



Por un desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Maestría en Ciencias de la Innovación  
Agropecuaria

Trabajo de Tesis

Estudio de la fertilización con biol y convencional en los  
cultivos de maíz (*Zea mays* L) y frijol (*Phaseolus  
vulgaris* L), bajo dos manejos de arvenses, finca El  
Plantel, Masaya 2017

**Autor**

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya

**Asesor**

MSc. Henry Alberto Duarte Canales

Managua, Nicaragua  
Diciembre, 2021



Por un desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Maestría en Ciencias de la Innovación  
Agropecuaria

Trabajo de Tesis

Estudio de la fertilización con biol y convencional en los  
cultivos de maíz (*Zea mays* L) y frijol (*Phaseolus  
vulgaris* L), bajo dos manejos de arvenses, finca El  
Plantel, Masaya 2017

**Autor**

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya

**Asesor**

MSc. Henry Alberto Duarte Canales

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador  
como requisito final para optar al título de Maestro en  
Ciencias de la Innovación Agropecuaria

Managua, Nicaragua  
Diciembre, 2021

Hoja de aprobación del comité evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

***Maestro en Ciencias de la Innovación Agropecuaria***

---

Miembros del comité evaluador

Ing. M Sc. Álvaro N. Benavides G  
Presidente

Ing. M Sc. Adolfo González  
Secretario

---

Ing. M Sc. Martha E. Moraga  
Vocal

Lugar y Fecha: Managua 03 de diciembre de 2021

## DEDICATORIA

A Dios, por ser el TODO en mi vida, a mi esposa Sandra Espinoza y mis hijos Kiara y Yeshúa por ser la familia idónea y a mis padres Santos Méndez y Ana Núñez por amarme y apoyarme en todos los momentos de mi vida.

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya

## AGRADECIMIENTOS

A mis familiares, amigos y hermanos en la fé por el apoyo brindado en el desarrollo de mi vida.

Al maestro Rodolfo De Jesús Munguía Hernández por su colaboración en las etapas de planificación, ejecución y edición de esta investigación.

A mi asesor Henry Alberto Duarte Canales por el apoyo brindado en el desarrollo del trabajo de la investigación.

Al Servicio Holandés para el Desarrollo (SNV) por el financiamiento de la investigación, en especial a los Ingenieros Agrónomos Felipe Martínez y Carmen Rayo por su colaboración en campo de esta investigación.

A los docentes del Departamento de Ingeniería Agrícola, estudiantes tesistas y personal administrativo de la Universidad Nacional Agraria que colaboraron con la realización del presente trabajo de investigación.

A los colaboradores del proyecto de riego de la finca El Plantel por el arduo apoyo que me brindaron en el campo, en especial al Ing. Lenín Peña, Francisco Espinoza, Roberto Lazo, Álvaro Sevilla y Joel Martínez.

A la Universidad Nacional Agraria, a la Facultad de agronomía y al Departamento de Ingeniería Agrícola por su apoyo en todo lo que he requerido durante he estado laborando en esta Institución.

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	viii
<b>ABSTRACT</b>	ix
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II OBJETIVOS</b>	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
<b>III MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1 El Biol como bio-fertilizante alternativo	4
3.2 El cultivo de Maíz	6
3.3 El cultivo de Maíz variedad NB-9043	8
3.4 El cultivo del Frijol variedad INTA Fuerte Sequía	9
3.5 El cambio climático en Centro América y Nicaragua	10
3.6 Manejo de arvenses	11
3.7. El riego por goteo	13
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS</b>	15
4.1 Ubicación y fechas del estudio	15
4.2 Análisis químico del suelo y del biol	16
4.3 Diseño metodológico	18
4.4 Manejo de los ensayos	22
4.5 Variables a evaluar	26
4.6 Análisis de los datos	26
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	29
5.1 Cultivo de maíz NB-9043	29
5.2 Cultivo de frijol INTA Fuerte Sequía	45

<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>58</b>
<b>VII</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>60</b>
<b>VIII</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>67</b>

---

---

## ÍNDICE DE CUADROS

---

CUADRO	PÁGINA
1. Dosificación de Biol en algunos cultivos	5
2. Análisis químico del biofertilizante Biol en Nicaragua	5
3. Especificaciones técnicas del maíz NB-9043 (INTA, 2013)	9
4. Descriptores de la variedad frijol INTA Fuerte Sequía (INTA, 2013)	10
5. Resultados de análisis químico de suelos (LABSA; UNA; 2017)	16
6. Características químicas del biol utilizado en el estudio, finca El Plantel, Masaya 2017	17
7. Aportes de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) a partir de las aplicaciones de los tratamientos al suelo, finca El Plantel, Masaya 2017	17
8. Factores y niveles evaluados en el cultivo de maíz, finca El Plantel, Masaya 2017	19
9. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de maíz, finca El Plantel, Masaya 2017	20
10. Dimensiones por ensayo de maíz y frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	20
11. Factores y niveles evaluados en el cultivo de Frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	21
12. Descripción de los tratamientos evaluados en cultivo de frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	22
13. Variables para medir y metodología para los cultivos maíz y frijol finca El Plantel, Masaya 2017	27
14. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la planta (cm) del maíz, finca El Plantel, Masaya 2017	30
15. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable diámetro del tallo (mm) del maíz, finca El Plantel, Masaya 2017	31
16. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable número de hojas por planta del maíz, finca El Plantel, Masaya 2017	32
17. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la primera y segunda inserción del chilote en cm a los 63 dds, finca El Plantel, Masaya 2017	34
18. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable longitud y diámetro de la mazorca del maíz, medida a los 113 dds, finca El Plantel, Masaya 2017	35



19.	Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y número de granos por mazorca del maíz, medida a los 113 dds, finca El Plantel, Masaya 2017	37
20.	Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables peso de 1 000 semillas y rendimiento del maíz, medida a los 118 dds, finca El Plantel, Masaya 2017	40
21.	Relación beneficio costo a través de la Metodología de presupuesto parcial (CMMYT, 1988) en el ensayo de maíz, finca El Plantel, Masaya 2017	44
22.	Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la planta (cm) del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	46
23.	Efectos principales en la variable diámetro del tallo (mm) bajo dos manejos de arvenses y tipos de fertilización del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	47
24.	Efectos principales en la variable número de hojas por planta bajo dos manejos de arvenses y tipos de fertilización en la del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	49
25.	Efectos principales en las variables número de ramas por planta, vainas por rama y granos por vaina de frijol bajo dos manejos de arvenses y tipos de fertilización en las, finca El Plantel, Masaya 2017	52
26.	Efectos principales en las variables peso de 100 semillas (g) y rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) del frijol bajo dos manejos de arvenses y tipos de fertilización, medida a los 80 dds, finca El Plantel, Masaya 2017	55
27.	Relación beneficio costo a través de la Metodología de presupuesto parcial (CMMYT, 1988) en el ensayo de frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	57

---

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Principales países productores de maíz (2014-2016).	7
2. Principales países consumidores de maíz (2013-2016).	8
3. Mapa de ubicación de la zona de estudio, Masaya, 2017. Fuente propia	15
4. Precipitación acumulada y temperatura media en la zona de estudio, Masaya, 2017.	19

---

---

## ÍNDICE DE ANEXOS

---

ANEXO	PÁGINA
1. Foto de pilas de almacenamiento de biol y Transporte, Boaco 2017.	68
2. Foto de la delimitación de parcelas experimentales, finca EL Plantel Masaya 2017.	68
3. Foto de la preparación del suelo en las parcelas experimentales en finca El Plantel, Masaya 2017.	68
4. Foto de la Instalación de cintas de goteo, finca El Plantel, Masaya 2017.	69
5. Foto del Cultivo de frijol común cv. INTA Fuerte Sequía, finca El Plantel, Masaya 2017.	69
6. Foto de la Cosecha del frijol INTA Fuerte Sequía, finca El Plantel, Masaya 2017.	69
7. Foto de la Medición de la humedad en muestras de frijol utilizando el DOLE 400, UNA 2017.	70
8. Foto del Secado de granos de frijol por parcela llevado a un 12 % de humedad, UNA 2017	70
9. Foto del Cultivo de maíz NB 9043, finca El Plantel, Masaya 2017.	71
10. Foto de la cosecha del maíz NB 9043, finca El Plantel, Masaya 2017	71
11. Foto de la medición de variables de rendimiento en el maíz NB 9343, UNA 2017	72
12. Foto de parte del equipo de estudiantes investigadores de biol en maíz y frijol, UNA 2017.	72
13. Cálculos de costo de producción de biol para un biodigestor de 9 m <sup>3</sup>	73
14. Cálculos agronómicos del riego por goteo	74
15. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la planta (cm) del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	76
16. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable diámetro del tallo (mm) del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	76
17. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable número de hojas por planta del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	77
18. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la primera y segunda inserción de la mazorca en cm, finca El Plantel, Masaya 2017	77

19	Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables; longitud y diámetro de la mazorca, medida a los 113 dds, finca El Plantel, Masaya 2017	78
20	Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y número de granos por mazorca del Maíz, medida a los 113 dds, finca El Plantel, Masaya 2017	78
21	Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable peso de 1 000 semillas de maíz, finca El Plantel, Masaya 2017	79
22	Figura que muestra el rendimiento del maíz NB 9043 en la interacción de los tratamientos, Masaya, 2017	79
23	Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la planta (cm) del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	80
24	Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable diámetro del tallo (mm) del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	80
25	Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable número de hojas por planta del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	81
26	Cuadro del efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables número de ramas por planta, vainas por rama y granos por vaina de frijol, finca El Plantel, Masaya 2017	81
27	Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables peso de 100 semillas (g) y rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) del frijol, medida a los 80 dds, finca El Plantel, Masaya 2017	82
28	Interacción manejo*fertilización sobre el rendimiento del cultivo de frijol finca El Plantel, Masaya, Nicaragua, 2017	82
29	Régimen de riego del cultivo de frijol cv. INTA Fuerte Sequía, finca El Plantel 2017	83
30	Régimen de Riego de maíz NB-9043, Finca EL Plantel, Masaya 2017	84

---

## RESUMEN

El estudio se realizó en la finca El Plantel, UNA, con el fin de Evaluar el efecto de la fertilización con biol y convencional en las variables de crecimiento y rendimiento de los cultivos maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L), bajo dos manejos de arvenses. La investigación se dividió en dos ensayos maíz y frijol, en ambos casos se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo de parcelas divididas, con dos niveles en el factor manejo de arvenses (manejo 1 y 2) y cuatro niveles para el factor fertilización (tres de biol y una convencional) con cuatro repeticiones, la combinación de los niveles da lugar a ocho tratamientos por cultivo. El análisis estadístico en el ensayo de maíz para el factor manejo no mostró diferencias estadísticas en la variable rendimiento. Para el factor fertilización hubo significación estadísticas en las variables peso de 1000 semillas y rendimiento, los mayores promedios los mostraron los niveles con la mayor dosis de biol y convencional con 3 259.80 kg ha<sup>-1</sup> y 2 949.50 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, en las interacciones no hubo diferencias estadísticas, el análisis económico mostró que los tratamientos con la mayor relación beneficio costo fueron el manejo uno más fertilización convencional y el manejo dos más fertilización convencional con C\$ 4.34 y C\$ 4.32, respectivamente. Para el cultivo de frijol, el análisis realizado a las variables en el factor manejo mostró diferencias estadísticas en la variable rendimiento presentando las mayores medias el manejo dos con 729.68 kg ha<sup>-1</sup>. En el factor fertilización no hubo significación estadística en la variable rendimiento. En las interacciones no hubo significación estadística en la variable rendimiento, en el análisis económico los tratamientos con la mayor relación beneficio costo fueron el manejo dos con la dosis media de biol y la dosis máxima de biol con C\$ 2.66 y C\$ 2.50, respectivamente.

