad relativa óptima del aire en campo abierto durante la primera fase de cultivo es del 60% al 65%, y posteriormente oscila entre el 65% y el 75%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación (AKIANTO, 2010).

2.1.7.4 Suelo

El frijol requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas con buen drenaje y ricos en materia orgánica (AKIANTO, 2010).

2.1.7.5 pH

Crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 6.5, de topografía plana y ondulada, con buen drenaje (AKIANTO, 2010).

2.1.8 REQUERIMIENTO NUTRICIONAL

Cuadro 3. Exigencias de minerales del Frijol

Componentes de la cosecha	kg/ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vainas	32	4	22	4	4	10
Tallos	66	5	71	50	14	15
Total	97	9	93	54	18	25

(Flores, 1997)

2.1.9 COMPONENTE DE RENDIMIENTO

Los procesos fisiológicos que intervienen en la captación, transformación y traslocación de la energía disponible, determinan entre otras cosas el rendimiento de la planta, es importante considerar a los componentes de rendimiento como indicadores de los procesos que determinan el rendimiento, y no necesariamente como causas directas del mismo, los componentes de rendimiento incluyen el número y peso del grano, número de estructuras florales (vainas), (Guillen 2,007).

2.2 IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN

La agricultura es un sector económico estratégico y multifuncional, que tiene como principal finalidad, asegurar de forma indefinida una producción de alimentos y diversas materias primas suficientes, para cubrir las necesidades de una población humana creciente, aunque la evolución de las técnicas agrícolas ha sido continua desde los inicios de la agricultura hace unos 8,000-10,000 años, en función del nivel de desarrollo científico técnico de la sociedad, es a partir de mediados del siglo XX, cuando el avance fue más sobresaliente, dando lugar a aumentos espectaculares de las producciones agrícolas, que proporcionaron un marcado aumento de la población humana, obviamente en el citado avance tecnológico que generó el llamado cultivo intensivo o convencional, han contribuido las mejoras logradas en distintas técnicas agrarias como las variedades seleccionadas, la fertilización, el riego, los fitosanitarios y la protección (Guillen, 2007).

En cuanto a la fertilización del suelo, basada inicialmente en la utilización de los residuos orgánicos disponibles, principalmente estiércoles y fertilizantes inorgánicos de

origen natural, experimentando un cambio drástico a partir de la década de 1,950 con el desarrollo de los fertilizantes inorgánicos N-P-K, lo que contribuyó en gran medida a aumentar los rendimientos de los cultivos (Guillen, 2007).

Así, Shewood (2002), estima en 30-50% la contribución de los fertilizantes inorgánicos N-P-K al aumento de producción vegetal registrados en los últimos decenios y entre estos materiales cabe destacar la importancia de los fertilizantes inorgánicos nitrogenados (de síntesis), de los que en la actualidad depende la alimentación de millones de personas. El objetivo de la fertilización es aplicar los fertilizantes en el momento oportuno y en el lugar adecuado, para que sean aprovechados por la planta de una mejor manera. Los fertilizantes deben ser aplicados al momento de la siembra o a los ocho días después de la siembra, teniendo el cuidado que el fertilizante no entre en contacto con las semillas, contribuyendo a que las raíces lo absorban oportunamente.

2.2.1 NITRÓGENO

El Nitrógeno (N) es un componente esencial de los aminoácidos, proteínas, clorofila, de las enzimas y otros componentes que se encuentran en las membranas celulares. La mayor parte del nitrógeno presente en el tejido vegetal de la planta se presenta como proteína enzimática en los cloroplastos y formando parte de las proteínas en las semillas. La principal función del N es estimular el crecimiento de la planta, especialmente en la etapa inicial de crecimiento vegetativo, generando un alto índice de área foliar y prolongando el período útil de las hojas a través del tiempo. El N. además, incrementa el número de ejes durante de floración, el número de flores, número y peso de la vaina, aumentando por lo tanto el rendimiento, además regula la cantidad de hormonas dentro de la planta (Gorbea, 2001).

2.2.2 Síntomas de deficiencia

Una deficiencia de N reduce y retrasa el crecimiento de la planta, disminuye el número de semillas y su peso, lo que se traduce en un menor rendimiento. Se produce un menor desarrollo de las vainas y en etapas fenológicas más avanzadas, estas vainas no podrían redistribuir el N asimilado a las semillas, se reduce la cantidad de flores y

acorta el periodo de floración y la actividad fotosintética, debido a que aumenta la producción de ácido abscísico (Gorbea, 2001).

La deficiencia de nitrógeno, limita el contenido de proteínas de las semillas. Sin embargo, altas dosis de este nutriente han demostrado que, independiente de la variedad, aumenta el contenido de proteína pero disminuye el contenido de aceite. Por lo tanto es evidente que la fertilización nitrogenada debe ser optimizada para obtener un equilibrio entre producción y calidad de semilla (Gorbea, 2001).

Los síntomas de deficiencia se manifiestan en una disminución en la longitud, ancho y área de la hoja, tallos más cortos y delgados, plantas atrofiadas y poco vigor. El N es un nutriente móvil dentro de la planta, siendo retransportado a órganos más jóvenes, razón por la cual se producen cambios en el color de las hojas, a un color verde amarillento en las de más edad y verde pálido en hojas más jóvenes (clorosis), comparado con un color verde oscuro que presentan las plantas con un contenido adecuado de este nutriente. El exceso de nitrógeno en el suelo, causado por una sobredosis de fertilización nitrogenada se ha relacionado con problemas de semillas verdes al retardarse la madurez del cultivo, y una mayor susceptibilidad a enfermedades (Gorbea, 2001).

2.2.3 Requerimientos de nitrógeno

Es importante destacar que la mayor parte o la totalidad del nitrógeno debe aplicarse durante la etapa de crecimiento vegetativo, con el objeto de fomentar la formación de nuevas hojas, requisito importante en la formación de yemas que inducen la formación de brotes laterales. En lo posible el N se debe aplicar antes de la brotación y elongación del tallo floral (Guillen, 2007).

2.2.4 Papel nutricional del nitrógeno

El N es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, es parte constitutiva de cada célula viva. En las Plantas, el N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de clorofila está involucrado en el proceso de la fotosíntesis.

El N también es un componente de las vitaminas y de los componentes energéticos de las plantas, igualmente es parte esencial de los aminoácidos y por tanto es determinante para el incremento en el contenido de proteínas en las plantas. Una planta deficiente de N no puede hacer un óptimo uso de la luz solar, por lo que se ve afectada la capacidad de fotosintetizar y en consecuencia su capacidad de aprovechamiento y absorción de nutrientes, limitando con esto el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas (Guillen, 2007).

2.3 FERTILIZACIÓN QUÍMICA CON NITRÓGENO EN EL FRIJOL

Según Cooke (1997), el frijol por ser una planta leguminosa forma nódulos, producto de la simbiosis de las bacterias del genero *Rhizobium* con las raíces de las plantas, lo que permite fijar N atmosférico; pero algunas veces el suelo no contiene los microorganismos necesarios para la formación de nódulos y la fijación de N, y requiere una ligera fertilización nitrogenada para cubrir esta necesidad, con el fin de fomentar el rápido desarrollo inicial del cultivo.

De acuerdo con Alvares, (1988), las leguminosas se ayudan con la simbiosis del *Rhizobium*, pero sus rendimientos se elevan considerablemente con la aplicación del elemento N, de ahí que con frecuencia sea necesario suministrarle una ligera fertilización nitrogenada en la época de siembra para el rápido desarrollo inicial del cultivo, también señala que las necesidades en el frijol son altas, y que en muchos casos la fertilidad natural de los suelos no es suficiente para cubrir los requerimientos del mismo, recurriéndose por ello a la fertilización Nitrogenada.

Masaya, P. (1968), recomienda que al fertilizar el frijol, la aplicación del fertilizante debe ser al momento de sembrado o antes de la siembra, sugiriéndose para Nitrógeno 75 a 150 kg/ha.

2.4 FUENTES NITROGENADAS

Masaya, P. (1968). Las fuentes nitrogenadas son de mucha importancia en el desarrollo y crecimiento de la planta, el cultivo de frijol requiere principalmente de N, entre estas fuentes encontramos ureicas, amoniacales y nítricas. La mayoría de los fertilizantes nitrogenados inorgánicos derivan del amoníaco (NH_3), obtenido por síntesis de N e H gaseosos, o de la industria del carbón. A partir del NH_3 se elaboran muchos fertilizantes nitrogenados, las fuentes más importantes son:

2.4.1 UREA (46% N) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

La Urea es un fertilizante químico de origen orgánico. Entre los fertilizantes sólidos, es la fuente Nitrogenada de mayor concentración (46%), siendo por ello de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes, dando grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de N (ISQUISA, 2007).

