



Programa Consorcios de Investigación Agropecuaria

CRIA Norte
Cadena de Maíz

Título

Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays* L), a la aplicación de nitrógeno proveniente de abonos verdes y fertilizante químico, en condiciones de finca de agricultores en la región Norte de Guatemala.

Investigadores Principales, Disc. Suelos

Ing. Agr. Erberto Raul Alfaro Ortiz
Inga. Agr. Virginia Piril

Investigadores Asociados, CINOR

Ing. Agr. Mairor Osorio
Ing. Agr. Carlos Sis
P.A. Marco Antonio Colocho
P.A. Daniel Peinado

Guatemala octubre 2018

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-.

Siglas y Acrónimos

CRIA = Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria

FTN = Franja Transversal del Norte

ICTA = Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

POA = Plan Operativo Anual

ABSTRACT

FINAL REPORT

TITLE OF THE PROJECT:

Response of the cultivation of maize (*Zea mays* L), to the application of nitrogen from green fertilizers and chemical fertilizer, under farm conditions of farmers in the northern region of Guatemala.

Principal Investigators, Soil Discipline

Ing. Agr. Erberto Raul Alfaro Ortiz
Inga. Agr. Virginia Piril

Associated Researchers, CINOR

Ing. Agr. Mairor Osorio
Ing. Agr. Carlos Sis
P.A. Marco Antonio Colocho
P.A. Daniel Peinado

PERIOD OF EXECUTION: 2017-2018

SUMMARY

The production of staple foods, to the Guatemalan population, carry out mainly, peasants and small farmers. However, this production is made in marginal lands, with problems in the availability of water and soils with low fertility problems, due to severe water erosion suffered. To contribute to the solution of this problem, within the alternatives that can be, is the technology of green manures, as a source of nitrogen for a better management of the soil. Determinations of *Mucuna Pruriens* (green manure) N contribution to the cultivation of corn, carried out in previous trials, presented promising results for nitrogen fertilization of corn with such fertilizers.

In this project the overall aim was the; Evaluate the effect of green manure (leguminous) combined with different doses of nitrogen chemical fertilizer on the yield of maize variety ICTA B-7. The research was conducted in six localities in Ixcán and Fray B. of the houses of the transverse northern fringe and in the basin of the Polochic Panzos. We used an experimental design of complete randomized blocks, arrangement of split plots treatments; in the large parcel of green manuring methods and treatments with nitrogenous chemical fertilizer, in the subplot. An analysis of variance combined with the variables height and grain yield of maize was made. Within the conclusions you have, found highly significant difference in height and grain yield of maize, due to the effect of green manure application method and use, also there were statistical differences between locations. Not be found...

PERIODO DE EJECUCIÓN: 2017-2018

RESUMEN

La producción de alimentos básicos, para la población guatemalteca, la llevan a cabo principalmente, los campesinos y los pequeños agricultores. Sin embargo, dicha producción se realiza en tierras marginales, con problemas en la disponibilidad de agua y, suelos con problemas de baja fertilidad, producto de la severa erosión hídrica que sufren. Para contribuir a la solución de dicha problemática, dentro de las alternativas que se pueden emplear, está la tecnología de abonos verdes, como fuente de nitrógeno para un mejor manejo del suelo. Determinaciones del aporte de N de *Mucuna pruriens* (abono verde) al cultivo de maíz, realizadas en ensayos previos, presentaron resultados promisorios para la fertilización nitrogenada del maíz con dichos abonos. En el presente proyecto el objetivo fue: evaluar el efecto del abono verde (leguminosas) combinado con diferentes dosis de fertilizante químico nitrogenado, en el rendimiento de maíz variedad ICTA B-7. La investigación se realizó en seis localidades, ubicadas en Ixcán y Fray Bartolomé de las Casas, de la Franja Transversal del Norte y Panzós en la cuenca del Polochic. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar; los tratamientos en arreglo de parcelas divididas; en la parcela grande los métodos de aplicación del abono verde; los tratamientos con fertilizante químico nitrogenado se ubicaron en la parcela chica. Se hizo un análisis de varianza combinado a las variables altura y rendimiento de grano de maíz. Se encontró diferencia altamente significativa en la altura y rendimiento del grano de maíz, debido al efecto del uso y método de aplicación del abono verde, también hubo diferencia estadística entre localidades. No se encontró diferencia significativa en las dosis de fertilizante químico nitrogenado, ni en la interacción abono verde-dosis de fertilizante químico nitrogenado.

Palabras clave: Abono verde, leguminosas, fertilización nitrogenada, métodos de aplicación, fijación biológica.

Índice de Contenido

ABSTRACT.....	I
RESUMEN.....	II
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 El nitrógeno en el suelo.....	2
2.1.1 El nitrógeno en la planta	2
2.2 Las leguminosas y los abonos verdes.....	3
2.3 Fertilización nitrogenada	3
2.4 Metodologías isotópicas para estudio de la eficiencia de la fertilización nitrogenada y otros del ciclo de N.....	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA	6
4. OBJETIVOS.....	7
4.1 General.....	7
4.2 Específicos	7
5. HIPÓTESIS.....	8
6. MATERIALES Y MÉTODOS	9
6.1 Localización y descripción del área.....	9
6.1.1 Condiciones edáficas.....	9
6.1.2 Condiciones climáticas	10
6.2 Manejo del experimento.....	10
6.2.1 Abonos verdes y su aplicación.....	10
6.2.2 Siembra	12
6.3 Factores estudiados.....	13
6.4 Diseño experimental	13
6.4.1 Modelo para el diseño en parcelas divididas.....	13
6.4.2 Fertilización y aplicación de tratamientos	14
6.5 Variables respuestas	17
6.6 Análisis de la Información	17

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
7.1 Cantidad de Nitrógeno fijado (kg/ha) por la leguminosa usada como abono verde en el experimento.	18
7.2 Análisis estadísticos.....	19
7.2.1 Análisis de varianza combinado para la variable altura de planta	20
7.2.2 Análisis de varianza combinado para la variable rendimiento de grano de maíz	23
7.3 Análisis económico y relación beneficio / costo.....	27
8. CONCLUSIONES	28
9. RECOMENDACIONES	29
10. BIBLIOGRAFÍA	30
11. ANEXO	32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Municipio, localidad y coordenadas geográficas de los sitios donde se establecieron los ensayos.	9
Cuadro 2. Serie, material de origen, relieve, color, textura y fertilidad de los suelos clasificados en las regiones de la Franja Transversal y el Polochic.....	9
Cuadro 3. Municipio, localidad, fechas de siembra, corte y aplicación del abono verde, siembra de maíz y aplicación de nitrógeno químico.	11
Cuadro 4. Descripción, dimensiones y especificaciones del experimento en sus dos etapas.	12
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos; dosis de fertilizante químico nitrogenado, por parcela chica (kg/ha y g/postura) y métodos de aplicación del abono verde por parcela grande.	15
Cuadro 6. Rendimiento (kg/ha) de mucuna y maíz para abono verde.	19
Cuadro 7. Análisis de varianza combinado para la variable altura de planta de maíz en floración.	20
Cuadro 8. Prueba de medias (combinado) para la variable altura de planta, según aplicación del abono orgánico.	21
Cuadro 9. Prueba de medias (combinado) para la variable altura de planta, por localidad.....	22
Cuadro 10. Análisis de la varianza combinado para la variable rendimiento, en seis localidades que incluyó el experimento	23
Cuadro 11. Prueba de medias (combinado) para la variable rendimiento por localidad	24
Cuadro 12. Prueba de medias (combinado) para la variable rendimiento, según aplicación del abono orgánico.	25
Cuadro 13. Resumen del análisis económico de ocho tratamientos de fertilización nitrogenada y métodos de aplicación en maíz (<i>Zea mays</i>).	27
Cuadro 14A. Costos de la producción de maíz, usando abono verde o fertilizante químico nitrogenado, manejo 2 (abono verde incorporado)	32

Cuadro 15A. Costos de la producción de maíz, usando abono verde o fertilizante químico nitrogenado, manejo 3 (abono verde mulch).....	33
Cuadro 16A. Costos de la producción de maíz, usando abono verde o fertilizante químico nitrogenado, manejo 1 (sin abono verde).....	34
Cuadro 17A. Resultados del análisis físico-químico de suelos del municipio de Fray Bartolomé, Alta Verapaz. Laboratorio de suelos de ICTA.	35
Cuadro 18A. Resultados del análisis físico-químico de suelos del municipio de Panzos, Alta Verapaz. Laboratorio de suelos de ICTA.....	36
Cuadro 19A. Resultados del análisis físico-químico de suelos del municipio de Ixcan, Quiche. Laboratorio de suelos de ICTA.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de campo, con los bloques y tratamientos, del experimento	16
Figura 2. Altura de planta del maíz, según la aplicación del abono verde.	21
Figura 3. Altura de planta del maíz, según localidad.	22
Figura 4. Rendimiento de maíz en cada localidad.	25
Figura 5. Efecto del uso o no de abono verde en el rendimiento de maíz, por localidad.....	26

1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de abonos verdes se realiza dentro del POA del ICTA, conjuntamente con el programa CRIA. El objetivo del proyecto fue evaluar los beneficios que ofrecen los abonos verdes en la producción agrícola, específicamente, en el aporte de nitrógeno, como es el caso de las leguminosas que son usadas para tal fin. Otro aporte valioso que es necesario resaltar del uso de abonos verdes, es el de la recuperación y conservación de los suelos.