**Palabras clave.** Fertilizante orgánico, Control de malezas, rentabilidad.

## ABSTRAC

The study was carried out at the El Plantel farm, UNA, in order to evaluate the effect of biol and conventional fertilization on the growth and yield variables of corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L) crops, under two weed management. The research was divided into two corn and bean trials, in both cases a Randomized Complete Block design was used with an arrangement of divided plots, with two levels in the weed management factor (management 1 and 2) and four levels for the fertilization factor (three biol and one conventional) with four repetitions, the combination of levels gives rise to eight treatments per crop. Statistical analysis in the corn trial for the management factor did not show statistical differences in the yield variable. For the fertilization factor there was statistical significance in the variables weight of 1000 seeds and yield, the highest averages were shown by the levels with the highest dose of biol and conventional with 3 259.80 kg ha<sup>-1</sup> and 2 949.50 kg ha<sup>-1</sup>, respectively, in the interactions there were no statistical differences, the economic analysis showed that the treatments with the highest cost-benefit ratio were management one plus conventional fertilization and management two plus conventional fertilization with C\$ 4.34 and C\$ 4.32, respectively. For the bean crop, the analysis performed on the variables in the management factor showed statistical differences in the yield variable, with management two presenting the highest means with 729.68 kg ha<sup>-1</sup>. In the fertilization factor there was no statistical significance in the yield variable. In the interactions there was no statistical significance in the performance variable, in the economic analysis the treatments with the highest cost-benefit ratio were management two with the average dose of biol and the maximum dose of biol with C\$ 2.66 and C\$ 2.50, respectively.

**Keywords.** Organic fertilizer, Weed control, profitability

## I. INTRODUCCIÓN

La ONU (1992), afirma que “el cambio climático se entiende a la variabilidad del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables y uno de los principales desafíos en la actualidad provoca estrés a nuestras sociedades y al ambiente”.

Por otro lado “las variaciones climáticas, amenazan la producción de alimentos, hasta la elevación del nivel del mar, que aumenta el riesgo de inundaciones catastróficas, las repercusiones del cambio climático son de carácter mundial y afectará desproporcionadamente a muchas de las poblaciones más pobres del mundo, que son las más vulnerables para hacer frente a las consecuencias” (PNUMA, 2009).

Además, los efectos del cambio climático afectan no solo a países industrializados que emanan en grandes cantidades gases de efecto invernadero sino también a Nicaragua, según INETER (2009), “la variación de precipitaciones y temperaturas ubicó en situación de riesgo alrededor de 61 municipios de Nicaragua, por la falta de lluvias. Por otra parte, en América Central entre el 80 % y 98 % de los rubros agropecuarios dependen del régimen de lluvias, es decir, la agricultura bajo riego es muy baja”.

Para producir alimentos en Nicaragua, no solo hay que tomar en consideración que estamos en un ambiente variable sino que la producción agrícola deberá de reunir ciertos parámetros que están explicados en la ley 693 que textualmente dice: “La Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional (S.S.A.N.) es la disponibilidad y estabilidad del suministro de alimentos, culturalmente aceptables, de tal forma que todas las personas de manera oportuna, gocen del acceso y puedan consumir los mismos en cantidad y calidad, libres de contaminantes, igual a otros servicios como saneamiento, salud y educación, que aseguren el bienestar nutricional y les permita hacer una buena utilización biológica de los alimentos para alcanzar su desarrollo, sin que ello signifique un deterioro del ecosistema” (AN, 2009).

El biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércol de animales, plantas verdes, frutos, entre otros, en ausencia de oxígeno (Anaeróticamente). Es una especie de vida (bio), muy fértil (fertilizante), rentable ecológica y económicamente (INIA, 2008).

El proceso se realiza en un biodigestor, obteniendo un abono orgánico natural, estimulante foliar para las plantas y un completo potenciador de los suelos. El proceso de maduración depende del clima, en zonas donde la temperatura sobrepasa los 30 grados Celsius, el abono está listo para su maceración en 40 días, en zonas con climas relativamente menores su elaboración se recomienda a los 60 días (Montesinos, 2013).

Los cultivos seleccionados para el presente estudio son de mucha importancia debido a su demanda nacional e internacional, en 2016 los resultados de la producción y consumo fueron: en maíz se establecieron 352 000 hectáreas, obteniéndose 413.60 millones de kilogramos (kg), se exportaron 53.63 millones de kg y el consumo aparente fue de 381.78 millones de kg. En Frijol se cosecharon 248 000 hectáreas de las cuales se produjo 181.80 millones de kg, se exportaron 54.54 millones de kg y el consumo aparente fue de 108.86 millones de kg. Básicamente todo lo producido es consumido demostrando que son granos básicos de mucha importancia en el país (PPCC, 2017-2018).

Toda esta variación climática y las exigencias en la seguridad alimentaria lleva a buscar alternativas agroecológicas para adaptarnos a los efectos del cambio climático y crear mayor resiliencia en las familias productoras. Por tanto, el trabajo de investigación se ha centrado en estudiar dosis de biofertilizante orgánico biol que productores con biodigestores están manejando en los cultivos de maíz y frijol y se comparó con la norma convencional de fertilización (INTA, 2003) que en Nicaragua se maneja, estos cultivos estarán siendo comparados con dos manejos de malezas.

A través de este estudio se desea determinar el efecto del fertilizante convencional y dosis de biofertilizante biol sobre las variables de crecimiento y rendimiento en el cultivo de maíz y frijol bajo dos manejos de malezas.



## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización con biol y convencional en las variables de crecimiento y rendimiento de los cultivos maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L), bajo dos manejos de arvenses en la finca el Plantel, Masaya, 2017.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto del manejo de arvenses sobre las variables de crecimiento y rendimiento de los cultivos maíz y frijol.
2. Comparar el efecto de tres dosis de biol y una dosis de fertilización convencional sobre las variables de crecimiento y rendimiento en los cultivos maíz y frijol.
3. Comparar el efecto de la interacción entre los tipos de fertilización y los dos manejos de arvenses sobre las variables de crecimiento y rendimiento en los cultivos de maíz y frijol.
4. Determinar la relación beneficio costo (B/C) en los tratamientos evaluados.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 El biol como bio-fertilizante alternativo

El biol es la fracción líquida resultante del fango proveniente del fermentador o biodigestor. Este “fango” es decantado o sedimentado obteniéndose una parte líquida a la cual se le llama “biol”. Aproximadamente el 90 % del material estiércol que ingresa al biodigestor se transforma en Biol. Esto depende naturalmente del tipo de material a fermentar y de las condiciones de fermentación (Aparcana, 2008).

Aparcana (2008), menciona que las ventajas de utilizar biol como fertilizante son las siguientes:

- El uso del biol permite un mejor intercambio catiónico en el suelo. Con ello se amplía la disponibilidad de nutrientes del suelo.
- El biol se puede emplear como fertilizante líquido, es decir para la aplicación asperjada.
- También se puede aplicar junto con el agua de riego en sistemas automáticos de irrigación.
- Siendo el biol una fuente orgánica de fito-reguladores, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose a todo esto en un aumento significativo de las cosechas.

Según Martínez (2014), en un estudio realizado en Nicaragua por el SNV afirma que existen dos tipos de biodigestor: de bolsa y de domo y que el 51 % de productores utilizan el sistema de “Bolsa” y el 49 % utiliza el sistema de “Domo” y del total 82 % de productores utiliza el Biol como biofertilizante, además destaca que entre las principales razones del uso de biodigestor están:

- Por el cuidado al medio ambiente
- Por salud
- Por ahorrar dinero
- Por el biogás
- Porque no se daña el techo de zinc en sus viviendas, a causa del humo generado por la quema de leña.

Cuadro 1. Dosificación de biol en algunos cultivos

Cultivo	Dosificación
Papa	300 litros de Biol ha <sup>-1</sup> en 3 aplicaciones foliares. Cada aplicación en una dilución del 50 % (100 litros de Biol en 200 litros de agua)
Algodón	160 litros de Biol ha <sup>-1</sup> en 4 aplicaciones foliares. Cada aplicación en una dilución del 20 % (40 litros de Biol en 200 litros de agua)
Uva	320 litros de Biol ha <sup>-1</sup> en 4 aplicaciones foliares. En una dilución c/u al 20 %
Maíz	160 litros de Biol ha <sup>-1</sup> en 4 aplicaciones foliares. En dilución del 20 %
Espárrago	320 litros de Biol ha <sup>-1</sup> en 4 aplicaciones foliares. En una dilución c/u del 20 %
Fresa	480 litros de Biol ha <sup>-1</sup> en 12 disoluciones (cada semana durante los 3 primeros meses). En una dilución del 20 %

Fuente: Granja Casablanca, Perú (2004), citado por Aparcana 2008.