2.4.1.1 Comportamiento en el suelo

La urea en su forma original, no contiene Amonio (NH_4^+), sin embargo ésta se hidroliza con rapidez por efecto de la enzima “ureasa” y por la temperatura del suelo. En suelos desnudos y con aplicaciones superficiales de Urea, algún porcentaje de Amoníaco (NH_3) se pierde por volatilización. La Urea, al hidrolizarse produce Amonio y bicarbonato. Los iones bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan el pH en la zona próxima al sitio de reacción de este fertilizante (banda de aplicación). Una vez que la urea se ha convertido en Amonio (NH_4^+), éste es absorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y el Amonio es eventualmente nitrificado o absorbido directamente por las plantas (ISQUISA, 2007).

2.4.1.2 Usos y recomendaciones

La Urea es la fuente más económica de Nitrógeno de alta concentración. Es un fertilizante que tiene una gran variedad de usos y aplicaciones.

Es un componente indispensable para producir formulas balanceadas de fertilización. Se puede aplicar al suelo directamente como monoprodueto, se puede incorporar a mezclas físicas balanceadas, y por su alta solubilidad en agua, puede funcionar como

aporte de nitrógeno en formulas NPK's foliares, para uso en fertirriego altamente solubles y en fertilizantes líquidos (ISQUISA, 2007).

En el caso de aplicaciones Foliares de Urea, es muy importante utilizar Urea libre de Biuret, con un contenido no mayor al 0.25%. El Biuret o Carbamyl Urea es un producto de condensación resultante de la descomposición por efecto térmico de la Urea. El Biuret es fitotóxico en aplicaciones al follaje únicamente (foliar), no así cuando se aplica al suelo (ISQUISA, 2010).

2.4.1.3 Compatibilidad y estabilidad de almacenamiento

La Urea es compatible con la mayoría de los fertilizantes, sin embargo existe una compatibilidad limitada con Superfosfato Triple (SPT) y Superfosfato Simple (SPS). En mezclas físicas que no se envían a almacenamiento, porque son producidas para su aplicación inmediata, es posible mezclarlos, ya que al aplicarse rápidamente se evita la reacción de la Urea y estos fosfatos poco compatibles. Es claramente incompatible con productos a base de Nitrato de Amonio, ya que la mezcla de ambos tiene una reacción inmediata aún en condiciones de bajos niveles de humedad relativa (ISQUISA, 2010).

Es muy importante asegurar las mejores condiciones durante el almacenamiento, es decir, se debe contar con un lugar seco, fresco, ventilado y libre de cualquier agente contaminante, utilizando "tarimas" o "camas" para el estibado en el caso de productos envasados. En general los fertilizantes, bajo condiciones adecuadas de almacenamiento y una vez envasados, son productos que no se degradan y que conservan íntegras sus propiedades fisicoquímicas y la concentración de nutrientes sin mayores alteraciones. Lo que si ocurre en el almacenamiento prolongado es que por su alta capacidad higroscópica, los fertilizantes toman humedad del ambiente y se compactan o apelmazan, por efecto de la presión y el peso ejercido en las estibas de sacos (ISQUISA, 2010).

2.4.2 Sulfato de amonio (21% N 24% S) (NH₄⁺) SO₄⁼

El sulfato de amonio es un fertilizante químico ampliamente utilizado. Es una de las fuentes de Nitrógeno más comúnmente usadas en las fórmulas de fertilización (Mezclas Físicas). El sulfato de amonio es un producto muy versátil para ser utilizado en mezclas

con otros fertilizantes, esto debido a su amplia compatibilidad con todos los monoproductos y complejos (ISQUISA, 2010).

2.4.2.1 Comportamiento en el suelo

El sulfato de amonio contiene Amonio (NH_4^+) y Azufre en forma de Sulfato ($\text{SO}_4^{=}$) es un producto de pH ácido y que se recomienda aplicar en suelos calizos y alcalinos por su fuerte efecto acidificante. El Sulfato de Amonio es un producto muy útil como fertilizante, esto debido a que la necesidad de Azufre (S) está muy relacionada con cantidad de Nitrógeno disponible para la planta, por lo que el SAM hace un aporte balanceado de ambos nutrientes (ISQUISA, 2010).

El Azufre inorgánico del suelo es absorbido por las plantas principalmente como anión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$). Debido a su carga negativa, el $\text{SO}_4^{=}$ no es atraído por las arcillas del suelo y los coloides inorgánicos, el S se mantiene en la solución del suelo, moviéndose con el flujo de agua y por esto es fácilmente lixiviable. En algunos suelos esta lixiviación acumula S en el subsuelo, siendo aprovechable por cultivos de raíces profundas. El riesgo de lixiviación del S es mayor en los suelos arenosos que en suelos de textura franca o arcillosa. Los suelos con bajos contenidos de materia orgánica (<2%) comúnmente presentan deficiencias de S, cada unidad porcentual de materia orgánica libera aproximadamente 6 Kg de S por hectárea por año (ISQUISA, 2010).

2.4.2.2 Usos y recomendaciones

El Sulfato de Amonio es la fuente más accesible de nitrógeno de baja concentración, es un fertilizante que tiene un uso muy generalizado en la agricultura. Es un componente relevante en la producción de fórmulas balanceadas de fertilización. Se aplica ampliamente al suelo en forma directa como monoproducto, sin embargo es recomendable su aplicación en suelos de pH alcalino o suelos de origen calcáreo.

El Sulfato de Amonio por su baja concentración de Nitrógeno es una fuente de fertilización costosa por unidad de N aportado y también por unidad de N transportado (alto costo por flete), (ISQUISA, 2010).

2.4.2.3 Compatibilidad y estabilidad de almacenamiento

El Sulfato de Amonio es compatible con todos los fertilizantes, este fertilizante estándar por su granulometría fina, tiene alta tendencia a la compactación al ser ensacado y almacenados por períodos prolongados, este efecto o tendencia a la compactación se disminuye al incorporar el sulfato de amonio a cualquier Mezclas Físicas (MF), en donde se agrega con otras materias primas granulares o perladas (DAP, KCl o Urea), sin embargo es recomendable que no se mantenga en almacenamientos muy prolongados, en general se recomienda que las MF sean producidas para su aplicación inmediata o con períodos muy cortos de almacenamiento (ISQUISA, 2010).

2.4.3 Nitrato de amonio (17% Nitrato 17% Amonio) NH_4NO_3

Fertilizante nitrogenado que presenta una fracción del nitrógeno nítrico y otra fracción amoniacal, y que permite aportar nitrógeno en forma diferida, ya que la fracción nítrica es de rápida entrega para los cultivos y la fracción amoniacal se entrega en forma más prolongada. Fertilizante especialmente recomendado para frutales y hortalizas bajo sistemas de riego tecnificado y tradicional (FERTIGLOBAL, 2002).

2.4.4 Nitrato de calcio (16 % N 26% C) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

Fertilizante formulado como cristales o perlas higroscópicas, recomendado para hacer aportes de Nitrógeno y Calcio al suelo en forma directa, o bien a través del sistema de riego por goteo y riego tecnificado en frutales, y hortalizas. Fertilizante especialmente recomendado para el establecimiento de hortalizas de siembra directa y trasplante, siembras de trigo, maíz, maíz dulce, papas, establecimiento de cultivos y huertos frutales en general (FERTIGLOBAL, 2002).

2.4.5 Nitrato de potasio (13% N 44% K) KNO_3

El nitrato potásico es la fuente más usada de potasio en fertirrigación, estando su consumo muy generalizado en todo tipo de cultivos, tanto anuales como permanentes. Estimula las plantas para su crecimiento vegetativo. Al ser aplicado no deja ningún residuo, aportando solo elementos útiles, pues es soluble en su totalidad. Al aportar el nitrógeno en forma nítrica, no retenida por el suelo, su reparto es muy homogéneo (FERTIGLOBAL, 2002).