Dentro de este contexto, se busca ofrecer alternativas de producción sostenida, particularmente para las condiciones de baja fertilidad de los suelos, en tierras de la Franja Transversal del Norte y otras regiones del país.

En tal sentido, se evalúa el uso de leguminosas como abonos verdes, particularmente, por el volumen de materia verde que producen y por la capacidad de aportar nitrógeno en beneficio de otro cultivo no fijador, como es el caso del maíz. Por lo que en el presente estudio se evaluó la *Mucuna pruriens*, conocida como frijol abono.

Se establecieron seis ensayos experimentales, dos en Ixcán, El Quiché, dos en Fray Bartolomé de Las Casas, Alta Verapaz, estos se ubicaron en la denominada Franja Transversal del Norte y, dos en Panzós, Alta Verapaz, en la región de la cuenca del río Polochic.

El objetivo del experimento fue “Evaluar el efecto del abono verde (leguminosa) combinado con diferentes dosis de fertilizante químico nitrogenado, en el rendimiento de maíz variedad ICTA B-7”. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar y los tratamientos en un arreglo de parcelas divididas; cinco tratamientos constituyeron las parcelas chicas y fueron las dosis del fertilizante químico nitrogenado (0, 50, 100, 150 y 200 kg N/ha), como fuente de nitrógeno químico se usó urea comercial con 46% de N. Las parcelas grandes se hicieron de la siguiente manera: parcela limpia, parcela con abono verde incorporado y parcela con abono verde depositado en la superficie (mulch).

Según los resultados, se encontró diferencia altamente significativa en la altura de la planta y en el rendimiento del grano de maíz, debido al efecto del uso y método de aplicación del abono verde, fueron diferentes los resultados en las localidades. No se presentó diferencia estadística significativa entre las dosis de fertilizante químico nitrogenado, ni entre la interacción abono verde-fertilizante químico.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 El nitrógeno en el suelo

El contenido de nitrógeno total en los suelos comprende entre 0.2 y 0.7 por ciento para la denominada capa arable. El porcentaje tiende a disminuir al aumentar la profundidad del perfil. Dentro de los factores de formación del suelo, el clima es el que influye más directamente en el contenido total del nitrógeno, cuyo porcentaje tiende a incrementarse al disminuir la temperatura y al aumentar la precipitación, dentro de ciertos límites (Urquiaga, S.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. 1993).

2.1.1 El nitrógeno en la planta

El nitrógeno es el elemento más crítico en el crecimiento de las plantas. Es constituyente de proteínas, clorofila, ácidos nucleicos y otras sustancias de las plantas. Un suministro adecuado de nitrógeno produce paredes celulares más delgadas, originando plantas más delicadas y suculentas, significando plantas mejor desarrolladas y más productivas (Donahue, et. al., 1988).

Una deficiencia de nitrógeno se traduce en una palidez gradual de las hojas maduras que llegan a tornarse amarillentas y se desprenden. La clorosis se extiende de las hojas maduras a las jóvenes, las que usualmente no muestran los síntomas característicos de deficiencia hasta que están muy avanzados en las partes viejas de la planta. Un síntoma típico de deficiencia de nitrógeno, es la producción de antocianinas en los tallos, nervaduras foliares y peciolo, los cuales pueden volverse rojos o púrpuras. Las hojas jóvenes de plantas deficientes a veces son más erguidas y se extienden menos de lo normal, la ramificación o ahijamiento se suprime debido al continuo letargo de yemas laterales. Las plantas responden de varias maneras a suministros altos o bajos de nitrógeno. La sobreabundancia de nitrógeno causa con frecuencia, una gran proliferación de tallos y hojas, pero determinan una reducción de frutos en plantas de cultivo. Un suministro de potasio y fósforo, da generalmente una producción mucho mayor de semilla y fruto de los cultivos agrícolas (Tisdale, 1977).

Este elemento, para ser absorbido por la mayoría de las plantas (excepto las leguminosas), debe estar en forma diferente que la del nitrógeno elemental. Las formas más comúnmente asimiladas por las plantas son los iones de nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+) aunque la urea (NH_2CONH_2) puede ser también absorbida por las plantas (Tisdale, 1977).

2.2 Las leguminosas y los abonos verdes

Las leguminosas son utilizadas como abonos verdes debido al requerimiento no muy elevado de nitrógeno y porque son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Cuando estas plantas se entierran como abonos verdes aportan nitrógeno al suelo (CIDDICO, 1992).

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el contenido de materia orgánica y nitrógeno de las plantas varía con la edad; en general se ha evaluado que en las primeras fases de la etapa vegetativa, contiene un valor alto de nitrógeno en los tejidos y la mayor cantidad de nitrógeno total es acumulada al momento de la floración y este es el momento más oportuno de incorporar al suelo. (CIDDICO, 1992).

Hay que considerar que el momento de siembra del cultivo depende del momento de incorporar el abono verde. De manera general, deben dejarse transcurrir dos a tres semanas. La razón es que al ingresar al suelo grandes cantidades de materia orgánica, se presenta una corta deficiencia transitoria de nitrógeno, debido a la proliferación de bacterias que atacan los tejidos vegetales, las cuales utilizan el nitrógeno en su alimentación; además, durante los primeros días de descomposición, el agua de lluvia solubiliza algunos constituyentes de las hojas, los cuales parece que absorben oxígeno del suelo en una proporción tan alta que privan a las semillas de la cantidad necesaria para su germinación (CIDDICO, 1992).

2.3 Fertilización nitrogenada

Los suelos agrícolas por más pobres que sean, poseen algunas toneladas de N en su perfil. Sin embargo, su baja disponibilidad hace que la mayoría de los cultivos, especialmente aquellos que no poseen un sistema eficiente de fijación biológica de N_2 (FBN) sufran por falta de este nutriente. A partir de la crisis energética mundial de los años 70 que aumentó significativamente los precios de los fertilizantes nitrogenados, el uso de este insumo agrícola pasó a ser más limitado, con las obvias consecuencias sobre la producción agrícola. Por ello, los estudios sobre la dinámica de N-fertilizante en el sistema suelo/planta se intensificaron, tratándose principalmente de determinar los factores y procesos más relacionados con la recuperación del N-fertilizante por las plantas, conocida como eficiencia de la fertilización nitrogenada (Urquiaga, S.; Zapata, F. 2000).

La eficiencia de recuperación del N-fertilizante por las plantas (ERNF) expresa la proporción del N aplicado como fertilizante (N-fertilizante) que fue recuperado (absorbido) por determinado cultivo o variedad (genotipo). Así, en la medida que este valor sea más alto se estará haciendo un buen manejo de la fertilización, lo cual

podrá repercutir significativamente en el rendimiento de los cultivos y en un menor impacto ambiental (Urquiaga, S.; Zapata, F. 2000).

En estos estudios, el uso de técnicas de ^{15}N han sido fundamentales para en corto tiempo, determinar el destino del N-fertilizante en los sistemas agrícolas. Se han realizado diversos estudios para que mediante la adecuada selección del tipo de fertilizante, así como la oportuna localización y aplicación fraccionada del fertilizante, se alcancen los más altos rendimientos de los cultivos. Se han obtenido resultados y experiencias satisfactorias, pero estos estudios deben continuar pues los resultados son específicos para ciertas condiciones y dichas condiciones de suelo, cultivo y manejo varían significativamente de localidad a localidad (Urquiaga, S.; Zapata, F. 2000).

Los resultados de estudios de balance del ^{15}N -fertilizante en diversos sistemas de cultivo, especialmente en los trópicos húmedos, han demostrado que gran parte del N-fertilizante que no es absorbido por el cultivo principal queda en el suelo, formando parte de las raíces del cultivo y/o biomasa microbiana, con disponibilidad parcial para los siguientes cultivos (Urquiaga, S.; Dobereiner, J. 1991).