El resultado encontrado por Martínez, 2014 indica que el biol analizado tiene un pH neutro, esto favorece la absorción de los nutrientes, un contenido de Materia Orgánica alto (10.01 %), cantidad de nitrógeno total alto (0.51), Los macroelementos potasio, calcio y magnesio presentaron valores altos, sin embargo, los resultados de fósforo son bajos, los microelementos hierro, cobre, manganeso y zinc presentaron valores altos en sus contenidos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis químico del biofertilizante biol en Nicaragua

Variable	pH	MO	N total g/100 g	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
				%				ppm			
Promedios globales	7.07	10.01	0.51	0.07	0.15	0.14	0.23	302.57	2.84	25.26	6.18

Fuente: (Martínez, F. 2015)

### 3.2 El cultivo de maíz

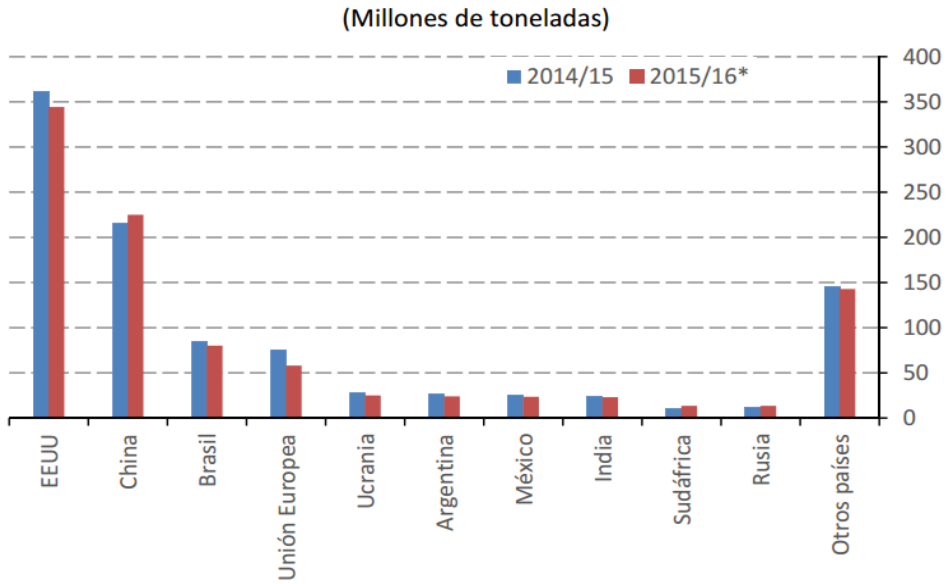
De acuerdo con las últimas estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), y el Programa Mundial de Alimentos (PMA) en el año 2015; afirman que el número de personas subalimentadas en la región conformada por los siete países de Centroamérica más República Dominicana (CA+RD) se redujo en los últimos 20 años en casi 1.8 millones de personas. Sin embargo, algunos de los países siguen contando con niveles de subalimentación entre los más altos de América Latina y el Caribe (ALC). La región en su conjunto cuenta con 13 % de su población subalimentada, superior al promedio de ALC del 6 %, y no logrará la meta fijada en la Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA) de 1996 de reducir a la mitad el número de personas subalimentadas para 2015 (FAO, 2015).

Una de las alternativas propuestas es la producción de maíz para garantizar la Seguridad Alimentaria y Nutricional que no solo garantice la disponibilidad del alimento, sino que esté disponible en el tiempo y que guarde una calidad adecuada y a un precio justo.

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea anual, robusta, de crecimiento determinado, de 1 a 5 m de altura, un solo tallo dominante, puede producir hijos fértiles, sus hojas alternas son pubescentes en la parte superior y glabra (sin pelos o bellos, hojas lisas) en la parte inferior. Planta monocotiledónea que pertenece a la familia gramíneas (Poaceae), Tribu Mayda, con dos géneros: *Zea* ( $2n=20$ ) y *Tripsacum* ( $2n=36$ ). El género *Zea* tiene además de la especie *Z. mays* (maíz común), cuatro especies conocidas como Teosintes (*Z. mexicana*, *Z. luxurians*, *Z. diploperennis* y *Z. perennis*), (INTA, 2009).

Es el cereal nutritivo básico en la alimentación humana, debido al aporte en calorías y proteínas. El grano de maíz está constituido: 77 % almidón, 2 % azúcares, 9 % de proteínas, 5 % aceites, 5 % pentosanas y 2 % cenizas (INTA, 2009).

Los tres principales países productores de maíz a nivel mundial son Estados Unidos de América con 350 millones de toneladas (Mt), China (200 Mt) y Brasil (80 Mt), los tres suman un total de 630 mt aproximadamente (Figura 1.).



Fuente: PSD-USDA

\*Proyectado en octubre de 2015.

Figura 1. Principales países productores de maíz (2014-2016).

Las estimaciones aproximadas basadas en los patrones de producción y el flujo del comercio internacional indican que los países en desarrollo consumen más del 90 % del maíz blanco producido en todo el mundo y que el consumo se concentra en África, México y Centroamérica. La mayor parte del maíz blanco se consume directamente como alimento y pequeñas cantidades se destinan a otros rubros. Según datos de la USDA en el año 2007 el consumo mundial de maíz en el período 2006/2007 fue de 16 994.16 millones de quintales (MIFIC, 2007).

El consumo mundial de maíz continúa creciendo de manera sostenida impulsado por crecimientos tanto en el consumo forrajero como en el consumo humano e industrial (Figura 2.). Así entre los ciclos comerciales 2004/2005 y 2014/2015 el consumo total del grano ha crecido a una tasa media anual de 3.6 %; desagregando por tipo de consumo, el consumo forrajero ha crecido a una tasa media anual de 2.3 % mientras que el consumo humano e industrial ha crecido 5.9 % en promedio en el mismo período (FIRA, 2015).

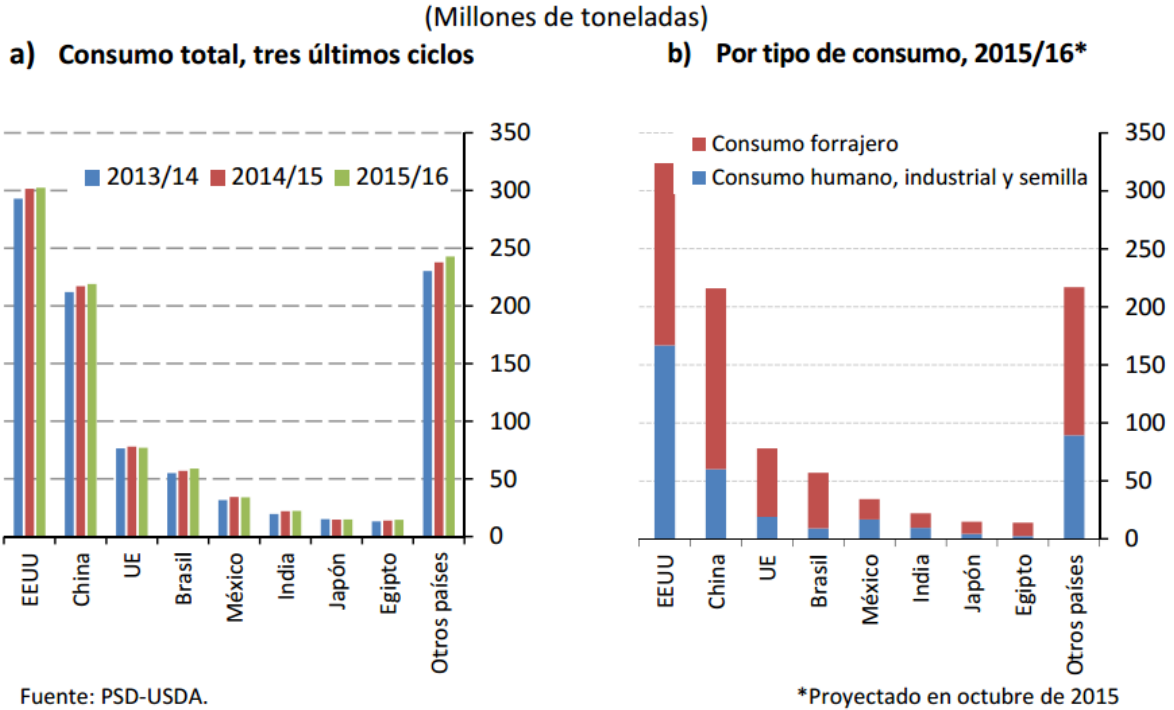


Figura 2. Principales países consumidores de maíz (2013-2016).

### 3.3 El cultivo de maíz variedad NB-9043

NB-9043 es una Variedad mejorada de maíz de grano blanco desarrollada para beneficiar a familias que habitan en zonas húmedas e intermedias donde se presentan problemas de pudrición de mazorca (*Stenocarpella maydis*), uso de variedades criollas y manejo agronómico deficiente. Se recomienda sembrar para la época de primera, postrera y apante (Cuadro 3.).

Se pueden sembrar desde el nivel del mar hasta los 1 800 msnm, se adaptan a suelos franco, francos arenosos y areno arcilloso, con pendiente de 15 a 30 %, pH 6.5 a 7.0, temperaturas de 15 a 28 °C y precipitaciones de 800 mm a 1 600 mm. NB-9043 se puede plantar manualmente preparando el suelo con arado de bueyes, al espeque y mecanizado, y se obtienen buenos rendimientos de grano (Cuadro 3.).

Cuadro 3. Especificaciones técnicas del maíz NB-9043 (INTA, 2013)

Tipo de variedad	Mejorada
Días a flor femenina	54 a 56
Altura planta (cm)	220 a 225
Altura mazorca (cm)	120 a 125
Color de grano	Blanco
Tipo de grano	Semidentado
Textura del grano	Semicristalino
Días a cosecha	110 a 115
Madurez relativa	Intermedia
Rendimiento comercial	3 900 kg ha <sup>-1</sup> a 4 875 kg ha <sup>-1</sup>
Cobertura de mazorca	Excelente
Densidad poblacional	54 a 56 mil plantas ha <sup>-1</sup>
Ventaja sobresaliente	Tolerante pudrición en mazorca

### 3.4 El cultivo de frijol variedad INTA Fuerte Sequía

El Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una planta anual, herbácea, pertenece a la familia de las fabáceas de la subfamilia de las Papilionoidae, se cultiva desde la zona tropical hasta zonas templadas. Como fuente alimenticia tiene alto contenido en proteínas (22 %), carbohidratos, vitaminas y minerales (INTA, 2009).

El frijol INTA Fuerte Sequía es una alternativa ante los efectos del cambio climático y a la vez garantiza los nutrientes necesarios que conllevan a asegurar la Seguridad Alimentaria y Nutricional en Nicaragua y en los países que carecen de precipitaciones adecuadas.