2.5 ZEOLITAS

Según (Corella, 2005), Son una familia de minerales aluminosilicatos cristalinos. La primera zeolita se describió en 1756, por Cronstedt, un mineralogista sueco, que les dio el nombre de origen griego “piedras hirviendo”, refiriéndose a la evolución del vapor de agua cuando la roca se calienta. Actualmente se conocen unas cincuenta zeolitas, son aluminosilicatos con cavidades de dimensiones moleculares de 8 a 10 ångström (símbolo Å). Contienen iones grandes y moléculas de agua con libertad de movimiento, para así poder permitir el intercambio iónico. La síntesis de zeolitas se conoce desde 1862, aunque fue hasta los años cuarenta, con la disponibilidad de la técnica de difracción de rayos X, que los productos sintéticos se pudieron identificar totalmente. Las zeolitas pertenecen a la familia de los tecto-silicatos y son aluminosilicatos cristalinos, con elementos designados en la tabla periódica en los grupos I y II como cationes. Consisten en un armazón de tetraedros de $[\text{SiO}_4]^{4-}$ y $[\text{AlO}_4]^{5-}$ conectados el uno al otro en las esquinas por medio de átomos de oxígeno.

La estructura presenta canales y cavidades de dimensiones moleculares en las cuales se encuentran los cationes de compensación, moléculas de agua u otros adsorbatos y sales. Este tipo de estructura microscópica hace que las zeolitas presenten una superficie interna extremadamente grande, con relación a su superficie externa. Sin embargo esta superficie es poco accesible para los contaminantes de tipo macromolecular (Corella, 2005).

La microporosidad de estos sólidos es abierta y la estructura permite la transferencia de materia entre el espacio intracristalino y el medio que lo rodea. Esta transferencia está limitada por el diámetro de los poros de la zeolita, ya que sólo podrán ingresar o salir del espacio intracristalino aquellas moléculas cuyas dimensiones sean inferiores a un cierto valor, el cual varía de una zeolita a otra (Corella, 2005).

2.5.1 Propiedades

Una característica singular de las zeolitas es que simultáneamente mediante diversos principios: absorción, intercambio iónico, tamiz molecular, etc. Entre estas la más importante es su propiedad de servir de tamiz molecular, debido a su estructura

cavernosa asegura una enorme área en su interior, pero al paso a las mismas está limitado sólo a moléculas con un tamaño determinado que pueden pasar a través del tamiz (Corella, 2005).

El volumen vacío en algunas zeolitas puede alcanzar valores tan altos como un 47% (Chabazitas), mientras que las dimensiones de los canales, en las distintas especies minerales de zeolitas, permiten el paso de moléculas con diámetros específicos efectivos de varios angstroms, las cuales son absorbidas en los espacios vacíos; esto explica el empleo de algunas zeolitas como absorbentes industriales (Corella, 2005).

La capacidad de intercambio iónico (CII) es una de sus notables propiedades que han coadyuvado a la difusión de su empleo; oscila entre 0,55 y 3,10 meq/g. El intercambio iónico está dado por poseer una geometría molecular bien definida, con poros generalmente llenos de agua y cuyos enlaces forman canales y cavidades que le permiten ganar y perder agua reversiblemente e intercambiar los cationes de su estructura, sin que ésta se altere. Debido a esa conformación, las zeolitas presentan una estructura microporosa adecuada para la acción catalítica, lo que las convierte en un material ideal para muchos procesos químicos industriales. Esta propiedad de permitir, específicamente el paso de algunas moléculas y no de otras fue aprovechada en los años 1950 para introducirla comercialmente como cribas moleculares en los procesos industriales que lo requerían (Corella, 2005).

La propiedad absorbente le permite un sin número de posibilidades de uso, principalmente en la agricultura, ya que al deshidratarse su volumen está constituido por hasta un 50 % de espacio poroso, lo cual le confiere una alta capacidad de absorción a baja presión; la hidratación también es una propiedad de gran importancia, ya que al deshidratarse estos minerales no cambian su estructura, pudiendo llenarse con líquidos o gases repetidos. La otra propiedad importante es su alto contenido silíceo. Por otra parte, son resistentes a la pulverización, tienen baja resistencia a la abrasión y no se aterronan. Presentan una gran resistencia térmica y a la acción de agentes químicos, así como una gran capacidad y selectividad para cationes de

magnesio, calcio, amonio, cesio, estroncio, plata, cobre, níquel, zinc; grupos I y II de la tabla periódica y otros cationes metálicos (Corella, 2005).

2.5.2 Fabricación de fertilizantes de liberación lenta

Las zeolitas son los fertilizantes de liberación lenta que existen de forma natural. Tienen una estructura cargada negativamente que contiene nutrientes como son el potasio y el nitrógeno. Las zeolitas pueden cargarse con estos iones antes de utilizarse como medio de cultivo para después poder liberar los nutrientes cerca del sistema de raíces donde son necesarios para el crecimiento. Esto prevendrá la pérdida de los alimentos en el agua, reducirá los niveles de contaminación del acuífero y reducirá también la cantidad de fertilizante necesaria (Corella, 2005).

Incrementa la eficiencia del uso de los fertilizantes químicos y órgano minerales, en más del 50% no solamente puede actuar como un fertilizante de lenta liberación, retardando o reduciendo los lixiviados (movimiento en el suelo de nutrientes disueltos en agua), de la zona de la raíces, sino también reduciendo la migración de los nutrientes de la zona de las raíces hacia aguas profundas, eliminando la posibilidad de contaminación ambiental (Corella, 2005).

2.5.3 Otros beneficios que producen las zeolitas en los suelos

Según Martin (2005), son los siguientes:

Mejora sus propiedades físicas (estructura, retención de humedad, aireación, porosidad, densidad, ascensión capilar, etc.).

Mejora sus propiedades químicas (pH, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y micro nutrientes), aumentando su capacidad de intercambio catiónico.

Disminuye los contenidos de Sodio en el suelo, que pudieran ser tóxico para las plantas.

Facilita una mayor estabilidad de los contenidos de materia orgánica del suelo, y no permite las pérdidas de materia orgánica por mineralización.

Aumenta la retención de nutrientes, lo que permite reducir hasta un 50 % la aplicación de los fertilizantes minerales que se aplican tradicionalmente.

Aumenta la retención de humedad permitiendo reducir las dosis de riego en más de 15%.

Mejora considerablemente la nivelación del terreno, debido al mejoramiento de su estructura.

La aplicación de zeolita en el suelo, reduce significativamente la cantidad de agua y el costo en fertilizantes, mediante la retención de nutrientes en la zona de las raíces.

Las zeolitas forman un depósito permanente de agua, asegurando un efecto de humedad prolongada, hasta en épocas de sequedad.

Controla la acidez del suelo, incrementando el pH. Esto se produce por su capacidad alcalinizante.

Las condiciones físico - químicas de los suelos arenosos mejoran con la aplicación de zeolita debido a que aumenta su capacidad retenedora de humedad, y en los suelos arcillosos mejora las condiciones físicas, evitando la compactación de los mismos y mejorando la capacidad de penetración de agua en ellos.

Aumenta el aprovechamiento de los fertilizantes químicos, pesticidas y otros productos aplicados al suelo, pues los incorpora a su masa porosa y los va liberando poco a poco.

Mejoran la nitrificación en el suelo, al suministrar una superficie ideal para la adherencia de las bacterias nitrificantes, ayuda a una mayor nitrificación. Por el mismo motivo, aumenta la población de bacterias del suelo que atacan a hongos patógenos.

La estructura porosa de las zeolitas ayuda a mantener el suelo aireada. Una única aplicación de zeolita ofrece beneficios durante mucho tiempo debido a la estabilidad y la resistencia de esta sustancia.

2.5.4 Medio de crecimiento de plantas

Las zeolitas naturales pueden utilizarse como medio inerte de crecimiento de plantas destinadas o no a la exportación. Utilizando zeolita como único medio de cultivo se consiguen todos los beneficios destacados; reducción de la cantidad de fertilizante y consumo de agua, también se ha comprobado que se mejora la salud de las plantas, se incrementa la productividad y se reduce el tiempo de producción. De hecho la zeolita en

la agricultura es utilizada en la preparación de fertilizantes químicos, que tras su aplicación en los suelos produce nutrientes importantes para el crecimiento de las plantas. Se ha comprobado que a través de la sustitución del 20% de los fertilizantes tradicionales se han obtenido reducciones en los costos de fertilización hasta en un 11%, aumentando la productividad y mejorando la calidad del producto final (Martin, 2005).

La zeolita también se ha trabajado como sustrato de siembra, en donde se han obtenido productividades sin pérdidas de plantas por problemas fitosanitarios del sustrato, cero desyerbas y la disminución en las láminas de riego debido a la capacidad hidro retenedora de la zeolita.