En estudios de calibración de los métodos de análisis de suelos, se debe utilizar la cantidad total de nutriente extraída por el cultivo. A fin de lograr un mayor entendimiento de la absorción de nutrientes por las plantas y para optimizar las prácticas de fertilización, se realizan estudios de seguimiento o marcha de absorción de nutrientes por los cultivos. Si se utiliza ^{15}N en estos estudios se puede diferenciar el N absorbido del fertilizante y del suelo (Urquiaga, S.; Dobereiner, J. 1991).

2.4 Metodologías isotópicas para estudio de la eficiencia de la fertilización nitrogenada y otros del ciclo de N

El método isotópico directo, consiste en la utilización de fertilizantes nitrogenados marcados durante su fabricación con el isótopo estable ^{15}N . Este método se emplea también para evaluar materiales orgánicos diversos que pueden ser marcados con ^{15}N . En general, todos los compuestos nitrogenados que existen en la naturaleza presentan, de manera más o menos estable, un contenido de ^{15}N muy bajo (0.3663% átomos de ^{15}N), llamado abundancia natural, así los fertilizantes marcados con este isótopo (enriquecidos) deben presentar un contenido de ^{15}N significativamente superior. Si un fertilizante marcado con ^{15}N aplicado al suelo está disponible para el cultivo y es absorbido por las plantas, ellas presentarán en su nitrógeno acumulado un valor de % átomos ^{15}N significativamente superior a 0.3663% átomos ^{15}N que es la abundancia natural de este isótopo en el suelo (Barreto, H. J. Raun, W. R. Zea, J. L. 1989).

En la medida que el contenido de ^{15}N encontrado en las plantas sea cada vez más alto (dependiendo de los factores mencionados anteriormente), y próximo del

enriquecimiento de ^{15}N del fertilizante aplicado, éste estará siendo la fuente principal de N del cultivo, indicando un manejo más adecuado de la fertilización nitrogenada

En la investigación agrícola mundial, la utilización de fertilizantes marcados con ^{15}N ha sido fundamental para el desarrollo de prácticas de manejo de la fertilización nitrogenada en diversos cultivos alimenticios. En la América Latina y el Caribe, la situación no ha sido diferente, y se han obtenido importantes logros con el uso de esta técnica (Barreto, H. J. Raun, W. R. Zea, J. L. 1989).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La producción de alimentos básicos (como maíz, frijol, arroz.) para la población guatemalteca, la llevan a cabo principalmente los campesinos y los pequeños agricultores. Sin embargo, dicha producción se realiza en tierras marginales, con problemas en la disponibilidad de agua para la producción de los cultivos y, muchas veces en tierras con suelos de vocación forestal, con problemas de baja fertilidad, producto de la severa erosión hídrica que sufren.

Aunado a esta problemática, es necesario tomar en cuenta el sobreuso y en consecuencia, la alta extracción de nutrientes, que puede estar dándosele a dichas tierras. Tan solo de nitrógeno en la producción nacional del cultivo de maíz blanco, en promedio se extraen anualmente alrededor de 50,000 toneladas; cantidad que debería reponerse al suelo para su normal fertilidad, lo cual puede hacerse, mediante fertilización química u orgánica, en esta última puede ser, el uso de los abonos verdes, particularmente leguminosas con alta capacidad de fijar nitrógeno.

Tomando en cuenta el propósito del ICTA de generar y llevar tecnología al agricultor, se propuso el presente trabajo, que constituye la fase del proyecto que se llevará a cabo en las condiciones de la finca del agricultor, particularmente los inscritos en los municipios priorizados del Programa CRIA.

Por lo tanto, se evaluó el rendimiento del grano de maíz como respuesta a la fertilización nitrogenada que aporta la *Mucuna pruriens*, utilizada como abono verde, en combinación con dosis fraccionadas de fertilizante químico nitrogenado.

Al final del proyecto se espera que las comunidades asentadas en áreas con tierras marginales, como es el caso de la Franja Transversal del Norte, dispongan de esta tecnología, con la cual puedan incrementar su producción de manera sostenida, lo que significa recuperar y conservar el suelo y su fertilidad.

4. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar el efecto del abono verde (leguminosa) combinado con diferentes dosis de fertilizante químico nitrogenado, en el rendimiento de maíz variedad ICTA B-7.

4.2 Específicos

- Determinar el rendimiento de grano de maíz en los diferentes tratamientos.

- Comparar el rendimiento del grano de maíz que se obtiene de dos métodos de aplicación de abono verde (incorporado y en mulch) y, dosis de fertilizante inorgánico nitrogenado.

- Realizar análisis económico en los diferentes tratamientos.

5. HIPÓTESIS

Al menos un tratamiento, tendrá los mayores rendimientos de grano de maíz.

Al menos un método de aplicación de abono verde y dosis de fertilizante químico nitrogenado, tendrá los mayores rendimientos de grano de maíz.

Al menos un método de aplicación de abono verde, combinado con dosis mínima o media de fertilizante químico nitrogenado, tendrá diferencias en el análisis económico.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización y descripción del área

La investigación se realizó en seis localidades ubicadas en dos municipios de la denominada Franja Transversal del Norte y un municipio de la cuenca del río Polochic. En el cuadro 1 se detalla la ubicación de dichas localidades, y en el cuadro 2 se detallan algunas condiciones edáficas de los suelos de esa área.

Cuadro 1. Municipio, localidad y coordenadas geográficas de los sitios donde se establecieron los ensayos.

Municipio	Localidad	Coordenadas
Fray Bartolomé de Las Casas	La Hulera	Latitud: N 15° 47' 53.97" Longitud: W 89° 50' 9.07"
	Calle 2	Latitud: N 15° 51' 11.27" Longitud: W 89° 53' 19.22"
Ixcán	Lorena	Latitud: N 15° 59' 22.18" Longitud: W 90° 48' 50.71"
	Nueva Esperanza	Latitud: N 16° 0' 46.20" Longitud: W 90° 43' 39.48"
Panzós	Cahaboncito	Latitud: N 15° 25' 49.9" Longitud: W 89° 33' 41.7"
	Corazón de Maíz	Latitud: N 15° 22' 40.5" Longitud: W 89° 38' 52.9"

6.1.1 Condiciones edáficas

Cuadro 2. Serie, material de origen, relieve, color, textura y fertilidad de los suelos clasificados en las regiones de la Franja Transversal y el Polochic.

Serie	Material parental	Relieve	Color	Textura	Fertilidad
Chacalté	Roca caliza dura	Inclinado	Café muy oscuro	Arcillosa friable	Alta
Sebol	Sedimentos aluviales	Plano a suavemente inclinado	Café oscuro	Franco arcillosa, friable	Regular
Tamahú	Caliza o mármol	Inclinado	Café muy oscuro	Franco arcillosa friable	Alta
Telemán	Esquistos	Inclinado	Café a café oscuro	Franco limosa, friable	Baja

6.1.2 Condiciones climáticas

La región pertenece a las zonas de vida: bosque húmedo tropical (bh-T), con temperatura promedio de 25.65 grados centígrados y precipitación media anual de 2200 mm y bosque muy húmedo tropical (bmh-T), con temperatura de 25.3 grados centígrados y precipitación media de 3580 mm.

6.2 Manejo del experimento

El manejo del experimento incluyó los distintos cuidados culturales para la consecución de los objetivos trazados, por lo que se procedió al trazo del mismo, preparación del suelo, las siembras, primero del abono verde y enseguida el maíz, aplicación de los tratamientos, toma de datos hasta la cosecha.

6.2.1 Abonos verdes y su aplicación

- Abono verde

En esta oportunidad como abono verde, se utilizó la especie *Mucuna pruriens*, también conocida como mucuna, frijol terciopelo y frijol abono; la razón de utilizar dicha especie es debido a que en la región de la Franja Transversal del Norte y la zona del Polochic, los agricultores conocen y tienen preferencia por la misma, pero también, puede considerarse como región relativamente húmeda, lo que presenta condiciones favorables para el mejor desarrollo de la especie.

En el manejo del experimento hubo dos etapas fundamentales, por un lado la etapa donde se dio el establecimiento y manejo de la leguminosa utilizada como abono verde y, la segunda fue la etapa donde se dio la siembra del maíz, que en este caso fue el cultivo indicador de los efectos de la aplicación del abono verde y los tratamientos con fertilizante químico nitrogenado.

- Etapa 1

Siembra del abono verde: Al inicio de lluvias se sembró la leguminosa que se utilizó como abono verde, en este caso fue el frijol abono (*Mucuna pruriens*).