En Nicaragua esta leguminosa juega un papel importante, ya que en los campos es necesario la combinación del cultivo del maíz y del frijol. Este método de cultivo sirve para que los campos descansen, ya que la gramínea absorbe nitrógeno y la leguminosa, a su vez, lo fija y parte lo incorpora al suelo. La especie *Phaseolus vulgaris* o frijol común es originaria del área México-Guatemala ya que en esta región se encuentra una gran diversidad de variedades tanto en forma silvestre como en forma de cultivo (FUNICA, sf).

Esta variedad mejorada fue generada por el INTA (Cuadro 4.) mediante la selección de líneas provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en el 2007. Es una variedad tolerante a sequía. Se realizaron trabajos de ensayos y validaciones en diferentes regiones del país, teniendo aceptación por el color de grano y arquitectura erecta de la planta. En Carazo, en el año 2011 con 100 mm de agua y 60 días a cosecha presentó rendimientos superiores a los 1 200 kg ha<sup>-1</sup> (INTA, 2013).

Cuadro 4. Descriptores de la variedad frijol INTA Fuerte Sequía (INTA 2013)

<b>Genealogía</b>	<b>Características morfológicas</b>	<b>Características agronómicas</b>	<b>Otras características</b>
Progenitores S/B112/PRF9653-16B-1 F1/S/B123/-MC-6P-MQ	Granos por vaina: 4-6	Días a floración: 33-34	Variedad tolerante a sequía.
Origen de la Variedad: CIAT	Vainas por planta: 13-18	Días a maduración fisiológica: 63-65	Buena producción con 100-200 mm de agua durante el ciclo A pesar de tener un color de grano retinto, es aceptado por los comerciantes por sus buenas características culinarias.
Código de la variedad: SX 14825-7-1	Color del grano: Rojo oscuro, brillante.	Días a cosecha: 72-75 Peso de 100 semillas: 23-25 g	
	Habito de Crecimiento: IIB. Arbustivo, indeterminado, guía mediana	Potencial de rendimiento: 1 300 – 1 625 kg ha <sup>-1</sup>	Resistente a Mosaico Común (I) y Mosaico Dorado (bgm-1)

### 3.5 El cambio climático en Centro América y Nicaragua

En las zonas rurales, se prevé que los impactos más importantes en el futuro ocurran a corto plazo y posteriormente en relación con la disponibilidad y suministro de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, esencialmente en la relación con cambios de las zonas de producción de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo (nivel de confianza alto). Se prevé que esos impactos afecten desproporcionadamente al bienestar de los pobres en las zonas rurales, como las familias encabezadas por mujeres y las que tienen un acceso limitado a la tierra, los modernos insumos agrícolas, las infraestructuras y la educación. (IPCC, 2014).



Los impactos del cambio climático entre países no son proporcionales a sus contribuciones a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); son más bien heterogéneas e incluso los efectos, por algún período de tiempo, pueden ser positivos en determinadas regiones. La paradoja general de que aquellos países con mayores contribuciones a las emisiones reciben los menores impactos existe; mientras que aquellos que menos contribuyen concentran los mayores impactos (CEPAL, 2010).

Los modelos climáticos estiman que la temperatura media mundial ha de aumentar entre 1.4 y 5.8° C para el año 2100. El clima no responde inmediatamente a las emisiones; por consiguiente, ha de seguir cambiando durante cientos de años, aun cuando las emisiones de GEI se reduzcan y los niveles de contaminación atmosférica dejen de aumentar. Se prevé que el nivel medio del mar pudiese aumentar entre 9 y 8 cm para el año 2100, causando inundaciones en las zonas de tierras bajas, así como otros años (Milán, 2009).

Las zonas metropolitanas de la región presentan distintos niveles de riesgos frente a eventos extremos como ciclones, inundaciones y sequías. Por su ubicación geográfica los mayores niveles de riesgo (alto y muy alto) los presentan las ciudades de Centroamérica, el Caribe y México, así como las del centro y occidente de Colombia y las zonas costeras del oriente de Argentina y Brasil (CEPAL, 2010).

### 3.6 Manejo de arvenses

#### 3.6.1 Las arvenses

Arvenses son aquellas plantas que bajo determinadas condiciones causan daño económico y social al agricultor. En el contexto agroecológico, las malezas son producto de la selección interespecíficas provocada por el propio hombre desde el momento que comenzó a cultivar, lo que condujo a alterar el suelo y el hábitat. El proceso de selección es continuo y dependiente de las prácticas que adopte el agricultor. El uso actual de los herbicidas químicos ha originado importantes cambios en la flora de las plantas indeseables en las áreas agrícolas, tanto en especies que predominan sobre el resto de la vegetación, como de biotipos de otras especies resistentes a los herbicidas químicos en uso (FAO, sf).

Las arvenses causan problemas debido a:

1. Fuerte competencia con los cultivos por los nutrientes, el agua y la luz.
2. Liberación de sustancias a través de sus raíces y sus hojas que resultan ser tóxicas a los cultivos.
3. Creando hábitat favorable para la proliferación de otras plagas (artrópodos, ácaros, patógenos y otros) al servir de hospederas de éstas.
4. Interfiriendo el proceso normal de cosecha y contaminando la producción obtenida.

### 3.6.2 Diversidad de arvenses

La diversidad de maleza es un término que indica la cantidad de especies que colonizan una determinada área de trabajo, la diversidad es influenciada por múltiples factores entre los que resaltan las formas de control que se implementan en dicha área, es particularmente influenciada por la utilización de herbicidas específicos, los cuales permiten cambiar la flora original de malezas (Avendaño, 1994).

### 3.6.3 Métodos de manejo de arvenses

Existen varios métodos para el manejo de las arvenses o para reducir su infestación a un determinado nivel, entre estos (FAO, 1996):

1. Métodos preventivos, que incluyen los procedimientos de cuarentena para prevenir la entrada de una arvense exótica en el país o en un territorio particular.
2. Métodos físicos: arranque manual, escarda con azada, corte con machete u otra herramienta y labores de cultivo.
3. Métodos culturales: rotación de cultivos, preparación del terreno, uso de variedades competitivas, distancia de siembra o plantación, cultivos intercalados o policultivo, cobertura viva de cultivo, acolchado y manejo de agua.
4. Control químico a través del uso de herbicidas.
5. Control biológico a través del uso de enemigos naturales específicos para el control de especies de malezas.
6. Otros métodos no convencionales, p. ej. La solarización del suelo.

#### 3.6.4 Manejo de arvenses en maíz

El desarrollo de las arvenses en el cultivo del maíz en los primeros 30 días es crítico, por lo que se debe asegurar que crezca libre de la competencia de arvenses, pues se estima que éstas son causantes del 10 al 84 % de la reducción en su rendimiento. Es importante distinguir entre arvenses de hojas anchas y gramíneas, ya que difieren en su reacción a herbicidas y métodos de control. Si las arvenses se controlan mecánicamente, se debe efectuar dos limpiezas durante los primeros 30 días de crecimiento del cultivo, en forma superficial, sin dañar el sistema radical del cultivo (IICA, sf)

#### 3.6.5 Manejo de arvenses en frijol

El período crítico de competencia por arvenses en el cultivo de frijol inicia desde el primer día hasta los 25 a 30 días después de haber emergido el frijol, por tanto, el productor debe mantener limpio de arvenses el cultivo durante los primeros 30 días hasta el cierre de calle, posterior a estos días se recomienda si es necesario, realizar control de arvenses químicamente para cosechar en limpio. Se debe considerar las condiciones ambientales (lluvias) y la capacidad económica para decidir el tipo de control a realizar (IICA, 2009).

#### 3.7 El riego por goteo

Se afirma por WWF (2009), que el sistema de riego por goteo es un sistema de riego localizado en donde se moja sólo la parte del suelo próximo a las plantas. El agua a baja presión llega mediante tuberías (polietileno, cintas de goteo) hasta la planta y su objetivo es realizar pequeñas aportaciones de agua, de manera continua y frecuente, en un lugar próximo a la planta, humedeciendo sólo parte del volumen del suelo. Aunque existan diversos sistemas de riego localizado (cintas de exudación, riego subterráneo) el ejemplo más típico es el conocido riego por goteo.

### 3.7.1 Ventajas del riego por goteo

- No se presenta agua de escorrentía, son pocas por percolación y son casi nulas por evaporación.
- Bajos requerimientos de potencia y de consumo de energía en el sistema de bombeo.
- Aplicación óptima y eficiente de los fertilizantes juntamente con el agua de riego (ferti-riego).
- Disminución considerable de las malezas en los cultivos.
- Reducción a los problemas ocasionados por los ataques de plagas y hongos, debido a que no se humedece el follaje (en los RLAF de bajo caudal).
- Es utilizable y adaptable a cualquier topografía.
- Reducción a los problemas de erosión y daño a la estructura del suelo.

### 3.7.2 Desventajas del sistema de riego por goteo

- Costo mayor de adquisición e instalaciones con respecto a riego por aspersión
- Necesidad de un sistema filtrado.
- Necesidad de mantenimiento y limpieza del sistema.
- Acumulación de sales.
- Necesidad de mano de obra especializada.
- Necesidad de un buen diseño.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación y fechas del estudio

La investigación se realizó en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el kilómetro 30 de la carretera Tipitapa hacia Masaya, perteneciente al Municipio de Nindirí del Departamento de Masaya entre las coordenadas  $12^{\circ}6'57.65''$  de latitud norte y  $86^{\circ}5'10.61''$  de longitud oeste. El estudio se realizó entre el período de marzo a septiembre del 2017.