Las condiciones físico químicas de los suelos arenosos mejora con la aplicación de zeolita debido a que aumenta su capacidad retenedora de humedad y en los suelos arcillosos mejora las condiciones físicas evitando la compactación de los mismos y mejorando la capacidad de penetración de agua en ellos (Corella, 2005).

La zeolita se encuentra enmarcada dentro las buenas prácticas agrícolas y en la agricultura orgánica ya que es un producto 100 % natural. Mejora la producción de plantas, producen en promedio 30% más cuando crecen en suelos enmendados con zeolitas. Estudios que han comparado la producción de plantas en suelos enmendados con zeolitas muestran incrementos de 20% a 40% en crecimientos. Este producto es una nueva alternativa para la producción agrícola y pecuaria que genera mejores productividades y reduce costos de producción (Corella, 2005).

2.6 IMPORTANCIA DE UTILIZAR UREA EN COMBINACIÓN CON ZEOLITAS PARA LA FERTILIZACIÓN DEL FRIJOL

Según Guillen, (2007) Las ventajas de utilizar Urea es porque es uno de los fertilizantes más concentrados en nitrógeno (46%) y el más económico en el mercado, se comercializa en modalidades perlada y granulada, la primera para uso en fertirrigación y la segunda, para aplicación directa al suelo, es muy soluble y a menudo usada en

formulaciones líquidas. Su alta solubilidad la hace popular para inyectarla en sistemas de riego localizado, solo en el volumen que se aplicara se ahorrara mano de obra y flete debido a la alta concentración de nutrientes por unidad de masa, no incrementa la salinidad del agua de riego y es recomendado para suelos neutros o ligeramente alcalinos y debido a que la urea perlada es más fácil la mezcla y aplicación con relación a un sulfato de amonio ya que este último su forma es cristalizado, complicando así la aplicación directa al suelo y es una de las mejores alternativas para la combinación con las zeolitas ya que estas son fertilizantes de liberación lenta que existen de forma natural, tienen una estructura cargada negativamente que contiene nutrientes como son el potasio y el nitrógeno.

Las zeolitas pueden cargarse con estos iones antes de utilizarse como medio de cultivo para después poder liberar los nutrientes cerca del sistema de raíces donde son necesarios para el crecimiento, esto prevendrá la pérdida de los alimentos en el agua, reducirá los niveles de contaminación del acuífero y reducirá también la cantidad excesiva de fertilizantes químicos (Corella, 2005).

III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Entre los principales problemas del uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, está el de provocar efectos adversos en el medio ambiente y al suelo, según el MAGA ha realizado estudios acerca del uso irracional de fertilizantes químicos, en su mayoría estudios técnicos, advierte del peligro de intoxicación de los suelos y mantos de agua. Aparte del daño ambiental que pueda estar causando la forma en que se esté usando el fertilizante químico en la agricultura nacional. La pérdida de nitrógeno en la planta se marca de una forma definitiva ya que se lixivia y se volatiliza rápidamente por la textura, estructura, entre otras características del suelo. Otro problema aunado a lo anterior es que los rendimientos obtenidos por área están por debajo del potencial genético que poseen las variedades de frijol y al obtener productividades adecuadas, hay necesidad de hacer uso exagerado de fertilizantes lo cual tiene un daño notable en aspectos ambientales y de suelo. Son varios los problemas ocasionados por el uso de fertilizantes, la presión por producir alimento, está obligando a los campesinos y pequeños productores, a depender cada vez más de la utilización de insumos químicos con poca o ninguna consideración del medio ambiente (Carrillo, 1998).

En el Oriente de Guatemala es alta la demanda de alimentos, principalmente en tierras poco productivas, donde se asienta un alto porcentaje de la población rural; producción que demanda miles de toneladas de fertilizante químico. Muchos estudios demuestran las bondades del uso de la Zeolita en la agricultura, una de ellas, es el incremento de la eficiencia en el uso de fertilizantes. Para la mayoría de los agricultores y profesionales de la agronomía, el tema y uso de la zeolita en el campo de la producción agrícola, es poco conocido.

Por lo tanto la investigación que se haga en este campo y resultados que se logren, contribuirá grandemente a reducir la demanda y hacer uso racional de la fertilización química, proporcionará elementos científicos y técnicos a los investigadores para recomendar a los productores de frijol, proveer elementos de juicio y posiblemente reducir las aplicaciones de nitrógeno al suelo, cuando es por medio de la utilización de químicos que alteran el medio ambiente y elevan los costos de producción; el uso de zeolita, sin poner en riesgo la producción, permitirá provocar la utilización de mejor

manera del fertilizante en la planta, ya que la liberación de los nutrimentos en el suelo provocada por la zeolita, será más lento, mejorando así la relación beneficio/costo.

IV.OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Evaluar el efecto de tres niveles de zeolita en combinación con una fuente de nitrógeno en la producción de frijol de grano negro.

4.2 ESPECÍFICOS

Determinar el tratamiento que represente diferencias en el comportamiento de días a flor y madurez fisiológica.

Cuantificar los componentes de rendimiento para cada tratamiento.

Cuantificar el rendimiento total de grano para cada uno de los tratamientos.

Analizar la factibilidad económica del uso de zeolita en la fertilización del cultivo de frijol.

V. HIPÓTESIS

Ha: Al menos uno de los tratamientos de la combinación de tres niveles de zeolita con una fuente nitrogenada mostrará diferencias significativas en cuanto a características agronómicas y de rendimiento, en comparación con el resto.

VI. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN

El sitio experimental donde se llevó a cabo la investigación, fue la aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, departamento de Jalapa. Sus coordenadas geográficas son; 14° 29' 37.9" Latitud Norte y 89°45' 3.0" Longitud Oeste, del meridiano de Green Wich. Se encuentra a una altitud de 824 msnm. Se presenta una precipitación pluvial de 1,015 mm y una humedad relativa del 25%.

Los suelos son de origen volcánico, subsuelos lentamente permeables hasta impermeables, con una erosión moderada a alta, poco profundos de relieve plano o ligeramente inclinado, la textura del suelo es franco arcilloso (Simmons, 1959).

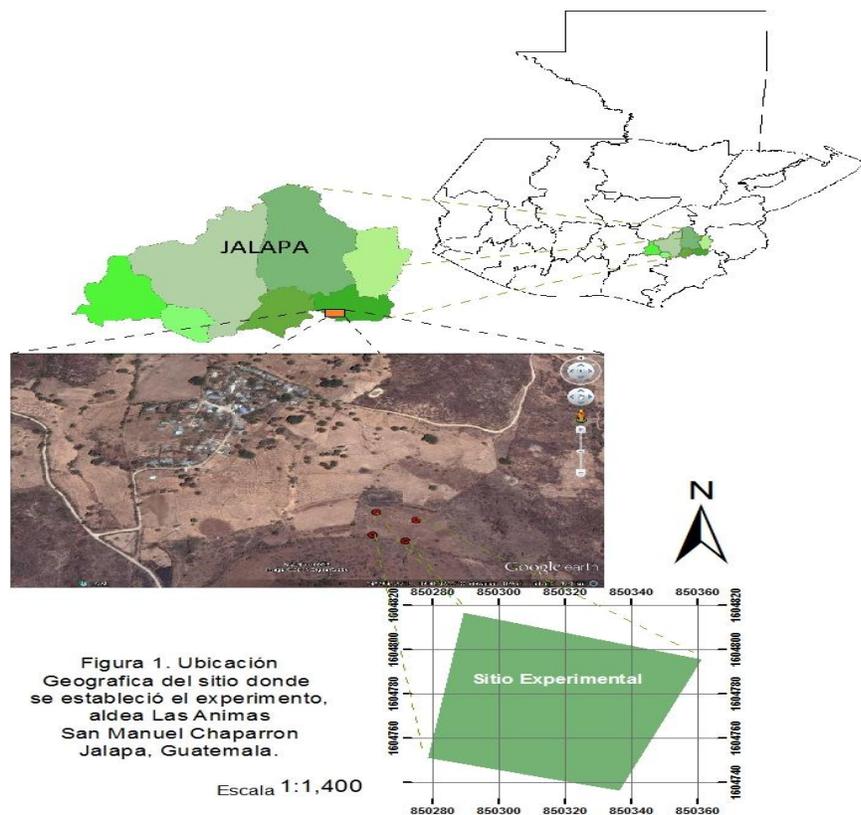


Figura 1. Área de la investigación (GOOGLE EARTH, 2006)

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

6.2.1 Variedad ICTA Ligero

Es de hábito de crecimiento determinado, pero la mayor producción de vaina se da en la base de la planta; su altura es de 60 centímetros y la floración ocurre entre 29 y 30 días después de la siembra; el color de la flor es lila; la vaina madura es de color crema, con cinco granos de color negro oscuro, la madurez fisiológica se presenta a los 64 días y puede cosecharse a los 71 días o antes, si el clima está seco.