El procedimiento para el manejo del abono verde fue el siguiente: al momento de la floración, momento en el cual dicho cultivo acumula la mayor cantidad de nitrógeno,

en esta fase se cortó la plantación y se aplicó como abono verde, según el diseño experimental indica dicha aplicación; abono verde incorporado, abono verde dejado sobre la superficie (mulch) y, una parcela que permaneció limpia durante esta etapa, esta última sirvió de testigo con relación al nitrógeno presente en el suelo.

En el cuadro 3 se presentan las fechas de las actividades que se realizaron en el manejo del abono verde, en cada una de las localidades donde se establecieron los ensayos.

Cuadro 3. Municipio, localidad, fechas de siembra, corte y aplicación del abono verde, siembra de maíz y aplicación de nitrógeno químico.

Municipio	Localidad	Fecha siembra <i>Mucuna</i>	Fecha Corte y aplicación <i>Mucuna</i>	Fecha siembra Maíz ICTA B-7	Fecha de aplicación de Nitrógeno químico
Fray Bartolomé de Las Casas	La Hulera	5/06/2017	16 y 17/10/2017	1/11/2017	22/11/2017
	Calle 2	6/06/2017	18 y 19/10/2017	31/10/2017	23/11/2017
Ixcán	Lorena	1/8/2017	31/10/2017	29/11/2017	9/12/2017 y 14/01/2018
	Nueva Esperanza	5/07/2017	31/10/2017	24/11/2017	04/12/2017 y 09/01/2018
Panzós	Cahaboncito	7/06/2017	08/08/2017	24/08/2017	04/09/2017
	Corazón de Maíz	6/06/2017	09/08/2017	25/08/2017	05/09/2017

- Etapa 2

Siembra del maíz: entre veinte y treinta días después de la aplicación del abono verde, se sembró el maíz, según diseño en las parcelas grandes, tal como se aprecia en el cuadro 3.

En esta etapa se evaluó, principalmente el rendimiento del grano de maíz como efecto del uso del abono verde en sus formas de aplicación y, en combinación con las dosis de fertilizante químico nitrogenado.

Con lo anterior se buscó evaluar la posibilidad de que se aproveche al máximo la temporada de lluvia en las dos etapas (abono verde como fuente de nitrógeno y cosecha de grano de maíz, como cultivo principal).

6.2.2 Siembra

Las siembras tanto del abono verde como del maíz, se realizaron según el diseño experimental propuesto, es decir considerando los distanciamientos entre surcos y entre posturas, se instalaron cuatro bloques por ensayo, el diseño de parcelas divididas para los tratamientos, con tres parcelas grandes en donde se aplicó el abono verde (incorporado, mulch y sin abono verde) y cinco parcelas chicas, con las dosis de fertilizante nitrogenado; los detalles de los distanciamientos, áreas de parcelas brutas y netas, así como las posturas, se detallan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción, dimensiones y especificaciones del experimento en sus dos etapas.

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	ESPECIFICACIONES
ABONO VERDE (Mucuna); Etapa 1		
Número de surcos/parcela chica	4	
Número de surcos/parcela grande	20	
Largo de surco	4 m	
Distancia entre surcos	0.8 m	
Posturas por surco	10	Con dos plantas por postura
Distancia entre posturas	0.4 m	
MAÍZ; Etapa 2		
Número de surcos/tratamiento	4	
Largo de surco	4 m	
Distancia entre surcos	0.8 m	
Posturas por surco	10	Con dos plantas por postura
Distancia entre posturas	0.4 m	
Área de parcela chica (tratamientos)	12.8 m ²	4 m x 3.2 m
Parcela neta	2.56 m ²	4 posturas de dos surcos centrales
Área de parcela grande	64 m ²	4 m ancho x 16 m largo
Área de bloque	192 m ²	4 m ancho x 64 m largo
Distancia de calles entre bloques	3 m	
Área total del experimento	1,008 m ²	21 m ancho x 48 m largo

6.3 Factores estudiados

A = Métodos de aplicación; Sin abono verde (limpio), con abono verde incorporada, con abono verde en superficie (mulch)

B = Dosis de fertilizante químico nitrogenado; 0 kg/ha, 50 kg/ha, 100 kg/ha, 150 kg/ha y 200 kg/ha.

6.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, los tratamientos en arreglo de parcelas divididas; en la parcela grande los métodos de aplicación del abono verde (mulch, incorporada y limpio o siembra directa) y, los tratamientos con fertilizante químico nitrogenado, en la parcela chica.

6.4.1 Modelo para el diseño en parcelas divididas

Para el caso de unidades arregladas en bloques completamente al azar

$$Y_{ijk} = \mu_{...} + \rho_{..k} + \alpha_i + \xi_{(\alpha)} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{(\beta)}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor en el k bloque en la parcela i y la subparcela j .

$\mu_{...}$ = Valor constante similar a la media de la población.

ρ_k = el efecto del bloque completo

α_i = efecto del i -ésimo nivel del factor "A".

$\xi_{(\alpha)}$ = Error experimental de parcelas grandes.

β_j = Efecto del j - ésimo nivel del factor "B"

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i - ésimo nivel del factor A con el bloque j -ésimo nivel del factor B.

$\xi_{(\beta)}$ = Error experimental de sub parcelas.

6.4.2 Fertilización y aplicación de tratamientos

Durante la preparación del terreno se tomaron muestras de suelo para el análisis de las características físicas y químicas.

En la etapa 2 se hizo la aplicación del abono verde, según correspondiera en las respectivas parcelas grandes, 20 o más días después se hizo la siembra de maíz y 10 días después de la siembra, se aplicaron los tratamientos de nitrógeno químico, según la dosis en las respectivas parcelas chicas.

Con el propósito de garantizar el manejo del nitrógeno dentro de la técnica del elemento faltante, se hizo la aplicación necesaria de los macronutrientes fósforo (50 kg/ha de 0-46-0) y potasio (100 kg/ha de 0-0-60). Se suministró el 100% de dichas fórmulas en una sola aplicación, a los 10 días después de la siembra del cultivo de maíz. Para la aplicación de nitrógeno se usó urea comercial (46-0-0), aplicada conforme los tratamientos, de manera fraccionada, 50% diez días después de la siembra y 50% al candealeo.

En el cuadro 5 se presentan los tratamientos tanto de la parcela grande como de la chica, que se incluyeron en el diseño experimental propuesto, estos fueron 5 tratamientos que constituyeron las parcelas chicas y fueron las dosis del fertilizante químico nitrogenado (0, 50, 100, 150 y 200 kg N/ha), como fuente de nitrógeno químico, se usó urea comercial, con 46% de N. La parcela grande que las constituyeron los métodos de manejo, es decir la aplicación del abono verde que se hizo de la manera siguiente: parcela limpia, parcela con abono verde incorporado y parcela con abono verde depositado en la superficie (mulch).

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos; dosis de fertilizante químico nitrogenado, por parcela chica (kg/ha y g/postura) y métodos de aplicación del abono verde por parcela grande.

Tratamiento	Parcela chica		Parcela grande
	Fertilizante químico nitrogenado (kg/ha)	Urea/tratamiento (g/postura)	Método de aplicación del abono verde;
1	0	0	0
2	50	4	0
3	100	8	0
4	150	12	0
5	200	16	0
1	0	0	Incorporado
2	50	4	Incorporado
3	100	8	Incorporado
4	150	12	Incorporado
5	200	16	Incorporado
1	0	0	Mulch
2	50	4	Mulch
3	100	8	Mulch
4	150	12	Mulch
5	200	16	Mulch

- **Área experimental**

- **Croquis de campo**

En la figura 1 se muestra la distribución de los tratamientos en el campo.