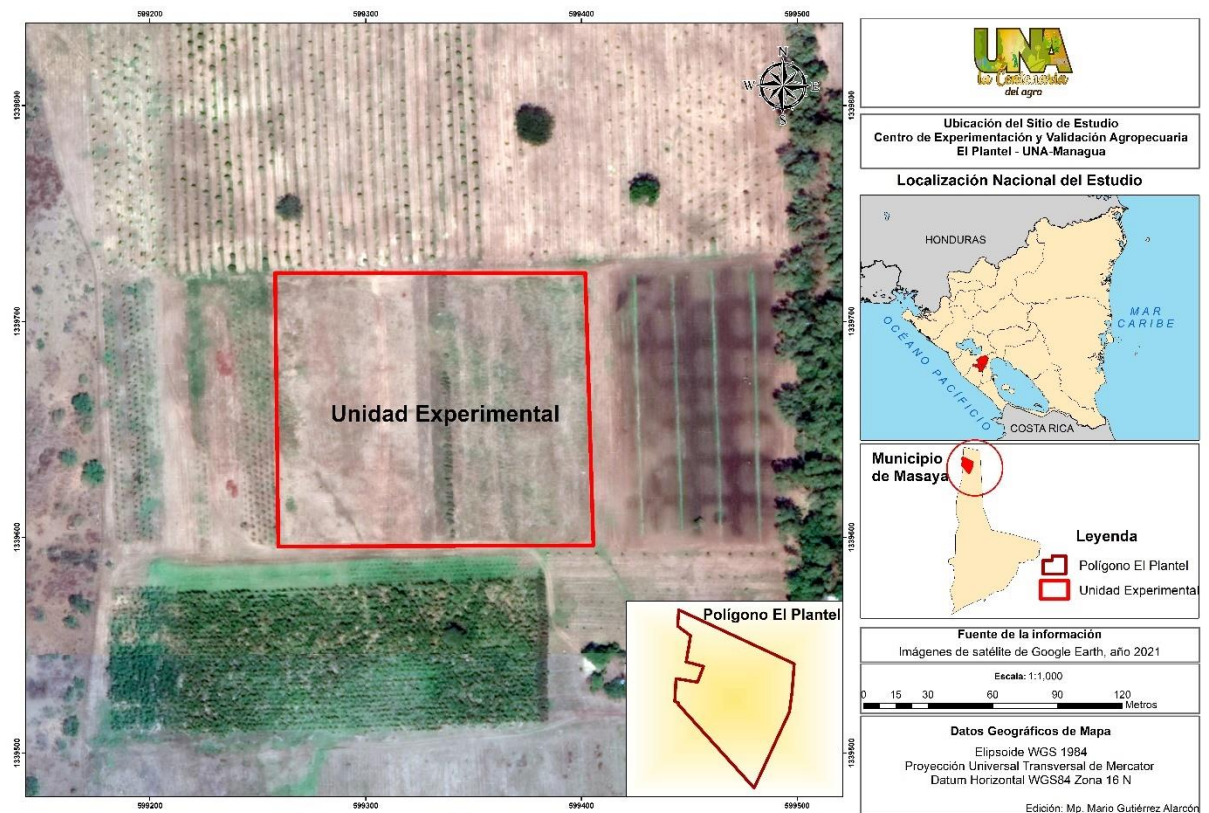


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio, Masaya, 2017. Fuente propia.

## 4.2 Análisis químico del suelo y del biol

### 4.2.1 Análisis químico del suelo

De acuerdo con el análisis químico de suelo realizado en el laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (2017), se obtuvo valores de pH muy ligeramente ácido (6.88), materia orgánica media (3.6 %), alto en Nitrógeno (0.18 %), pobre en fósforo (2.21 ppm), alto en potasio (1.88 Meq/100 g) y una clase textural Franco Limosa (24.6 % arcilla, 52.0 % Limo, 23.4 % arena), (Cuadro 5.).

Cuadro 5. Resultados de análisis químico de suelo (LABSA, UNA 2017)

<b>pH</b> <b>(H<sub>2</sub>O)</b>	<b>MO</b> <b>%</b>	<b>N</b> <b>%</b>	<b>P</b> <b>Ppm</b>	<b>K</b> <b>(Meq/100g)</b>	<b>Partículas (%)</b>		
					<b>Arcilla</b>	<b>Limo</b>	<b>Arena</b>
6.88	3.6	0.18	2.21	1.88	24.6	52.0	23.4

Fuente: LABSA, 2017.

En términos generales, una hectárea de suelo a una profundidad promedio de 20 cm con densidad de 960 kg m<sup>-3</sup>, tendría un peso de 1 920 000 kg. Basado en ese peso del suelo y en el análisis químico del mismo, la materia Orgánica que presenta ese suelo es de 69 120 kg ha<sup>-1</sup>, el nitrógeno de 69.12 kg ha<sup>-1</sup> (N), el fósforo de 9.72 kg ha<sup>-1</sup> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y el potasio de 1 421.82 kg ha<sup>-1</sup> (K<sub>2</sub>O).

### 4.2.2 Análisis químico de biol

A partir del biol extraído de las fincas de los productores Ever González y Oswaldo Rocha (ambos con biodigestores de domo fijo de 9 m<sup>3</sup> establecidos en sus fincas), se procedió a mezclar el biol de ambas fincas y luego a realizar el análisis químico del biol.

El análisis químico al efluente biol, muestra un pH neutro, lo que favorece la absorción de los nutrientes, un mayor contenido de Materia Orgánica (48.5 %) superior a los reportados por Martínez (2016) con un promedio de 10.1 % de una muestra de 45 fincas ganaderas, que disponen de biodigestores en Nicaragua.

Rengifo (2014) reportó 38 % de materia orgánica, lo cual también es evidente que la presencia de macro y micronutrientes que al ser aplicados pueden ser aprovechados por el suelo y los cultivos a los que se le aplique el biol (Cuadro 6).

Cuadro 6. Características químicas del biol utilizado en el estudio, (LABSA, 2017)

Biofertilizante	Características químicas									
	pH	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
Biol	7.14	1.76	0.18	3.11	16.57	12.30	30.52	5.45	36.70	7.72

Fuente: Laboratorio de suelo y agua, UNA, 2017.

Basado en los resultados del análisis químico del biol y en las dosis de los tratamientos en estudio, se presentan las cantidades de nutrientes que se están incorporando al suelo por tratamiento (Cuadro 7.).

Cuadro 7. Aportes de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) a partir de las aplicaciones de los tratamientos al suelo, finca El Plantel, Masaya 2017

Cultivo	Fuente	Dosis	Aportes en kg ha <sup>-1</sup> de		
			N	P	K
Maíz	Biol	8 540 l ha <sup>-1</sup>	150.30	15.37	265.59
	Biol	11 386 l ha <sup>-1</sup>	200.39	20.50	354.11
	Biol	14 233 l ha <sup>-1</sup>	250.50	25.62	442.65
	Urea + completo (b4)	129 kg de urea + 129 kg de completo 12-30-10	60+16=76	39	13
Frijol	Biol	7 117 l ha <sup>-1</sup>	125.14	12.80	221.34
	Biol	9 963 l ha <sup>-1</sup>	175.30	17.93	309.85
	Biol	12 810 l ha <sup>-1</sup>	225.46	23.06	398.39
	Urea + completo	129 kg de completo 12-30-10	60	39	13

Clave: l ha<sup>-1</sup>: litros por hectárea, kg ha<sup>-1</sup>.

La norma técnica del INTA (2003) para el cultivo de Maíz es de 129 kg de urea por hectárea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) más 129 kg de 12-30-10 por hectárea. Para la fertilización en Frijol, el INTA recomienda la aplicación de 129 kg de completo de la fórmula 12-30-10.

Basada en esas normas técnicas se procedió a compararla con las dosis propuestas por los productores siendo la más próxima en el caso del maíz la dosis  $8\ 540\ \text{l ha}^{-1}$  para suplir el Nitrógeno, pero para suplir fósforo la dosis  $14\ 233\ \text{l ha}^{-1}$ . Para el caso del Frijol, la dosis  $7\ 117\ \text{l ha}^{-1}$  es la más cercana a la demanda de Nitrógeno, en cambio para suplir la demanda de fósforo la dosis más cercana es la  $12\ 810\ \text{l ha}^{-1}$  (Cuadro 7). En todos los casos la demanda de Potasio no fue una limitante ya que el contenido de potasio en el suelo es abundante.

#### 4.3 Diseño metodológico

El estudio fue experimental y se realizó en dos ensayos, cada ensayo constó de un cultivo con tres dosis de biol, una dosis de fertilizante convencional como testigo y dos manejos de arvenses.

Para el establecimiento de los cultivos se utilizó un sistema de riego por goteo, el que suministró agua al suelo cuando se presentaban déficit hídrico ya que el estudio se inició en época seca (marzo) y concluyó en época lluviosa (agosto) (Figura 4.).



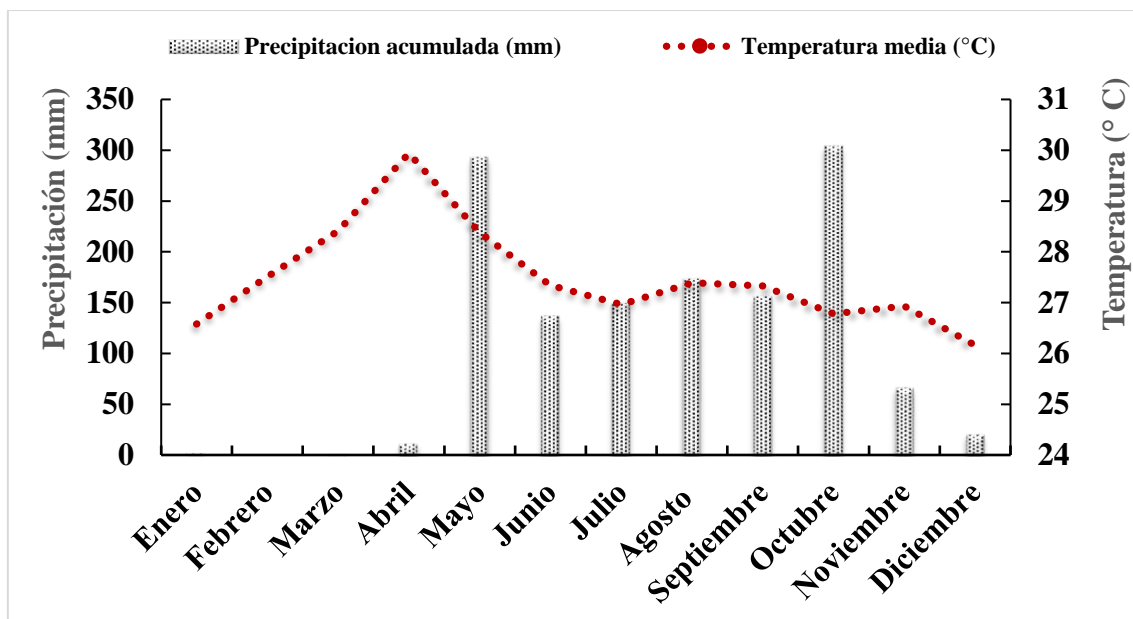


Figura 4. Precipitación acumulada y temperatura media en finca El Plantel, Masaya, 2017.