Es resistente a Mosaico Dorado (*Beans Golden mosaic virus*), y tolerante a Antracnosis (*Colletotrichum lindemutianum*), Bacteriosis (*Xanthomonas axonopodis*) y Roya (*Uromyces phaseoli*), ha mostrado rendimientos experimentales hasta 2.59 toneladas métricas por hectárea, con un promedio de 1.66 TM. A nivel comercial el rendimiento varía entre 20 y 30 quintales por manzana (1,300 a 1,950 kg/ha) en condiciones adecuadas de humedad y mono cultivo (Instituto de Ciencia y Tecnologías –ICTA-, 2006).

6.2.2 Zeolitas

Las zeolitas son aluminosilicatos con cavidades de dimensiones moleculares de 8 a 10 angstrom. Contiene iones grandes y moléculas de agua con libertad de movimiento, para poder permitir el intercambio iónico. Estos minerales se manifiestan en vetas de rocas ígneas básicas, particularmente basalto. Los minerales poseen densidades específicas en el rango 1,9 a 2,8 y durezas entre 3 y 6. Estas zeolitas se encuentran constituidas por aluminio, silicio, hidrógeno, oxígeno y un número variable de moléculas de agua, se utiliza como fertilizante y permite que las plantas crezcan más rápido, pues les facilita la fotosíntesis y las hace más frondosas (Martin, 2001).

6.2.3 Urea

Es un fertilizante químico de origen orgánico, su presentación es en perlas o perdigones esféricos, color blanco, el tamaño de partícula: 0.85 a 3.35 mm, la solubilidad en agua, a 20° C (100 f/100 ml): 100 g/100 ml de agua, con un pH en solución al 10%: 7.5-10.0 unidades, la densidad aparente (Kg/m³):770-809 Kg/m³, su humedad relativa crítica a 30° C: 73%

6.3 FACTORES ESTUDIADOS

Los factores evaluados fueron los distintos niveles de zeolita combinados con urea, para determinar la eficiencia sobre el rendimiento de grano negro en el cultivo de frijol.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos, niveles constantes de Nitrógeno (60 kg/ha) combinados con niveles variables de zeolita, evaluados.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	N 60 kg/ha + 0 kg/ha zeolita (0%)
T2	N 60 kg/ha + 9.0 kg/ha zeolita (15%)
T3	N 60 kg/ha + 18.0 kg/ha zeolita (30%)
T4	N 60 kg/ha + 27.0 kg/ha zeolita (45%)
T5	N 0 kg/ha + 9.0 kg/ha zeolita (0%N;15%zeolita)
T6	N 0 kg/ha + 0 kg/ha zeolita (0%) Testigo absoluto

Cada uno de los niveles de zeolita están base a la cantidad de N (60 kg/ha) recomendado para el cultivo de frijol según dato proporcionado verbalmente con el Ing. Agr. Castillo Monterroso, profesional de tecnología y producción de semillas y el Msc. Raúl Alfaro Ortiz, profesional de suelos del ICTA 2010.

6.4.1 Análisis de suelo

Antes de sembrar el ensayo, se realizó el muestreo de suelo del terreno. El análisis fue realizado en el Laboratorio de suelos del ICTA. Esta información fue para conocer el estado químico y físico del suelo.

6.4.2 Momento de aplicación de los tratamientos

Cada uno de los tratamientos se aplicó al momento de la siembra debido a que el ciclo del cultivo es corto (65 días) y las dosis de N y zeolita para cada tratamiento fueron aplicadas en una sola dosis al momento de la siembra.

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación del efecto del uso de zeolita en combinación con una dosis de Nitrógeno, se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = valor de la variable respuesta asociado a la ij -ésima unidad experimental (donde $i = 1, 2, \dots, T$; $j = 1, 2, \dots, R$)

μ = media general

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = efecto del j -ésimo bloque

ε_{ij} = error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental (Sitún, 2005).

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

6.7.1 Parcela bruta

Consistió en 6 surcos, distanciamiento entre ellos 0.50 m y un largo de 5 m, obteniendo una parcela de 3 m * 5 m = 15 m², cada surco constaba de 1 hilera y 2 plantas por postura (200,000 plantas/ha).

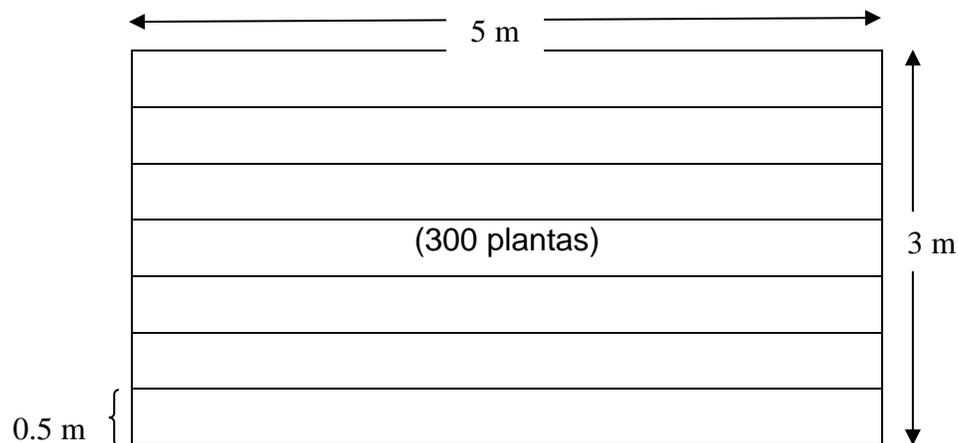


Figura 2. Diseño de parcela bruta

6.7.2 Parcela neta

Se tomaron los 2 surcos centrales de la parcela bruta y se descartaron las plantas de las cabeceras de cada uno para evitar el efecto borde al momento de realizar las lecturas, teniendo así un ancho de 1.0 m * 4.80 m de largo con una área de 4.8 m².

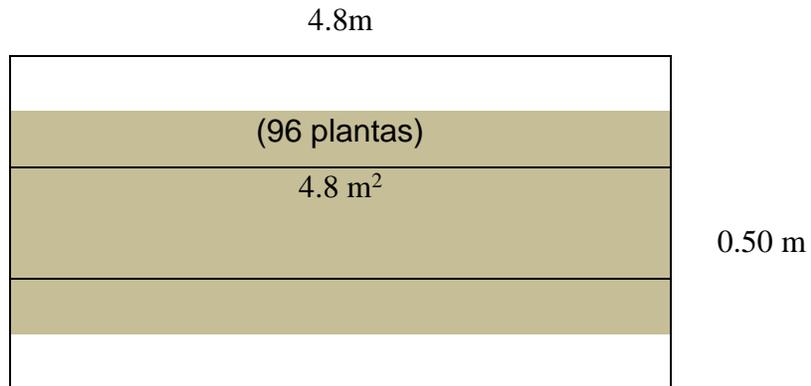


Figura 3. Diseño de parcela neta.



6.8 CROQUIS DE CAMPO

IV.

T 6 406	T5 405	T 2 404	T 3 403	T1 402	T4 401
------------	-----------	------------	------------	-----------	-----------

III.

T 1 301	T4 302	T 6 303	T3 304	T5 305	T 2 306
------------	-----------	------------	-----------	-----------	------------

II.

T6 206	T 5 205	T2 204	T1 203	T 4 202	T 3 201
-----------	------------	-----------	-----------	------------	------------

I.

T 1 101	T3 102	T5 103	T2 104	T 6 105	T 4 106
------------	-----------	-----------	-----------	------------	------------

Figura 4. Croquis de campo y distribución de los tratamientos en las 4 repeticiones de que constó el experimento, Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Preparación del suelo

La preparación se hizo de forma manual, volteando la tierra con azadón; se trazó el terreno y se estaquillaron las parcelas para delimitarlas, se hicieron surcos a cada 0.50 m de acuerdo al diseño experimental.