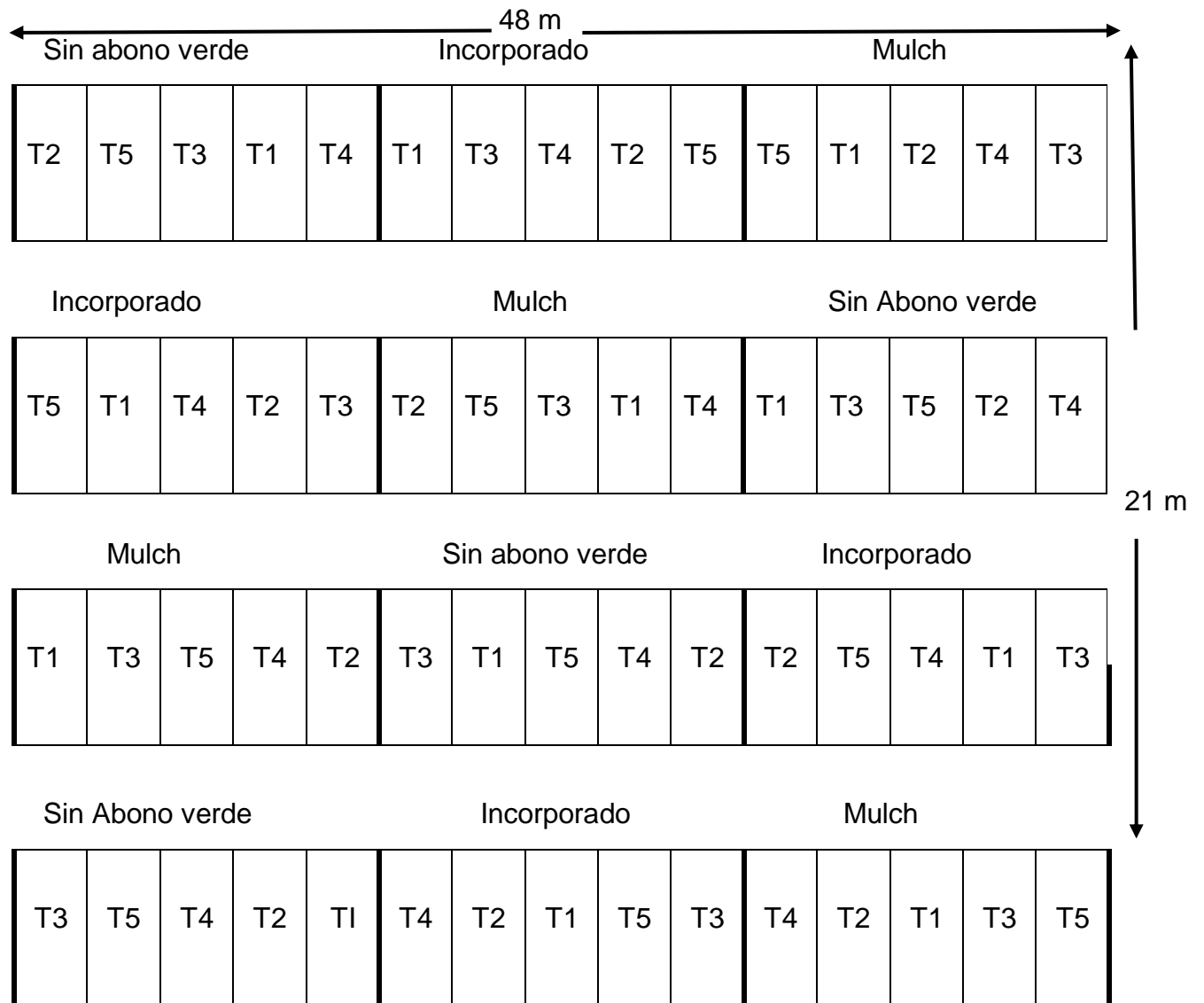


Figura 1. Croquis de campo, con los bloques y tratamientos, del experimento

6.5 Variables respuestas

Durante el experimento se cuantificaron las siguientes variables:

- Rendimiento de grano de maíz (kg/ha)
- Altura de planta a la floración del maíz (m)
- Costos de producción (Q.)

6.6 Análisis de la Información

Para las diferentes variables se hicieron: análisis de varianza y prueba de medias (DBC). Así mismo un análisis económico de cada uno de los tratamientos evaluados.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio, con base en los análisis de laboratorio, se presentan resultados de la fijación biológica de la leguminosa utilizada como abono verde, en este caso fue la especie *Mucuna pruriens*. Se presenta el promedio de la cantidad de nitrógeno contenido en dicho abono verde y las cantidades en peso de materia fresca, aplicada en las parcelas grandes del experimento, para evaluar su efecto en el rendimiento del cultivo de maíz.

7.1 Cantidad de Nitrógeno fijado (kg/ha) por la leguminosa usada como abono verde en el experimento.

La *Mucuna pruriens* es la especie que se evaluó como abono verde en esta fase, considerando su capacidad fijadora de nitrógeno y su abundante producción de biomasa.

De acuerdo con los cálculos y análisis realizados, mediante la técnica isotópica de ^{15}N , se calculó que tiene la capacidad de fijar alrededor del 100 kg/ha de nitrógeno atmosférico.

Concepto	Cálculos
Rendimiento de N (kg/ha) planta	= 136.87
% exceso atómico de la planta (mucuna)	= 1.4837
% exceso atómico en el fertilizante $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	= 9.6337
%Nddf (mucuna)	= 15.4
%Nddf(nf(maíz))	= 57.19
Rendimiento de N del fertilizante (kg/ha)	= 21.08
%Ndda	= 73.07
Nitrógeno fijado por la mucuna (kg/ha)	= 100

- **Peso de materia fresca de los abonos verdes utilizados en el experimento**

Las cantidades de abono verde (mucuna y maíz), con base al peso fresco, aplicado en las parcelas grandes del experimento, se presentan en el cuadro 6. Como se indicó anteriormente, se establecieron parcelas con mucuna dejada en la superficie (tipo mulch), incorporada y, una parcela de siembra directa, es decir una parcela que se mantuvo limpia hasta que se sembró el maíz y sin movimiento de tierra.

Cuadro 6. Rendimiento (kg/ha) de mucuna y maíz para abono verde.

Abono verde	Peso promedio de materia verde (kg/ha)
Mucuna	71466

7.2 Análisis estadísticos

Los datos de altura de planta y rendimiento de grano de maíz, fueron sometidos a los respectivos análisis de varianza, con el propósito de identificar el efecto que causa la aplicación del abono verde, que para el caso se utilizó la especie leguminosa *Mucuna pruriens* como fuente de suministro de nitrógeno, de igual manera se suministró nitrógeno en forma de fertilizante químico (urea), en diferentes dosis; los resultados se discuten en los siguientes apartados.

7.2.1 Análisis de varianza combinado para la variable altura de planta

Cuadro 7. Análisis de varianza combinado para la variable altura de planta de maíz en floración.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	22.88	68	0.34	6.88	<0.0001	
LOC	17.88	3	5.96	29.77	0.0001	(LOC*BLOQUE) **
LOC*BLOQUE	1.80	9	0.20	4.09	0.0001**	
AV	0.60	2	0.30	6.18	0.0026**	
DOSIS	0.09	4	0.02	0.48	0.7490	ns
AV*DOSIS	0.38	8	0.05	0.97	0.4586	ns
LOC*AV	1.17	6	0.19	3.98	0.0009	**
LOC*DOSIS	0.38	12	0.03	0.64	0.8068	ns
LOC*AV*DOSIS	0.57	24	0.02	0.49	0.9790	ns
Error	8.37	171	0.05			
Total	31.25	239				

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura	240	0.73	0.63	12.66

En el cuadro 7 se observa que únicamente se encontró diferencia altamente significativa para las fuentes de variación, localidad y abono verde; no así para las variables dosis de fertilizante químico nitrogenado, ni para la interacción abono verde-fertilizante químico.

Con un coeficiente de variación de 12.66%, lo que indica una buena conducción del experimento, los resultados del análisis de varianza indican que no hay efecto en el uso del fertilizante químico nitrogenado, ni de la interacción de este con el abono verde, pero si hay efecto del método de aplicación del abono verde y la no aplicación del mismo, que también se manifestó en las distintas localidades incluidas en el experimento.

Las fuentes de variación que presentaron significancia, se sometieron a la correspondiente prueba de medias por el método DGC al 5%, los que se presentan en los cuadros 8 y 9 y figuras 2 y 3.

Cuadro 8. Prueba de medias (combinado) para la variable altura de planta, según aplicación del abono verde.

Método de aplicación del abono Verde	Media	n	E.E	
Mulch	1.82	80	0.02	A
Sin abono verde	1.73	80	0.02	B
Incorporado	1.70	80	0.02	B



Figura 2. Altura de planta del maíz, según la aplicación del abono verde.

Hay tres métodos de aplicación del abono verde y, fue la práctica de dejar el abono verde, depositado en la superficie del suelo, la que produjo la mayor altura promedio en la planta de maíz y fue, la práctica de enterrar la biomasa, la que ofreció la menor altura de planta en el cultivo, aún por debajo de la práctica, sin uso de abono verde. Resultados de trabajos realizados sobre el tema, han demostrado que la baja respuesta de la práctica de incorporación del abono verde, se debe a la disminución del nitrógeno que ocurre durante el proceso de mineralización que ocurre en el suelo, en donde los microorganismos absorben grandes cantidades de dicho nutriente, que es liberado en tiempo posterior, por lo que en el presente estudio no fue posible percibirlo, debido a la necesidad de realizar la siembra de maíz, para obtener la cosecha en el transcurso del ciclo de lluvias.