#### 4.3.1 Ensayo I

El primer ensayo se realizó con el cultivo de maíz, donde se estudiaron tres dosis de biol más un testigo de fertilización convencional comparado con dos manejos de arvenses (Cuadro 8.). El manejo 1, consistió en el control de arvenses realizando tres limpieas con un intervalo de diez días entre limpieas, se realizó solo en los primeros 30 días ya que es el período crítico para el cultivo de maíz. El manejo 2 consistió en el control de arvenses realizándolo semanalmente (cada siete días) hasta que el cultivo cerró calles, en total se realizaron cinco limpieas en el cultivo.

Cuadro 8. Factores y niveles evaluados en el cultivo de maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor (A). Manejo de arvenses		Factor (B). Fertilización.
Niveles	a <sub>1</sub> . Manejo 1	b <sub>1</sub> . 8 540 l ha <sup>-1</sup>
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	b <sub>2</sub> . 11 386 l ha <sup>-1</sup>
		b <sub>3</sub> . 14 233 l ha <sup>-1</sup>
		b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con un arreglo de parcelas divididas con cuatro réplicas, siendo la parcela grande el manejo y la parcela pequeña las dosis de fertilizantes (Cuadro 9.)

Cuadro 9: Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	Manejo 1; 8 540 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	Manejo 1; 11 386 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	Manejo 1; 14 233 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	Manejo 1; 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	Manejo 2; 8 540 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	Manejo 2; 11 386 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	Manejo 2; 14 233 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	Manejo 2; 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)

Nota: Fuente propia.

Las parcelas pequeñas tenían 4 metros de ancho y 15 m de largo equivalentes a 60 m<sup>2</sup>, y la parcela grande es el producto entre los cuatro tratamientos y las 4 repeticiones dando un total de 960 m<sup>2</sup>, esto sin incluir el espaciamento entre bordes. El espaciamento entre surcos fue de un metro y entre plantas 0.15 m, para un total de 400 plantas por parcela. La parcela útil estaba conformada por los dos surcos centrales y se muestrearon seis plantas por surco para un total de 12 plantas por parcela (Cuadro 10.).

Cuadro 10. Dimensiones por ensayo de maíz y frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Descripción	Largo sin bordes (m)	Ancho sin bordes (m)	Área sin bordes (m <sup>2</sup> )
Parcela principal	16	60	960
Parcela por tratamiento	4	15	60

### 4.3.2 Ensayo II

El segundo ensayo se realizó con el cultivo de frijol donde se evaluaron tres dosis de biol y uno de fertilizante convencional comparado con dos manejos de arvenses (Cuadro 11). El manejo 1, consistió en el control de arvenses realizando tres limpiezas con un intervalo de 10 días entre limpiezas, se realizó solo en los primeros 30 días ya que es el período crítico del cultivo de frijol. El manejo 2 consistió en el control de arvenses realizándolo semanalmente (cada siete días) hasta que el cultivo cerró calles, en total se realizaron cuatro (hasta los 28 dds) limpiezas en todo el ciclo del cultivo.

Cuadro 11. Factores y niveles evaluados en el cultivo de Frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

	Factor (A). Manejo de arvenses	Factor (B). Fertilización.
Niveles	a <sub>1</sub> . Manejo 1	b <sub>1</sub> . 7 117 l ha <sup>-1</sup>
		b <sub>2</sub> . 9 963 l ha <sup>-1</sup>
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	b <sub>3</sub> . 12 810 l ha <sup>-1</sup>
		b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)

La parcela útil estaba conformada por los cuatro surcos centrales y se muestrearon tres plantas por surco para un total de 12 plantas por parcela de 60 m<sup>2</sup>.

Al igual que en maíz, la parcela de frijol tenía cuatro metros de ancho y 15 m de largo para un total de 60 m<sup>2</sup>, la parcela grande estaba comprendida por los 60 m cuadrados de la parcela pequeña por los cuatro niveles del factor fertilización por las cuatro réplicas para un total 960 m<sup>2</sup>, estas áreas no incluían el área de borde. El espaciamiento entre surcos fue de 0.5 m y entre plantas 0.10 m, para un total de 1 200 plantas por parcela de 60 m<sup>2</sup>. La combinación de factor da lugar a 8 tratamientos (Cuadro12.)

Cuadro 12. Descripción de los tratamientos evaluados en cultivo de Frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamientos	Descripción
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	Manejo 1; 7 117 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	Manejo 1; 9 963 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	Manejo 1; 12 810 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	Manejo 1; 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	Manejo 2; 7 117 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	Manejo 2; 9 963 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	Manejo 2; 12 810 l ha <sup>-1</sup>
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	Manejo 2; 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)

#### 4.4 Manejo de los ensayos

El manejo agronómico se realizó para dos ensayos diferentes ya que el primer ensayo se manejó con maíz y el segundo con el cultivo de frijol por tanto se detallará el manejo para cada ensayo.

##### 4.4.1 Ensayo I

Cultivo de maíz NB- 9043, con tres dosis de biol y un testigo de fertilización convencional bajo dos sistemas de manejo de arvenses.

**Preparación del suelo.** La preparación del suelo se realizó el jueves 11 de mayo de 2017 de manera mecanizada utilizando un pase de arado y dos pases de gradas y se finalizó con un surcado. El espaciamiento entre surcos fue de un metro y la longitud total de cada surco fue de 86 m que incluían los dos metros entre bloques.

**Delimitación de parcelas e Instalación de sistemas de riego.** La delimitación de las parcelas se realizó el 13 de mayo de 2017 y posteriormente se procedió a la instalación de las cintas de riego. Cada parcela quedó con un ancho de 12 m y 86 m de largo (esta longitud incluye los dos metros entre boques).

**Siembra.** La siembra de maíz se realizó el día 13 de mayo de 2017, de manera manual, sembrando tres semillas por cada golpe ubicándolos a cada 15 cm entre golpe. Una vez germinada las plantas de maíz se realizó un raleo para lograr la densidad apropiada dejando una planta cada 15 cm y entre surcos la distancia fue de un metro, para una densidad total de 400 plantas por parcela de 60 m<sup>2</sup> que equivalían a 66 666 plantas por hectárea. Para comprobar la densidad teórica y la real se procedió a contar el número de plantas por metro lineal y se repitió en cuatro ocasiones y se logró un dato promediado.

**Fertilización:** para fertilizar el cultivo de maíz se utilizó dos fuentes, la primera consistió en la aplicación de biol utilizando tres dosis propuestas por los productores beneficiarios del Servicio Holandés de Desarrollo (SNV) a través del Programa de Mercado, la segunda fue utilizando la fertilización convencional. El biol utilizado en este estudio fue facilitado por los productores; Ever González y Oswaldo Rocha del municipio de Boaco, quienes disponen de Biodigestores de domo fijo de 9 m<sup>3</sup>.

El biol, de ambas fincas, fue mezclado para homogenizar sus características químicas y se aplicó de manera directa al suelo y también de manera foliar pasando un proceso previo de filtrado para este último. Para la fertilización convencional se utilizó la norma del INTA (2003), donde se utilizaron 129 kg ha<sup>-1</sup> de completo de la fórmula 12-30-10 más 129 kg ha<sup>-1</sup> de Urea al 46 % de nitrógeno.

**Manejo de arvenses.** El manejo de arvenses se realizó por primera vez a los siete días después de la siembra y se volvió a limpiar cada siete días (se realizaron cuatro limpiezas) utilizando machetes y azadones teniendo cuidado con no dañar las cintas de goteo. Para los tratamientos de manejo de arvenses 2, en total se realizaron cinco (35 dds) limpiezas. Para el caso de los tratamientos con manejo de arvenses 1 se limpió solamente tres veces, el primero a los 10 dds, el segundo a los 20 dds y el tercero a los 30 dds.

**Manejo de Plagas.** La plaga que realizó afectaciones en el cultivo de maíz fue la *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) conocido como el gusano cogollero, que daña el follaje y el cogollo de la planta. Para conocer el impacto de esta plaga se realizó un recuento de plagas encontrando que el número de gusanos sobrepasaba el umbral permitido. Para tratar esta plaga utilizamos Cipermetrina super 25 EC con una dosis de 60 cm<sup>3</sup> (cc) por cada bombada de 20 l, se hicieron dos aplicaciones en todo el ciclo del cultivo con un intervalo entre aplicaciones de 10 días.

**Manejo del Riego.** El riego fue implementado para ambos ensayos y para todos los tratamientos de la misma manera y fue un elemento básico, pero de gran importancia para el desarrollo de ambos cultivos. Debido a que el experimento se estableció entre los meses de mayo-agosto (época lluviosa), el riego establecido fue complementario (se regaba solo cuando no llovía y el cultivo empezaba a requerir riego).

Las especificaciones de las cintas de goteo utilizadas fueron las siguientes: cinta de goteo de 6 mil wall, gasto de 0.75 l h<sup>-1</sup>, diámetro de 16 mm, una presión de trabajo de 8 PSI y una longitud total de la cinta de 3 050 m lineales. Se utilizó para extraer el agua del pozo una bomba: centrífuga de 0.05 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (800 gpm). Contaba con una tubería principal de 6 pulgadas, tubería secundaria de 4 pulg. y tubería lateral de 2 pulg. donde estaban conectados los laterales de riego (cintas de riego).

**Láminas de riego.** Para el ensayo de maíz y frijol, se trabajó con una lámina bruta de 5.56 mm día<sup>-1</sup> para suplir una necesidad bruta de los cultivos de 0.2224 l pta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, el tiempo de riego para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo fue de 17 min día<sup>-1</sup>. Se utilizó un caudal total de 57.37 m<sup>3</sup> en todo el ciclo. Se aplicó un riego al momento del establecimiento de los cultivos y tres riegos a lo largo del desarrollo de los cultivos.

#### 4.4.2 Ensayo II

Cultivo de Frijol INTA Fuerte Sequía, con tres dosis de biol y un testigo de fertilización convencional bajo dos sistemas de manejo de arvenses.

**Preparación del suelo.** La preparación del suelo se realizó el jueves 11 de mayo de 2017 de manera mecanizada utilizando un pase de arado y dos pases de gradas y se finalizó con un surcado. El espaciamiento entre surcos fue de 0.50 m y la longitud total de cada surco fue de 86 m que incluían los dos metros de separación entre bloques.

**Delimitación de parcelas e Instalación de sistemas de riego.** La delimitación de las parcelas se realizó el 13 de mayo de 2017 y posteriormente se procedió a la instalación de las cintas de riego por goteo. La tubería de riego ya estaba instalada.