6.9.2 Siembra

La siembra se realizó de forma manual, depositando en el suelo las semillas de acuerdo al distanciamiento establecido para los tratamientos. Se utilizó un chuzo, para hacer los agujeros depositando 2 semillas por postura a un distanciamiento de 0.10 m entre posturas y a 0.50 m entre surcos. Se utilizó cordel y estacas para delimitar los distanciamientos de cada parcela.

6.9.3 Agua

El experimento se llevó a cabo en la época de invierno de Mayo a Septiembre.

6.9.4 Control de malezas

Se realizó deshierba manual tres veces durante todo el ciclo del cultivo, para que las plantas se desarrollaran en un ambiente libre de competencia de malezas.

6.9.5 Manejo Fitosanitario

Durante el desarrollo de la investigación se controlaron plagas como Mosca blanca (*Bemisia tabaci*), Tortuguilla (*Cerotoma spp.*, *Diabrotica spp.*), Chicharritas (*Empoasca spp.*), Picudo de la vaina (*Trichapion godmani*) y enfermedades, Mosaico dorado (*Beans golden mosaic virus*), Antracnosis (*Colletotrichum lindemutianum*) y Mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), de tal manera que no causaran daño al cultivo, no se utilizó tratador de semilla, solamente se colocaron las semillas al suelo, lo que se aplicó para control de Gallina ciega (*Phyllophaga spp.*) fue TERBUFOS (i.a S-ternutylthiomethyl O,O-diethyl phosphotodithioate), una sola aplicación una sola aplicación utilizando 2 g por postura y tres aplicaciones de FOLIDOL líquido (i.a metil-paration), a una dosis de 25 cc/ bomba de 16 lts, para control de plagas foliares durante el ciclo

de cultivo. Todos los productos fueron utilizados en dosis que indicaban las recomendaciones del fabricante.

6.9.6 Aplicación de los tratamientos

- Aplicación del Fertilizante Nitrogenado

Se aplicó Nitrógeno en dosis de 60 kg N/ha, como fuente se utilizó urea; en el experimento lo que se pretendía era, conocer el efecto combinado de la zeolita con el Nitrógeno. Por lo tanto, el requerimiento de Nitrógeno se cubrió con la cantidad de 163 kg de Urea/ha, Lo que significa aplicar en total 2 gramos urea/postura.

- Aplicación de Zeolita

Tal como se plantea en el protocolo, la parte fundamental de la investigación, es la zeolita, que es un mejorador del suelo, mejorador de la Capacidad de Intercambio Catiónico y como mejorador en la retención de Nitrógeno, entre otras bondades, se espera que al menos uno de los tratamientos, tenga un efecto positivo en la absorción del Nitrógeno por parte del cultivo de frijol.

Se utilizó zeolita natural, la que fue aplicada al momento de la siembra de acuerdo con lo que se establece en los tratamientos. Los tratamientos de zeolita están considerados en % con relación a la dosis única de Nitrógeno.

6.9.7 Cosecha

La cosecha se realizó manualmente al finalizar el ciclo del cultivo, la fecha de siembra fue el 05 de Junio de 2,013 y la cosecha el 23 de Agosto de 2,013 con una humedad del 20%, se procedió a la cosecha de todos los tratamientos, etiquetándolos. La cosecha tuvo un secado apropiado para poder extraer los granos sin problema y para tener la humedad deseada (11-12%) y así evitar problemas fitosanitarios. Con lo cual se procedió a realizar los análisis respectivos.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

6.10.1 Días a floración

Se anotaron los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela neta presentaron por lo menos una flor.

6.10.2 Días a madurez fisiológica

Esta variable se midió cuando la primera vaina inició su decoloración y secado en el 50% de las plantas de la parcela neta.

6.10.3 Componentes de rendimiento

- Número de vainas por planta

Al momento de la cosecha se tomaron al azar 5 plantas por unidad experimental, manualmente se cortaron las vainas y se procedió al conteo de las mismas, obteniendo el promedio respectivo.

- Número de granos por vaina

Manualmente se obtuvo el grano correspondiente de las vainas de las cinco plantas tomadas al azar (utilizadas para medir la variable anterior), se procedió al conteo y se obtuvo el promedio respectivo, a partir de la división del número total de granos entre las 25 vainas muestreadas.

- Peso de 100 semillas en gramos

En cada tratamiento se tomaron al azar 100 granos y se determinó el peso en gramos con una balanza analítica.

6.10.4 Rendimiento total de grano corregido al 14 % de humedad en ton/ha

Se utilizó una balanza analítica y se registró el peso en kilogramos de semilla proveniente de todas las plantas cosechadas en la parcela neta para cada uno de los tratamientos y con ello determinar el rendimiento de grano corregido al 14% de humedad en ton/ha.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico

Para el análisis de cada una de las variables bajo estudio se realizó el análisis de varianza (ANDEVA), con la finalidad de determinar si existe diferencia estadística significativa para la fuente de variación de los tratamientos. Al obtener significancia estadística para determinada variable se procedió a establecer diferencias reales entre tratamientos por medio de prueba múltiple de medias, Diriensén, Guzmán y Casanova, posteriormente aparecerá con las siglas (DGC).

6.11.2 Análisis económico

Se realizó el análisis económico considerando la relación beneficio/costo y rentabilidad. El análisis de beneficio/costo consistió en la relación que indica la razón entre los beneficios y los costos a una tasa de oportunidad del capital la cual tiene valores mayores y menores de uno. Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula, Aguirre, J.A. (1985).

BENEFICIO COSTO

$$B/C = \frac{VPB}{VPC}$$

Dónde:

RBC = Relación beneficio / costo.

VPB = Valor presente neto de los beneficios brutos o netos.

VPC = Valor presente neto de los costos brutos o netos.

RENTABILIDAD

$$\text{Rentabilidad} = (\text{Ganancia} / \text{Inversión}) \times 100$$

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 RENDIMIENTO EN KG/HA

Los datos de rendimiento se tomaron de los 2 surcos centrales de la parcela bruta y se descartaron las plantas de las cabeceras de cada uno para evitar el efecto borde al momento de realizar las lecturas, teniendo así un ancho de 1.0 m * 4.80 m de largo con una área de 4.8 m².

Distanciamientos de siembra (0.5 m. entre surcos y 0.20 m. entre posturas), 8 posturas por surco.

Cuadro 5. Rendimiento, en Kg/ha de frijol, Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.

Tratamiento No.	TRATAMIENTO		REPETICIÓN				Total	Promedio (kg/ha)
	N (kg/ha)	Zeolita (kg/ha)	I	II	III	IV		
1	60	0	2046	1891	2051	1445	7433	1858.15
2	60*	9	2316	2175	2116	2045	8651	2162.77
3	60	18	1979	2496	2274	1786	8535	2133.79
4	60	27	2496	2641	2351	2184	9673	2418.30
5	0	9	2403	1978	2012	2216	8609	2152.26
6	0	0	2384	1825	2261	1834	8305	2076.18

En el cuadro 5 pueden apreciarse los datos que corresponden a cada uno de los rendimientos obtenidos en los correspondientes tratamientos de cada repetición. Dichos datos son los que sirvieron para el análisis de los resultados de acuerdo con los objetivos del experimento, se puede observar efecto de la combinación zeolita-Nitrógeno, en este caso en el cultivo de frijol, variedad ICTA-ligero.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de frijol en kg/ha, Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1054212.17	8	131776.52	3.03	0.0308
REPETICION	409288.46	3	136429.49	3.13	0.0569
TRATAMIENTO	644923.71	5	128984.74	2.96	0.0469 *
Error	653105.79	15	43540.39		
Total	1707317.96	23			

CV= 9.78; * Significativo al \pm 5%

El análisis de varianza aplicado a los datos del cuadro anterior, indica que hay diferencia significativa (al 5%) entre los tratamientos, tal como se pueden apreciar en el cuadro 6, con coeficiente de variación de 9.78, lo que permite confiar en el buen manejo y conducción del experimento.

Considerando los resultados del análisis de varianza presentados en el cuadro anterior, se procedió a la prueba de medias de DGC* al 5%, con lo que se identificaron dos grupos diferentes, uno con el tratamiento 4 que es el que presenta el mayor rendimiento (A) y, los restantes 5 tratamientos con algunas diferencias entre sí, pero estadísticamente iguales, estos constituyen el grupo clasificado con la letra B, tal como se aprecia en el cuadro 7.