Cuadro 9. Prueba de medias (combinado) para la variable altura de planta, por localidad

Localidad	Media	N	E.E	
Nueva Esperanza	1.82	60	0.06	A
Lorena	1.73	60	0.06	A
Calle dos	1.70	60	0.06	B
La Hulera	1.30	60	0.06	C

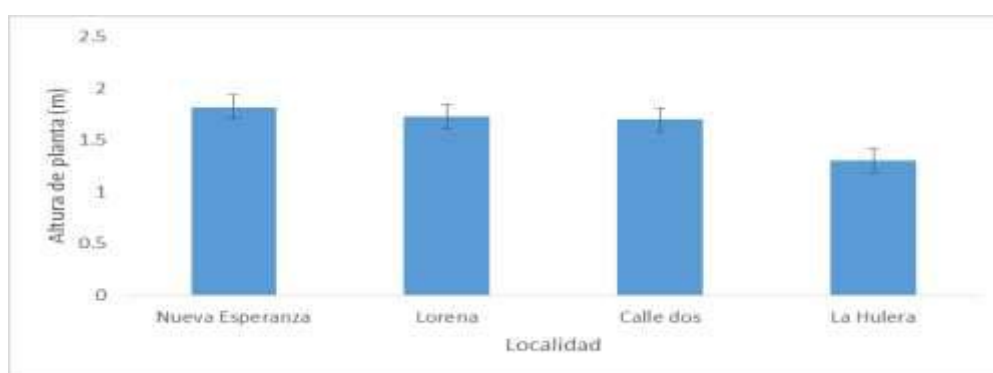


Figura 3. Altura de planta del maíz, según localidad.

Siempre con relación a la variable altura, fue en las localidades de Nueva Esperanza y Lorena, ambas de Ixcán, donde se presentaron, las mayores alturas de planta y, las localidades de Calle dos y La Hulera, en Fray Bartolomé de Las Casas, con las menores alturas, datos que se observan en el cuadro 9 y figura 3.

7.2.2 Análisis de varianza combinado para la variable rendimiento de grano de maíz

Cuadro 10. Análisis de la varianza combinado para la variable rendimiento, en seis localidades que incluyó el experimento

F.V. (Error)	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	212760934.12	143	1487838.70	4.20	<0.0001
BLOQUE (BLOQUE*LOC)	5893704.33	3	1964568.11	1.81	0.1884
LOC	78009744.81	5	15601948.96	14.38	<0.0001 **
BLOQUE*LOC	16270697.92	15	1084713.19	3.06	0.0002 **
AV	14821787.79	2	7410893.90	4.16	0.0237 *
AV*LOC	11067577.22	10	1106757.72	0.62	0.7856 ns
LOC>AV*BLOQUE	64128088.25	36	1781335.78	5.03	<0.0001
DOSIS	1662951.34	4	415737.84	1.17	0.3230 ns
AV*DOSIS	3208101.18	8	401012.65	1.13	0.3423 ns
LOC*DOSIS	6478912.08	20	323945.60	0.92	0.5683 ns
DOSIS*AV*LOC	11219369.19	40	280484.23	0.79	0.8085 ns
Error	76458317.35	216	353973.69		
Total					289219251.47
359					
Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
REND	360	0.74	0.56	24.20	

Considerando que el rendimiento de grano es la más importante de las variables, en el cuadro 10 se presenta el resultado del análisis de varianza para el mismo, mostrando los efectos del uso de abonos verdes que presentó diferencia altamente significativa y significativa, en el rendimiento del grano de maíz, en las localidades y en el método de uso del abono verde.

El experimento fue manejado con un coeficiente de variación de 24.2%. Por los resultados anteriores, se procedió a realizar las respectivas pruebas de medias. Los resultados se muestran en los cuadros 11 y 12, así como en las figuras 4 y 5.

Cuadro 11. Prueba de medias (combinado) para la variable rendimiento de grano de maíz por localidad (kg/ha).

Localidad	Media	n	E.E	
Nueva Esperanza	3480.31	60	134.46	A
Lorena	2394.39	60	134.46	B
Corazón de maíz	2313.63	60	134.46	B
Cahaboncito	2268.91	60	134.46	B
Calle dos	2146.23	60	134.46	B
La Hulera	1934.24	60	134.46	B

Según la prueba de medias, se conformaron dos grupos estadísticos, el grupo A con una sola localidad, Nueva Esperanza, Ixcán, Quiché, la que produjo la media más alta con rendimiento de 3480.32 kg/ha, el grupo (B) está conformado por las comunidades siguientes: Lorena (Ixcán), Corazón de Maíz y Cahaboncito (Panzós) y de último las localidades, Calle dos y La Hulera del municipio de Fray Bartolomé de las Casas; los resultados particularmente, de la comunidad La Hulera, coinciden con la baja fertilidad de sus suelos (cuadro 17A del anexo), en donde el abono verde contribuyó con aporte de nitrógeno, que no fue suficiente, considerando la condición fértil del suelo.

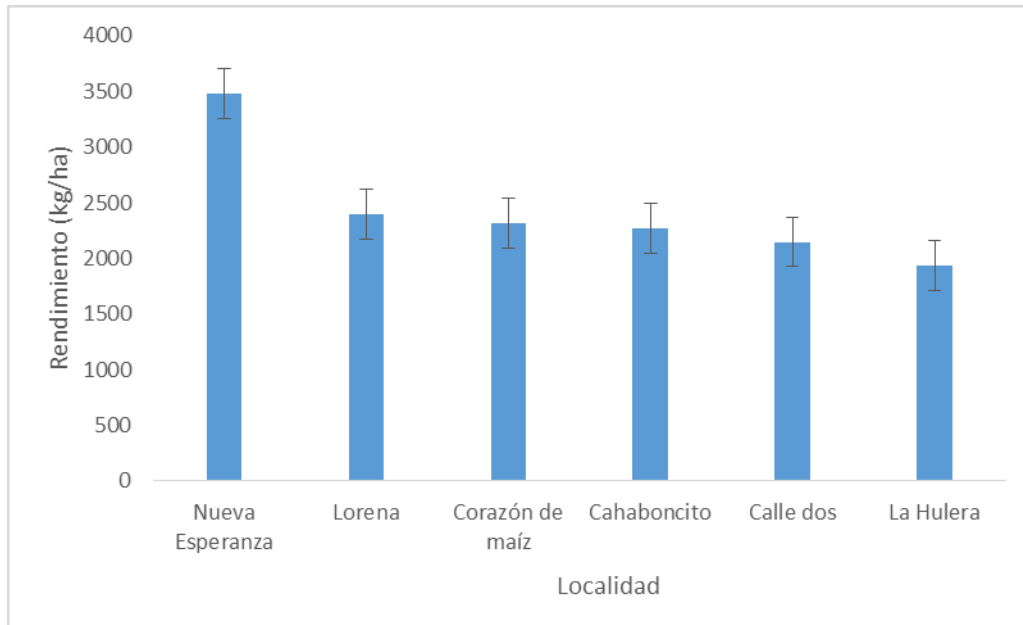


Figura 4. Rendimiento de maíz en cada localidad.

Cuadro 12. Prueba de medias (combinado) para la variable rendimiento de maíz, según la forma de aplicación del abono verde.

Método de aplicación del abono verde	Media	n	E.E	Grupo estadístico
Mulch	2743.19	120	121.84	A
Incorporado	2345.48	120	121.84	B
Sin Abono verde	2286.18	120	121.84	B

En el cuadro 12 y figura 5 se observan los valores medios del rendimiento obtenido, como efecto del uso y aplicación de abono verde, los resultados muestran que depositar la materia verde de la mucuna en la superficie (mulch), contribuye más al rendimiento de grano en el cultivo de maíz y constituye el grupo A, con mayor rendimiento promedio (2743.19 kg/ha); el grupo B, lo constituyen los rendimientos promedio de la aplicación del abono verde incorporado (2345.48 kg/ha) y la parcela sin aplicación de abono verde (2286.18 kg/ha).