**Siembra.** La siembra de frijol se realizó el día 13 de mayo de 2017 de forma manual directa en los surcos. Una vez germinada las plantas de frijol se realizó un raleo para lograr la densidad apropiada dejando una planta cada 10 cm y entre surcos la distancia fue de 0.50 m, para una densidad total de 1 200 plantas por parcela ( $60 \text{ m}^2$ ) equivalentes a  $200\,000 \text{ ptas ha}^{-1}$ .

**Fertilización:** para fertilizar el cultivo de frijol se utilizó dos fuentes, la primera consistió en la aplicación de biol utilizando tres dosis propuestas por los productores beneficiarios del Servicio Holandés de Desarrollo (SNV) a través del Programa de Mercado y una dosis de fertilización convencional según la norma del INTA, 2003. El biol utilizado en este estudio fue facilitado por los productores; Ever González y Oswaldo Rocha del municipio de Boaco, quienes disponían de Biodigestores de domo fijo de  $9 \text{ m}^3$ .

El biol de ambas fincas fue mezclado para homogenizar sus características químicas y se aplicó de manera directa al suelo y también de manera foliar pasando un proceso previo de filtrado. Para la fertilización convencional se utilizó la norma del INTA (2003) de  $129 \text{ kg ha}^{-1}$  de completo de la fórmula 12-30-10.

**Manejo de arvenses.** El manejo de arvenses se realizó a los 7, 14, 21 y 28 dds para las parcelas con manejo 2, para las parcelas con manejo 1 solo se realizaron a los 10, 20 y 30 dds utilizando para ambos manejos, machetes y azadones teniendo cuidado con no dañar las cintas de goteo.

**Manejo de Plagas.** Las plagas que afectaron el cultivo de frijol fueron el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) y el Gusano Peludo (*Estigmene acrea* Drury), que dañaron el follaje y las vainas de frijol. Para conocer el impacto de esta plaga se realizó un recuento de plagas encontrando que el número de gusanos sobrepasaba el umbral permitido. Para tratar esta plaga utilizamos Cipermetrina 25 EC con una dosis de 60 cm<sup>3</sup> por cada bombada de 20 l, se hicieron dos aplicaciones con intervalo entre aplicaciones de 10 días.

**Manejo de Hongos.** El nueve de Julio de 2017 (27 dds) el cultivo de frijol presentó una incidencia de hongo, se procedió a aplicar el fungicida - bactericida Mega Cobro<sup>®</sup> 51 SC, que es un producto a base de Cobre para eliminar la presencia del hongo dando buenos resultados y no se volvió a aplicar más.

#### **4.5 Variables a evaluar**

Se evaluaron variables de crecimiento y rendimiento, a continuación, se detallan las variables en un solo cuadro (Cuadro 13.).

#### 4.6 Análisis de los datos

Las recopilaciones de los datos fueron realizadas utilizando formatos impresos y luego se introdujeron en el programa Excel, el análisis de los datos fue realizado utilizando el Software libre R versión 4.0.5, donde se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) con una confianza del 95 %.

**Dosis de fertilizantes utilizando fertilizantes biol y convencional en maíz y frijol bajo dos manejos de arvenses, Bloques completos al azar (BCA), Bifactorial en arreglo de parcelas divididas.**



Cuadro 13. Variables para medir y metodología para los cultivos maíz y frijol finca El Plantel, Masaya 2017

N°	Variable para medir	Ensayo		Metodología para medir la variable
		Maíz	Frijol	
1	Altura de plantas (cm)	X	X	Se midió la altura de la planta en cm, con una cinta métrica de 5 m, desde la superficie del suelo hasta el ápice de la planta a los 30 y 40 dds.
2	Diámetro del tallo (mm)	X	X	Se midió el diámetro del tallo en mm, con un Vernier en la parte media de la planta a los 30 y 40 dds.
3	Número de hojas por planta	X	X	Se contabilizó el número de hojas por planta a los 30 y 40 dds.
4	Altura de la primera inserción de mazorca	X		Se midió desde la base del tallo hasta la inserción de la mazorca con una cinta métrica en metro.
5	Longitud de mazorca	X		Se midió desde la base del pedúnculo hasta su ápice en cm con cinta métrica.
6	Diámetro de mazorca	X		Se midió el diámetro de la mazorca en cm utilizando un vernier en la parte central de la mazorca.
7	Número de hileras por mazorca	X		Se contó el número de hileras que tenga cada mazorca a partir del centro de la mazorca.
8	Número de granos por hilera	X		Se contó el número de granos que tenga en una hilera.
9	Número de granos por mazorca	X		Se multiplicó el número de granos por hilera con el número de hileras.
10	Número de vainas por planta		X	Se contó el número de vainas que tenga cada planta.
11	Peso de 100 semillas (g)	X	X	Se pesó 100 semillas por tratamiento en gramos.
12	Rendimiento de granos (kg ha <sup>-1</sup> )	X	X	Se determinó el rendimiento en kg ha <sup>-1</sup>
13	Análisis económico de presupuesto parcial	X	X	Se hizo un análisis económico de los costos variables utilizando la metodología del CYMIT 1988.

Aunque son 2 ensayos con cultivos diferentes, el Modelo Aditivo Lineal es el mismo para cada ensayo, lo único que cambia es el cultivo. A continuación, se describe:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_k + \theta_i + \varepsilon_{(ik)} + \beta_j + (\theta\beta)_{ij} + \varepsilon_{(ijk)}$$

Donde:

i = 1, 2, ... a. Manejo de arvenses.  
 j = 1, 2, 3, 4... b. Dosis de fertilizantes  
 k= 1, 2, 3, 4... réplicas (Bloques)

De donde:

$Y_{ijk}$  Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado  
 $\mu$  Es el efecto de la media muestral sobre el modelo.  
 $\gamma_k$  Estima el efecto del k-ésimo bloque  
 $\theta_i$  Es el efecto del i-ésimo (manejo de arvenses)  
 $\varepsilon_{ik}$  Estima el efecto del error experimental  
 $\beta_j$  Estima el efecto del j-ésimo dosis de biofertilizante  
 $(\theta\beta)_{ij}$  Estima el efecto de los tratamientos y su interacción  
 $E_{ijk}$  Estima el efecto del error experimental

Este modelo aditivo lineal (MAL) se aplicó en los dos ensayos.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para una mejor claridad en la presentación de los resultados se procedió a separar los resultados en dos ensayos ya que son dos cultivos, iniciando con el cultivo de maíz y concluyendo con frijol.

### 5.1 Cultivo de maíz NB-9043

#### 5.1.1 Altura de la planta

La altura de planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta. Está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a la mazorca durante el llenado de grano y puede verse afectada por la acción conjunta de los cuatro factores fundamentales: luz, calor, humedad y nutrientes (Somarriba, 1998).

Según la separación de medias por Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) mostró diferencias estadísticas tanto para el factor manejo, así como para la fertilización, siendo el manejo 2 quien presentó los mayores promedios a los 30 y 40 dds. En el caso del factor fertilización el tratamiento con la mayor diferencia estadística fue el testigo con fertilización convencional (Cuadro 14.)

Castillo y Saravia (2017), obtuvo una altura máxima a los 30 dds de 28.57 cm, aplicando 183 kg de nitrógeno con la variedad DK 357 y bajo riego por aspersión. Estos valores son muy inferiores a los encontrados en esta investigación. Estos resultados podrían diferir debido a que la variedad de maíz utilizada en ambos experimentos es diferente.

En el análisis estadístico realizado a las interacciones no se obtuvo significación estadística entre tratamientos, aunque nominalmente los tratamientos que obtuvieron los mayores promedios fueron el T<sub>8</sub> combinación de manejo 2 más fertilización convencional (a<sub>2</sub>b<sub>4</sub>), seguida por el T<sub>7</sub> manejo 2 y la dosis mayor de biol (a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>), con 153.52 cm y 136.58 cm respectivamente a los 40 dds (Anexo 15.).

Cuadro 14. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la planta (cm) del Maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor	Nivel	30 dds	40 dds
Manejo	a <sub>1</sub> . Manejo 1	38.46 b	98.02 b
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	61.68 a	136.78 a
	P	<0.0091	0.0135
	CV (%)	32.80	23.34
Fertilización	b <sub>1</sub> . 8 540 l ha <sup>-1</sup>	48.66 b	111.43 b
	b <sub>2</sub> . 11 390 l ha <sup>-1</sup>	48.22 b	112.23 b
	b <sub>3</sub> . 14 230 l ha <sup>-1</sup>	49.34 b	114.81 b
	b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> <sup>1</sup> de completo (12-30-10)	54.06 a	131.11 a
	P	0.031	0.001
	CV (%)	5.38	7.88

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

### 5.1.2 Diámetro del tallo

El tallo es el eje central de la planta y contiene la médula típica de la Poáceas, la cual sirve como lugar de almacenamiento para los fotosintatos producidos en las hojas y desde allí son trasladados a los granos en desarrollo del elote. Los tallos deben de ser duros y rígidos y con gran resistencia al vuelco. La deficiencia de fósforo en la planta limita el desarrollo del tallo (Somarriba, 1988).

El análisis estadístico realizado a la variable diámetro del tallo en el factor manejo de arvenses mostraron significación estadística a los 30 dds, las plantas bajo manejo 1 presentaron los mayores diámetros. Para la fertilización, el análisis mostró significación estadística a los 30 y 40 dds, siendo el factor fertilización convencional quien obtuvo los mayores promedios (Cuadro 15)

En el estudio realizado por Matheus (2003) se obtuvo un diámetro de 22.6 mm utilizando fertilización convencional a razón de 159 kg de nitrógeno, 90 kg de fósforo y 90 kg de potasio, superando nuestra mayor media de 19.55 mm. Estos valores son superiores a los nuestros debido a la mayor cantidad de fertilizantes convencional aplicados respecto a nuestro estudio.

Cuadro 15. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable diámetro del tallo (mm) del maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor	Nivel	30 dds	40 dds
Manejo	a <sub>1</sub> . Manejo 1.	8.05 b	17.13 a
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	12.11 a	18.31 a
	P	0.0028	0.1014
	CV (%)	28.52	4.72
Fertilización	b <sub>1</sub> . 8 540 l ha <sup>-1</sup>	9.63 b	17.23 b
	b <sub>2</sub> . 11 390 l ha <sup>-1</sup>	9.62 b	16.60 b
	b <sub>3</sub> . 14 230 l ha <sup>-1</sup>	9.96 b	17.51 b
	b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)	11.10 a	19.55 a
	P	0.0025	<0.0001
	CV (%)	6.90	7.21

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

Al realizar el análisis estadístico a la interacción de los tratamientos, se determinó con un 95 % de confianza, que existen diferencias significativas a los 30 dds, obteniendo mayor respuesta el tratamiento T<sub>8</sub>, seguido de tratamiento T<sub>7</sub> con 13.1 mm y 12.60 mm respectivamente (Anexo 16). A los 40 dds no existen diferencias estadísticas entre ellos, lo que implica que el establecimiento de cualquiera de los tratamientos no tendría efecto significativo en el diámetro del tallo.