Cuadro 7. Prueba de medias DGC* al 5%, para la variable rendimiento de grano de frijol en kg/ha, Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
4	2418.00	4	A
2	2163.00	4	B
5	2152.25	4	B
3	2133.75	4	B
6	2076.00	4	B
1	1858.25	4	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

* Dirriensen, Guzmán y Casanova.

Hay una diferencia de 255 kg/ha en rendimiento de grano, con relación al tratamiento 2 que es el más próximo en rendimiento y en consecuencia con más rendimiento que el resto de tratamientos.

El tratamiento 2 (60 kg N/ha + 0 kg zeolita/ha), es el tratamiento referente que tiene únicamente Nitrógeno. Por lo tanto puede inferirse, que el incremento en el rendimiento del tratamiento 4, se debe al efecto de la zeolita con el fertilizante nitrogenado (urea). Igualmente, podría decirse, aunque estadísticamente no hay diferencia significativa, que en dosis por arriba y por debajo del tratamiento 4, el efecto de la combinación zeolita + Nitrógeno, es un tanto depresivo en el rendimiento.

7.2 NÚMERO DE GRANOS POR VAINA

Para la variable número de granos por vaina, se procedió a realizar el análisis de varianza tal como se demuestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Andeva para variable número de granos por vaina.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1035201.01	8	104629.18	2.87	0.1221 N.S.
REPETICION	377298.22	3	114513.61	2.82	0.0934 N.S.
TRATAMIENTO	564632.63	5	121437.38	2.89	0.0898 N.S.
Error	574117.41	15	34271.42		
Total	1715336.61	23			

CV= 3.83; * Significativo al \pm 5%

En base a los resultados del cuadro 8. Se establece que los factores analizados resultaron ser no significativos, por lo que no se procedió a realizar la prueba de medias. Este resultado es lógico de obtener ya que el número de granos por vaina es un factor genético, está establecido en la literatura consultada cuando se describe la variedad ICTA Ligero, en la cual dice que las vainas de esta variedad tienen cinco granos.

7.3 DÍAS A FLORACIÓN

Cuadro 9. Andeva para la evaluación de la variable días a floración.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1174310.12	8	131525.34	2.87	0.1004 N.S.
REPETICION	389435.31	3	156325.42	2.82	0.0887 N.S.
TRATAMIENTO	497471.46	5	134243.24	2.89	0.0943 N.S.
Error	489978.98	15	37894.76		
Total	1978678.54	23			

CV= 3.83; * Significativo al \pm 5%

Los factores analizados en el ANDEVA resultaron ser no significativos, como era de esperarse, ya que la floración es una característica genética, por tal motivo no se procedió a realizar la prueba de medias para ese factor.

7.4 VAINAS POR PLANTA

Cuadro 10. Análisis de varianza para el factor número de vainas por planta, aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	148.34	8	18.54	2.75	0.0435
REPETICION	128.67	3	42.89	6.36	0.0054
TRATAMIENTO	19.66	5	3.93	0.58	0.7128 N.S.
Error	101.17	15	6.74		
Total	249.51	23			

CV = 8.80; NS = no significativo

En el ANDEVA, cuadro 10, los factores analizados resultaron ser no significativos, por lo que no es necesario realizar la prueba de medias.

7.5 PESO DE 100 GRANOS (G)

Cuadro 11. Análisis de varianza para el factor peso de 100 granos (g), aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.10	8	0.51	0.37	0.9187
REPETICION	2.64	3	0.88	0.64	0.6009
TRATAMIENTO	1.46	5	0.29	0.21	0.9515 N.S
Error	20.58	15	1.37		
Total	24.68	23			

C.V = 5.53

En lo que respecta a peso de 100 granos, en el análisis de varianza no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados por lo que no procede la prueba de medias.

7.5 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO

El análisis económico consistió básicamente en comparar los costos totales de producción, con los ingresos del producto, para determinar los beneficios y la rentabilidad de la inversión por cada tratamiento.

Cuadro 12. Costos promedio por tratamiento en Quetzales por hectárea.

Actividades	I	II	III	IV	V	VI
Preparación del suelo	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
Siembra	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Control de malezas	500	500	500	500	500	500
Control de plagas	550	550	550	550	550	550
Fertilización	300	300	300	300	300	300
Costo del tratamiento	574	583	592	601	009	000
Cosecha	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Total	5,324	5,333	5,342	5,351	4,759	4,750

Los costos del cuadro 12, son los que provienen de los gastos incurridos en el manejo de la investigación, y estos prevalecen en la región donde se montó el trabajo.

Nota: El precio por kg de N es Q9.57/kg, y el precio de la Zeolita es de Q1.00/kg.

Los ingresos se detallan en el cuadro 13, en el mismo se determinan los rendimientos obtenidos con los diferentes tratamientos aplicados, cuantificando los mismos en T/ha.

El precio promedio de venta es de Q. 5,500.00 por tonelada de frijol, precio promedio en todo el año.

El ingreso del cultivo, se obtuvo al multiplicar el rendimiento T/ha por el precio promedio.

Cuadro 13. Ingresos promedio por tratamiento en quetzales por hectárea.

Tratamientos	Rendimiento T/ha	Precio/T "Q"	Ingreso/ha "Q"
1	1.85815	5,500.00	10,230.00
2	2.16277	5,500.00	11,880.00
3	2.13379	5,500.00	11,715.00
4	2.41830	5,500.00	13,310.00
5	2.15226	5,500.00	11,825.00
6	2.07618	5,500.00	11,440.00

Para determinar la rentabilidad de la inversión, se utilizó la relación beneficio/costo, por su fácil aplicación, adecuada y confiable porque se ajusta a procesos y diseños cortos de inversión. El beneficio no es más que la diferencia de los ingresos menos los costos, convirtiéndose este beneficio en el numerador y los costos en el denominador de esa relación, recomendándose la inversión si el resultado es mayor que 100. Los resultados se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Relación beneficio/costo, promedio por tratamiento.

Tratamiento	Ingreso promedio “Q”	Costo “Q”	Beneficios “Q”	Relación beneficio/costo
1	10,230.00	5,324	4,906	92
2	11,880.00	5,333	6,547	123
3	11,715.00	5,342	6,373	119
4	13,310.00	5,351	7,959	149
5	11,825.00	4,759	7,066	148
6	11,440.00	4,750	6,690	140

Con los datos obtenidos en la tabla anterior, se tiene una rentabilidad que oscila entre el 92% para el tratamiento N 60 kg/ha + 0 kg/ha zeolita (0%) (T1), y 149% para el tratamiento **N 60 kg/ha + 27.0 kg/ha zeolita (45%)** (T4), considerándose este último como el tratamiento que se obtiene mayor rentabilidad.

La diferencia del 57% en la relación beneficio/costo del T4 y el T1 se debe a la inversión de los insumos (Fertilizante y Zeolita), que es mayor en el T4.

VIII. CONCLUSIONES

1. Para el factor rendimiento, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se acepta la Hipótesis alternativa planteada.
2. Los tratamientos son estadísticamente iguales en cuanto a días a floración, este se relaciona con madurez fisiológica.
3. El tratamiento T4 (60 kg N/ha + 27 kg zeolita/ha), presentó el mayor rendimiento (2418 kg/ha), superando con 255 kg/ha en rendimiento de grano al más próximo, el tratamiento T2 (60 kg N/ha + 9 kg zeolita/ha), y al resto de tratamientos. La diferencia del 57% en la relación beneficio/costo del T4 y el T1 se debe a la inversión de los insumos (Fertilizante y Zeolita), que es mayor en el T4.
4. La diferencia en el incremento de rendimiento en el grano de frijol ICTA-Ligero, puede deberse al efecto de la combinación zeolita + Nitrógeno.
5. En el análisis de costos, el tratamiento que manifestó mayor rentabilidad (57%), en esta investigación fue el T4 (**N 60 kg/ha + 27.0 kg/ha Zeolita**).

IX. RECOMENDACIONES

1. Continuar el estudio para confirmar el efecto en el uso de la zeolita combinada con Nitrógeno.
2. Continuar investigaciones de Zeolita con otras fuentes de Nitrógeno y otros elementos mayores o primarios; Fósforo y Potasio.
3. Se recomienda hacer estudios a nivel de invernadero y laboratorio, para conocer el efecto de la zeolita en la retención de humedad y en el mejoramiento de la Capacidad de Intercambio Catiónico, entre otros efectos de beneficios para los cultivos.
4. Para los agricultores del Oriente de Guatemala, productores de frijol, se recomienda aplicar nitrógeno en combinación con zeolita en la siguiente proporción N 60 kg/ha + 27.0 kg/ha zeolita (45%).