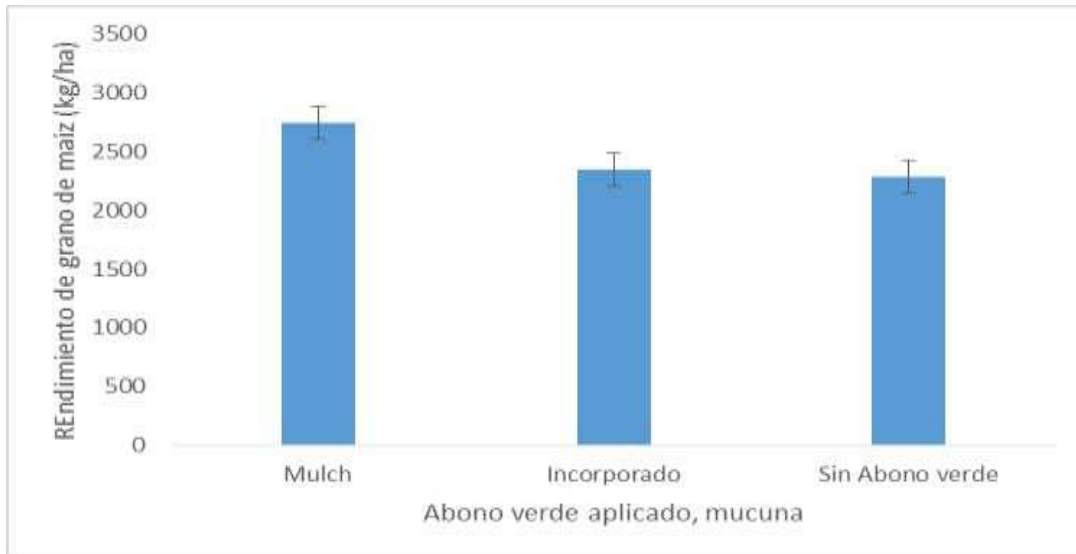


Figura 5. Efecto del uso o no de abono verde en el rendimiento de maíz, por localidad

Las diferencias que se presentan en las barras de la figura 4, ilustran el comportamiento del rendimiento de grano de maíz, tal como se observó durante el desarrollo del cultivo, la parcela grande con abono verde manejado como mulch, mostró mejor altura y desarrollo vegetativo, lo cual se reflejó en los resultados de las variables altura y rendimiento de grano, en las fuentes de variación que presentaron diferencia estadística significativa. Resultados de trabajos realizados sobre el tema, han demostrado que la baja respuesta de la práctica de incorporación del abono verde, se debe a la disminución del nitrógeno que ocurre durante el proceso de mineralización que ocurre en el suelo, en donde los microorganismos absorben grandes cantidades de dicho nutriente, que es liberado en tiempo posterior, por lo que en el presente estudio no fue posible percibirlo, debido a la necesidad de realizar la siembra de maíz, para obtener la cosecha en el transcurso del ciclo de lluvias.

Finalmente, la falta de significancia en las fuentes de variación, dosis de fertilizante químico y la interacción dosis de fertilizante químico-abono verde, posiblemente se debe a la buena fertilidad de suelos como Ixcán y Panzós, y a la muy baja fertilidad y desbalances que presentan los suelos de las localidades de Fray Bartolomé de Las Casas, cuyos rendimientos fueron los más bajos.

7.3 Análisis económico y relación beneficio / costo

Se realizó un análisis económico a los tratamientos que constituyeron la parcela grande, (sin y con abono verde incorporado y en mulch) tomando en cuenta los costos de producción, se calculó su rentabilidad y la relación b/c.

Cuadro 13. Resumen del análisis económico para el rendimiento de grano de maíz, tratamientos con métodos de aplicación abono verde (Parcela grande).

Tratamiento	Abono verde Método de aplicación	Rendimiento de grano de maíz (kg/ha)	Costos de producción	Ingreso Bruto (Q/ha)	Rentabilidad (%)	Relación B/C
1	Sin abono verde	2286.18	6227	6538.47	4	1.04
2	Incorporado	2345.48	7013	6708.08	1	1.01
3	Mulch	2743.19	6633	7846.31	22	1.22

Precio de 1 kg de maíz comercial = Q 2.86

En el cuadro anterior se observa la rentabilidad de los tratamientos con uso o no de abono verde y el método de aplicación. Se realizó el análisis con base en el uso del abono verde, no así para el uso de dosis de fertilizante químico, en donde no se encontró diferencia significativa en el análisis de varianza.

Se muestra mayor rentabilidad (22% y relación beneficio/costo (b/c) 1.22) con el uso de abono verde aplicado como mulch, seguido del uso sin abono verde (4% de rentabilidad y una relación b/c de 1.04), y por último está el tratamiento con abono verde incorporado (1% de rentabilidad y 1.01 de relación b/c), debido a la mano de obra que es empleada y en algunos casos a la maquinaria que se hace necesaria para realizar la incorporación al suelo.

8. CONCLUSIONES

- Con los resultados del experimento realizado en seis localidades de tres municipios de la franja transversal del Norte y del Polochic, se concluye:
- La fijación biológica de nitrógeno de la *Mucuna pruriens*, según análisis con datos del laboratorio, fue de 100 kg N por hectárea.
- Se encontró diferencia altamente significativa en la altura de la planta y rendimiento del grano de maíz, debido al efecto del uso y método de aplicación del abono verde, fueron diferentes los resultados en las localidades. Las mayores alturas de planta (1.82 m) y los más altos rendimientos (3480.31 kg/ha) corresponden a la localidad de Nueva Esperanza, ubicada en Ixcán; seguida de la comunidad Lorena (1.73 m de altura de planta y 2394.39 kg/ha de rendimiento de grano de maíz). A las localidades Calle dos y la Hulera, corresponden las alturas menores (1.70 m y 1.30 m) y rendimientos menores (2146.23 kg/ha y 1934.24 kg/ha respectivamente).
- No se encontró diferencia significativa en las dosis de fertilizante químico nitrogenado, ni en la interacción abono verde-dosis de fertilizante químico nitrogenado, por lo que se considera que el abono verde hizo aporte de nitrógeno, en algunas localidades.
- El uso de abono verde aplicado como mulch, presentó mayor rentabilidad (22 %) y una relación beneficio/costo (b/c) (1.22); seguido del manejo sin abono verde (4 % de rentabilidad y una relación b/c 1.04), y por último el tratamiento con uso de abono verde incorporado (1 % de rentabilidad y 1.01 de relación b/c). El abono verde incorporado, necesita más tiempo que el utilizado en el experimento, para causar efecto positivo en el rendimiento de grano de maíz.

9. RECOMENDACIONES

- Contar con el apoyo institucional del ICTA para continuar con las parcelas de validación en campo de agricultores, y al mismo tiempo evaluar otras leguminosas, principalmente de doble propósito, para la mejor adopción de la tecnología, que como se observa a la fecha, se perfila como una tecnología promisoría para la agricultura del país, particularmente en áreas con suelos pobres.

10. BIBLIOGRAFÍA

Arana, V.H.; Cruz, Y.G. 1993. Determinación de la eficiencia de absorción del fertilizante nitrogenado en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6, de acuerdo al momento de aplicación del fertilizante utilizando ^{15}N como trazador. Escuela de producción vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.

Barreto, H. J. Raun, W. R. Zea, J. L. 1989. Efecto de intercalar leguminosa a diferentes fechas de siembra y dosis de fósforo sobre el rendimiento de maíz, Centro América CIMMYT. Guatemala.

CIDDICO. La utilización del frijol terciopelado para mejorar las tierras de cultivo. Tegucigalpa, D. C. Honduras, C.A.

CIDDICO. 1992. El uso de leguminosa de cobertura por pequeños agricultores y su contribución a la agricultura y su contribución a la agricultura Hondureña. Reporte técnico E92-1. Tegucigalpa, Honduras, C.A.

Donahue, R.L.; Miller, R.W.; Shickluna, J.C. 1988. **Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas.** México, D.F. Prentice-Hall Hispanoamericana.

Fassbender, H.W. 1984. Química de suelos con énfasis en suelos de América Tropical. Turrialba, Costa Rica, IICA.

García, M., Álvarez, G. M., Tret E. 2002. **Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz.** Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) La Habana, Cuba Cultivos Tropicales, 2002, vol. 23.

Raymundo, E. 1998. Evaluación del frijol terciopelo (*Mucuna pruriens* L.) como abono verde, con diferentes niveles de Nitrógeno y épocas de incorporación antes de la siembra, en condiciones de invernadero, utilizando la técnica del ^{15}N . Tesis de grado, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rivera, R.; Urquiaga, S. 1997. **Utilización del N-abonos verdes por el maíz en un suelo planosol**. In: Taller sobre El uso de las técnicas nucleares para incrementar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados, biofertilizantes y abonos verdes en América Latina y el Caribe. La Habana, Instituto de suelos.

Suarez de Castro, I. 1982. **Conservación de suelos**. 3ª ed. San José, Costa Rica, IICA.

Tisdale, S.I.; Nelson, W.L. 1977. **Fertilidad de los suelos y fertilizantes**. México, D.F., México, UTEHA.

Urquiaga, S.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. 1993. **Dinámica de N no solo** In: Simposio Brasileiro sobre Nitrogenio em plantas. Rio de Janeiro.