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, J.A. (1985). Introducción a la evaluación económica y financiera de inversiones agropecuarias. Manual de instrucción programada. Serie de libros y materiales educativos/IICA; no. 46 San Isidro de Coronado, Costa Rica. pp. 71-127.

Alvares, C. (1988). Evaluación de nitrógeno, potasio y densidad de siembra en el rendimiento de frijol ejotero (Phaseolus vulgaris L.) variedad ICTA Ligero, San Sebastian, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 44 p

AKIANTO, (2010). Frijol Ejotero. Revista Agro- negocios Edición Mayo, Junio 2010 Guatemala. http://issuu.com/goartgt/docs/revistagronegocios_Frijol

Carrillo, E. (1998). Evaluación bajo invernadero de la eficiencia de cepas nativas de Rhizobium phaseoli en la fijación de nitrógeno atmosférico. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 55 p

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO. (1979). América Latina: más población y menos frijol per cápita. Hojas de frijol para América Latina. CIAT. 22 p

Corella, C. (2005) aplicaciones y usos de zeolitas. La Habana Cuba. 24 p Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/las-zeolitas/las-zeolitas.pdf>

C. Simmons, (1959). Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala. Ministerio de Educación Pública.

FAO, (1995). Manual técnico de la fijación del nitrógeno. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 35 p

Flores 1997. Revisión de algunos criterios sobre la recomendación de fertilizantes en frijol. En: Frijol: Investigación y producción. CIAT 1985.

FERTIGLOBAL, (2002). Ficha técnica nitrato de amonio. Consultado 2 de Septiembre 2012. Disponible en:
http://www.bramell.cl/archivos/productos/20101026160303_Nitrato-de-amonio.pdf

FERTIGLOBAL, (2002). Ficha técnica nitrato de calcio. Consultado 2 de Septiembre 2012. Disponible en:
http://www.bramell.cl/archivos/productos/20101103090038_Nitrato-de-Calcio.pdf

FERTIGLOBAL, (2002). Ficha técnica nitrato de potasio. Consultado 2 de Septiembre 2012. Disponible en:
http://www.fumex.cl/pdfs/fichas_tecnicas/nitrato_de_potasio.pdf

García Arriaza, BE. (1999). Caracterización de 42 cultivares de frijol (Phaseolus Vulgaris L.) Nativos de Guatemala, en la ciudad de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 69 p

Guerra, H. (2002). Respuesta genético ambiental de trece líneas de frijol Phaseolus vulgaris L. con tolerancia a estrés por altas temperaturas en siembras bajo riego en el valle el Rio San Jose, Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, Guatemala. USAC. 45 p

Google Earth, (2006). Imágenes satelitales, La Fragua, Zacapa, Guatemala.

Guillen M. (2007). Estudio exploratorio sobre densidades de siembra y el sitio de aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y fosforo en el rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedad ICTA Ligero en el parcelamiento Cuyuta, Masagua, Escuintla. Tesis Ing. Arg. Guatemala. USAC. 69 p

Henriquez, GR; Prophete, E; Orellana, CL. (1992). Manejo agronómico del cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Colombia, CIAT. 3,9-16 p

Icaza, SJ. (1965). Nuestros alimentos, frijol. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. s.p. 113 p

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola), (2006). Manual para manejo frijol icta ligero. Guatemala. C.A. 6 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias,(INFAP, 2009). Tecnología para la producción de frijol en el norte centro de México: Biofertilización en el cultivo de frijol en el estado de San Luis Potosí. (En línea. México. Consultado 21 de agosto del 2012. Disponible en: <http://frijol.inifap.gob.mx>.

ISQUISA, (2007). Ficha técnicas UREA. Consultado 2 de septiembre. 2012.
Disponible en: <http://www.isquisa.com/site/files/productos/Urea.pdf>

ISQUISA, (2010). Ficha técnica sulfato de amonio. Consultado 2 de septiembre 2012. Disponible en:
http://www.isquisa.com/site/files/productos/Sulfato_de_Amonio.pdf

Lara Porras A.M. (2000). Diseño estadístico de experimentos, análisis de la varianza y temas relacionados: tratamiento informático mediante SPSS. Ed.: Proyecto Sur
Disponible en: Martin, G. (2001) Síntesis, caracterización y aplicaciones catalíticas de zeolitas básicas. Tesis de doctorado. Disponible en:
<http://eprints.ucm.es/tesis/qui/ucm-t25174.pdf>

Martín, (2001). Las zeolitas de la costa de Ecuador: geología, caracterización y aplicaciones. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, España. 307 p.

Martín, (2005). Beneficios que producen las zeolitas en los suelos: situación actual y perspectivas. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Nota de Análisis. México, D.F. 25 p.

Masaya, P. (1968). Estudio sobre el abonamiento y densidad de siembra del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 70 p.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, (MAGA ,2011). El agro en cifras 2011. (En línea). Dirección de planeamiento. Guatemala. Consultado 28 de agosto del 2012. Disponible en: <http://www.maga.gob.gt/portal.maga.gob.gt>

MINATO, H. and TAMURA, T. (1978) Production of oxygen and nitrogen with natural zeolites: in Natural Zeolites: Occurrence, Properties, and Use. L: B. Sand and F. A. Mumpton eds., Pergamon Press, Elmsford, New York, pp. 509-513 p

MUMPTON, F. A. (1984) Natural Zeolites: in Zeo-agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and Acquaculture, W.G. Pond and F.A. Mumpton, eds., Westview Press, Boulder, Colorado, 33-43 p

Naiman, R. Rosenfeld, G. Zirkel. (1987). Introducción a la Estadística. México, D.F. Editorial Mc Graw Hill.Simmons, (1959). Clasificación de los suelos de Guatemala, Editorial del Ministerio de Educación pública, “José de Pineda Ibarra”, 1959.

Sitún, Mauricio, (2005). Investigación agrícola, Guatemala, ENCA

Volver A Cultivos, (2001) El cultivo del frijol y el ejote. Consultado el 25 de agosto 2012. Disponible en: <http://fflugsa.tripod.com/frijol.htm>.

XI. ANEXOS

Cuadro 1A. Resultados del análisis textural y químico del laboratorio, del suelo de la aldea Las Animas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.

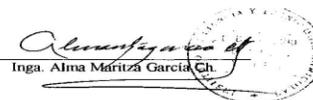
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS
LABORATORIO DE SUELOS, AGUA Y PLANTAS
 Km. 21.5 Carretera al Pacífico, Bárcena, Villa Nueva
 PBX 66297899 Ext. 758. E-mail: labsuelos@icta.gob.gt
 Guatemala, C. A.

INTERESADO: Ing. Raúl Alfaro
PROCEDENCIA: San Miguel Chaparrón, Jalapa
Fecha de Ingreso: 13/11/2013

Fecha de Entrega: 28/11/2013

		miligramos / L		meq. / 100 ml suelo		miligramos / litro				
No.	Identificación de la muestra	pH	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc
	NIVELES ADECUADOS	5.5 – 6.5	12 – 16	120 – 150	6 – 8	1.5 – 2.5	2 – 4	10 -15	10 – 15	4 – 6
244	Campo 1 – Muestra 33	5.4	18	482	19	4.2	0.2	7.1	35	2
245	Campo 1 – Muestra 34	5.7	30	351	18	3.8	0.2	11	24	2

No.	PORCENTAJE			Clase Textural	% Materia Orgánica
	Arcilla	Limo	Arena		
244	43.04	23.53	33.43	Arcilloso	3.2
245	43.90	24.14	31.96	Arcilloso	3.9


 Inga. Alma Mániz García Ch.

- Los datos de análisis son válidos para la muestra en la forma como fue recibida en el laboratorio y en su impresión original.
- El laboratorio del ICTA no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a estos datos de análisis.
- Solución Extractora: Mehlich I

Figura 5. Fotografías de la evaluación, en Aldea Las Ánimas, San Manuel Chaparrón, Jalapa.



Zeolita



Recipientes para aplicación exacta de Zeolita



Semilla de frijol negro (*Phaseolus vulgaris L.*)
Icta Ligero



Medida de Zeolita para aplicación



Momento de la siembra



Momento de la aplicación



Siembra de la semilla



Mezcla de Zeolita + N



Diferenciación de tratamientos



Evaluación de tratamientos



Identificación de tratamientos



Momento de recolección