Urquiaga, S.; Dobereiner, J. 1991. **Fijación biológica de nitrógeno asociada con gramíneas forrajeras, cereales y caña de azúcar**. Vol. II. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

Urquiaga, S.; Zapata, F. 2000. **Manejo Eficiente de la Fertilización Nitrogenada de Cultivos Anuales en América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Genesis; Embrapa Agrobiología; Rio de Janeiro, Brasil.

11. ANEXO

Cuadro 14A. Costos de la producción de maíz, usando abono verde o fertilizante químico nitrogenado, manejo 2 (abono verde incorporado)

No.	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Total (Q)
1	Renta de tierra	Ha	1	500	500
2	Mano de obra etapa 1 (abono verde)				
	a) Preparación de tierra	Ha	5	80	400
	b) Siembra	Jornal	4	80	320
	d) Limpia manual	Jornal	6	80	480
	e) Incorporación	Jornal	6	80	480
3	Mano de obra etapa 2 (maíz)				
	a) Siembra	Jornal	4	80	320
	b) Limpia manual	Jornal	8	80	640
	c) Fertilización granulada	Jornal	4	80	320
	d) Limpia manual	Jornal	8	80	640
	e) Doble	Jornal	3	80	240
	f) Cosecha	Jornal	6	80	480
	g) Desgrane	Jornal	4	80	320
3	Insumos				
	a) Semilla de maíz	kilogramos	18	15.4	277.20
	b) Semilla de Mucuna	Kilogramos	15	8.8	132
	e) Insecticidas (cipermetrina)	litro	2	90	180
	f) Fungicidas (triazol)	litro	1	280	280
	h) Fertilizantes				
	0-52-34 Fosfato Mono potasio	kilogramo	40	11.65	446
	0-0-60 Muriato de Potasio	kilogramo	52	3.48	181
	Sub total				6,636.2
	Rendimiento	kilogramo	2345.48	2.86	
	Ingreso bruto				6708.08
	Rentabilidad				1
	R= B/C				1.01

Cuadro 15A. Costos de la producción de maíz, usando abono verde o fertilizante químico nitrogenado, manejo 3 (abono verde mulch)

No.	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Total (Q)
1	Renta de tierra	Ha	1	500	500
2	Mano de obra etapa 1 (abono verde)				
	a) Preparación de tierra	Ha	5	80	400
	b) Siembra	Jornal	4	80	320
	d) Limpia manual	Jornal	6	80	480
	e) Aplicación en mulch	Jornal	4	80	320
3	Mano de obra etapa 2 (maíz)				
	a) Siembra	Jornal	4	80	320
	b) Limpia manual	Jornal	8	80	640
	c) Fertilización granulada	Jornal	4	80	320
	d) Limpia manual	Jornal	8	80	640
	e) Dobra	Jornal	3	80	240
	f) Cosecha	Jornal	6	80	480
	g) Desgrane	Jornal	4	60	240
3	Insumos				
	a) Semilla de maíz	Kilogramos	18	15.4	277.20
	b) Semilla de Mucuna	Kilogramos	15	8.8	132
	e) Insecticidas (cipermetrina)	Litro	2	90	180
	f) Fungicidas (triazol)	Litro	1	280	280
	h) Fertilizantes				
	0-52-34 Fosfato Mono potasio	Kilogramo	40	11.65	466
	0-0-60 Muriato de Potasio	Kilogramo	52	3.48	181
	Sub total				6416.2
	Rendimiento	Kilogramo	2743.19	2.86	
	Ingreso bruto				7846.31
	Rentabilidad				22
	R= B/C				1.22

Cuadro 16A. Costos de la producción de maíz, usando abono verde o fertilizante químico nitrogenado, manejo 1 (sin abono verde)

No.	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Total (Q)
1	Renta de tierra	Ha	1	500	500
2	Mano de obra etapa 1 (abono verde)				
	Preparación y limpia manual	Jornal	6	80	480
3	Mano de obra etapa 2 (maíz)				
a)	Preparación de tierra	Ha	5	80	400
b)	Limpia manual del cultivo	Jornal	8	80	640
c)	Fertilización granulada	Jornal	8	80	640
d)	Limpia manual	Jornal	8	80	640
e)	Dobla	Jornal	3	80	240
f)	Cosecha	Jornal	6	80	480
g)	Desgrane	Jornal	4	80	240
4	Insumos				
a)	Semilla de maíz	kilogramos	18	15.4	277.20
b)	Insecticidas (cipermetrina)	litro	2	90	180
c)	Fungicidas (triazol)	litro	1	280	280
d)	Fertilizantes				
	Urea (46-0-0)	Kilogramo	150	4.19	628.50
	0-52-34 Fosfato Mono potasio	kilogramo	40	11.65	446
	0-0-60 Muriato de Potasio	kilogramo	52	3.48	181
	Sub total				6252.7
	Rendimiento	kilogramo	2286.18	2.86	
	Ingreso bruto				6538.47
	Rentabilidad				0.04
	R= B/C				1.04

Cuadro 17A. Resultados del análisis físico-químico de suelos del municipio de Fray Bartolomé, Alta Verapaz. Laboratorio de suelos de ICTA.

PROCEDENCIA: Fray Bartolomé, Alta Verapaz; **CULTIVO:** Maíz **INTERESADO:** Ing. Raúl Alfaro

Categoría Medía		6.1 a 10.9	Moderadamente ácida	5 a 6.5	Textura			
			Neutro	6.6 a 7.3				
No. Lab.	Identificación de la muestra	% M.O	Moderadamente alcalino	7.4 a 8.5	Porcentaje			Clase textural
			pH		Arcilla	Limo	Arena	
7417	1 La Hulera	11.4	5.8		35	15	50	Arcillo arenoso
7517	2 Calle 1	5.4	5.8		28	15	57	Franco arcillo arenoso

Elemento		Calcio	Magnesio	Potasio	Fosforo	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso
Nivel medio		6 a 8	1.5 a 2.5	120 a 150	12 a 16	2 a 4	4 a 6	10 a 15	10 a 15
No. Lab.	Identificación de la muestra	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe	Mn
		Meq/100 g			Ppm				
7417	1 La Hulera	1.9	0.7	6.3	2.5	n/d*	n/d*	0.7	0.8
7517	2 Calle 1	3.0	0.7	39	2.5	n/d*	0.1	1.3	0.8

n/d*= no detectado

Cuadro 18A. Resultados del análisis físico-químico de suelos del municipio de Panzos, Alta Verapaz. Laboratorio de suelos de ICTA.

INTERESADO: ICTA San Jerónimo B.V / Alejandro Choc

PROCEDENCIA: Panzos, Alta Verapaz

Categoría Média		6.1 a 10.9	Moderadamente ácida	5 a 6.5	Textura			
			Neutro	6.6 a 7.3	Porcentaje			Clase textural
No. Lab.	Identificación de la muestra	% M.O	Moderadamente alcalino	7.4 a 8.5	Arcilla	Limo	Arena	
			pH					
12517	6	1.1	6.59		18	29	53	Franco arenoso

Elemento		Calcio	Magnesio	Potasio	Fosforo	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso
Nivel medio		6 a 8	1.5 a 2.5	120 a 150	12 a 16	2 a 4	4 a 6	10 a 15	10 a 15
No. Lab.	Identificación de la muestra	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe	Mn
		Meq/100 g			ppm				
12517	6	33	3	n/d*	1	0.2	3.5	n/d*	11.8

n/d*= no detectado

Cuadro 19A. Resultados del análisis físico-químico de suelos del municipio de Ixcan, Quiche. Laboratorio de suelos de ICTA.

INTERESADO: Ing. Juan Carlos Sis Pérez **PROCEDENCIA:** Ixcan, Quiche **CULTIVO:** Maíz

Categoría Media		6.1 a 10.9	Moderadamente ácida	5 a 6.5	Textura			
			Neutro	6.6 a 7.3				
No. Lab.	Identificación de la muestra	% M.O	Moderadamente alcalino	7.4 a 8.5	Porcentaje			Clase textural
			pH		Arcilla	Limo	Arena	
14417	San Pablo	4.9	6.12		37	20	43	Franco arcilloso
14517	Nva. Esperanza 13	5.6	6.10		34	19	47	Franco arcillo arenoso

Elemento		Calcio	Magnesio	Potasio	Fosforo	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso
Nivel medio		6 a 8	1.5 a 2.5	120 a 150	12 a 16	2 a 4	4 a 6	10 a 15	10 a 15
No. Lab.	Identificación de la muestra	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe	Mn
		Meq/100 g			Ppm				
14417	San Pablo	12.4	6.5	119.5	166.5	n/d*	5.7	6.4	11.5
14517	Nva. Esperanza	4.6	1.8	265.0	20.5	0.2	6.7	10.6	190.0

n/d*= no detectado



CRIA

Programa Consorcios de Investigación Agropecuaria