### 5.1.3 Número de hojas por planta

La primera hoja que emite la planta es de forma redondeada y no se considera una hoja verdadera. De la segunda a la séptima se duplica el área foliar con respecto a la anterior. A medida que la planta crece puede perder de tres a cinco hojas debido a las causas como: falta de nutrientes, engrosamiento del tallo; alargamiento de entrenudos; enfermedades foliares a las cuales se presentan de la parte baja hacia el ápice de la planta, cuando baja el nivel de azúcar y la planta es más susceptible (Somarriba, 1988).

El análisis estadístico realizado a los factores en estudio, muestra que existen diferencias estadísticas en los factores manejo a los 30 y 40 dds y fertilización únicamente a los 40 dds, respecto al factor manejo el tratamiento que mostró mayor efecto sobre la variable número de hojas fue el manejo 2 ( $a_2$ ) a los 30 dds con 7.04 y a los 40 dds el  $a_1$  con 9.43, en cuanto al factor fertilización a los 40 dds, el mayor efecto lo mostró el  $b_4$  y  $b_3$  con 8.95 y 8.46 unidades, respectivamente (Cuadro 16)

Cuadro 16. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable número de hojas por planta del Maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor	Nivel	30 dds	40 dds
Manejo	$a_1$ . Manejo 1	5.69 b	9.43 a
	$a_2$ . Manejo 2	7.04 a	7.34 b
	P	0.037	0.014
	CV (%)	15.05	17.62
Fertilización	$b_1$ . 8 540 l ha <sup>-1</sup>	6.23 a	8.09 b
	$b_2$ . 11 390 l ha <sup>-1</sup>	6.21 a	8.05 b
	$b_3$ . 14 230 l ha <sup>-1</sup>	6.47 a	8.46 ab
	$b_4$ . 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)	6.55 a	8.95 a
	P	0.200	0.026
	CV (%)	2.68	4.98

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

En la interacción de los tratamientos no existen diferencias estadísticas entre ellos, por tanto, el establecimiento de cualquiera de los tratamientos no causa efecto diferente entre ellos. Numéricamente a los 40 dds los tratamientos que presentan mayores promedios en la variable número de hojas por planta fueron el (T<sub>4</sub>) y el T<sub>1</sub> con 9.98 y 9.44 hojas respectivamente (Anexo 17.).

En un estudio realizado por Aguilar y Hernández (2015) utilizando fertilización convencional obtuvieron valores superiores a los presentados en este estudio en la variable número de hojas por planta, alcanzando a los 45 dds 14 hojas por planta, este leve aumento se debe a que la fecha de medición fue cinco días después que el realizado en este experimento.

Las hojas son muy importantes para el proceso fotosintético de la planta, una reducción en la cantidad de hojas conduce a un metabolismo deficiente en la planta.

#### 5.1.4 Altura de la primera y segunda inserción de la mazorca

La altura de inserción de la mazorca es una característica de importancia agronómica al momento de mecanizar la producción de este (Alvarado *et al*, 2012). (Baca, 1989), plantea que la altura de la primera y segunda inserción del chilote es una variable de importancia desde el punto de vista de la cosecha mecanizada de la mazorca, esta característica agronómica es importante no solo porque facilita la cosecha sino porque también contribuye en el rendimiento.

En general, la altura de la primera y segunda inserción de la mazorca presentó significación estadística por la incorporación de las distintas fuentes y niveles de fertilizantes aplicados, así como en el manejo. En el factor manejo de arvenses, el mayor efecto lo presentó el tratamiento con manejo 2 (a<sub>2</sub>) con 92.30 cm en la primera inserción del chilote y 108.98 cm en la segunda inserción el chilote medida a los 63 dds (Cuadro 17.)

Báez e Izaguirre (2013), obtuvieron valores inferiores en la altura de la primera y segunda inserción de la mazorca con respecto a este estudio con valores de 51.88 cm y 63.31 cm utilizando 200 kg de nitrógeno más riego por goteo. En el factor fertilización, el tratamiento b<sub>4</sub> presentó la mayor significancia en la altura de la primera y segunda inserción del chilote con 88.34 y 104.37 respectivamente medida a los 63 dds.

Cuadro 17. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la primera y segunda inserción de la mazorca en cm a los 63 dds, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor	Nivel	Primera inserción del chilote	Segunda inserción del chilote
Manejo	a <sub>1</sub> . Manejo 1	71.26 b	86.09 b
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	92.30 a	108.98 a
	P	0.032	0.029
	CV (%)	18.20	16.60
Fertilización	b <sub>1</sub> . 8 540 l ha <sup>-1</sup>	81.20 b	96.91 b
	b <sub>2</sub> . 11 390 l ha <sup>-1</sup>	78.23 b	93.86 b
	b <sub>3</sub> . 14 230 l ha <sup>-1</sup>	79.34 b	95.01 b
	b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)	88.34 a	104.37 a
	P	0.009	0.006
	CV (%)	5.56	4.84

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

En la interacción de los tratamientos no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, nominalmente los tratamientos que presentaron la mayor altura en la primera y segunda inserción del chilote fueron el T<sub>8</sub> (manejo 2 más fertilización sintética) con 95.79 y 112.44 cm respectivamente, seguido por el T<sub>5</sub> (manejo 2 y fertilización con la dosis menor de biol) con 93.56 cm y 110.13 cm respectivamente (Anexo 18).



### 5.1.5 Longitud y diámetro de la mazorca

Aragón y Pineda (2016), afirman que la longitud de la mazorca está influenciada por las condiciones ambientales (clima, suelo) y la disponibilidad de nutrientes, ellos sostienen que la máxima longitud de la mazorca dependerá de la humedad del suelo, nitrógeno y radiación solar.

El análisis estadístico a los factores en estudio mostró que no existen diferencias estadísticas en el factor manejo para la variable longitud y diámetro de la mazorca, sin embargo, en el factor fertilización solamente existe significación estadística para la variable longitud de la mazorca, siendo el factor b<sub>4</sub> (fertilización convencional) quien respondió más favorablemente a la variable con 14.86 cm (Cuadro 18.)

Carrasco y Pineda (2009), obtuvieron valores superiores a los nuestros, utilizando la misma variedad de maíz NB 9043 pero utilizando como fertilizante humus de lombriz y abono verde caupi como forma de fertilización orgánica, sin embargo, Aragón y Pineda (2016) obtuvieron valores similares a nuestro estudio aplicando una dosis de 129 kg de completo 12-30-10 más 129 kg de urea en la variedad NB 6.

Cuadro 18. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable longitud y diámetro de la mazorca del maíz, medida a los 113 dds, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor	Nivel	Longitud de la mazorca (cm)	Diámetro de la mazorca (cm)
Manejo	a <sub>1</sub> . Manejo 1	14.13 a	4.64 a
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	14.05 a	4.71 a
	P	0.88	0.47
	CV (%)	0.42	1.04
Fertilización	b <sub>1</sub> . 8 540 l ha <sup>-1</sup>	13.78 b	4.62 a
	b <sub>2</sub> . 11 390 l ha <sup>-1</sup>	13.87 ab	4.68 a
	b <sub>3</sub> . 14 230 l ha <sup>-1</sup>	13.84 ab	4.67 a
	b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)	14.86 a	4.75 a
	P	0.02	0.40
	CV (%)	3.67	1.14

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

De manera general, no se encontraron diferencias estadísticas en las interacciones de los tratamientos, sin embargo, los tratamientos que numéricamente mostraron mayor efecto sobre las variables fueron el T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub> para la variable longitud de la mazorca con 15.40 cm y 14.31 cm respectivamente, en cuanto a la variable diámetro de la mazorca el T<sub>7</sub> (manejo 2 más fertilización con la mayor dosis de Biol) y T<sub>4</sub> (manejo 1 más fertilización sintética) con 4.78 cm y 4.77 cm respectivamente (Anexo 19).

#### 5.1.6 Número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y número de granos por mazorca

El tamaño de los granos contribuye en el rendimiento del cultivo, el número de granos está determinado por la longitud de la mazorca y el número de hileras por mazorca (Jugenheimer, 1981). En el maíz el número de granos por hilera está fuertemente influenciado por el suministro de nitrógeno (Lemcoff y Loomis, 1985).

El análisis estadístico realizado a las variables de manejo y fertilización, no mostró significación estadística en las variables número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y número de granos por mazorca, por tanto, los factores evaluados no ejercieron ningún efecto significativo en las tres variables. Numéricamente, el número de hileras por mazorca fue superior a 13, mientras que el número de granos por hilera más alto fue de 32.71 y respecto al número de granos por mazorca, el valor más alto fue de 430.70 granos (Cuadro 19.)

Castillo y Saravia (2017), obtuvieron resultados superiores a este estudio, al evaluar el híbrido DK 357 y aplicando 123 kg de nitrógeno, obteniendo medias de 16 hileras por mazorca, 36 granos por mazorca y 580 granos por mazorca, no obstante, Flores y Lino (2015), estudiando la variedad Nutrinta amarillo y con la aplicación de fertimaíz y nitro xtend a razón de 128 y 200 kg ha<sup>-1</sup>, obtuvieron valores similares a los nuestros con 14.6 granos por mazorca, 29 granos por hilera y 435 granos por mazorca.

Cuadro 19. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y número de granos por mazorca del Maíz, medida a los 113 dds, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor	Nivel	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Número de granos por mazorca
Manejo	a1. Manejo 1	13.06 a	31.37 a	409.43 a
	a2. Manejo 2	13.32 a	30.83 a	411.40 a
	P	0.47	0.47	0.89
	CV (%)	1.39	1.24	0.34
Fertilización	b1. 8 540 l ha <sup>-1</sup>	13.10 a	30.06 a	393.41 a
	b2. 11 390 l ha <sup>-1</sup>	13.36 a	30.77 a	411.59 a
	b3. 14 230 l ha <sup>-1</sup>	13.11 a	30.86 a	405.96 a
	b4. 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)	13.18 a	32.71 a	430.70 a
	P	0.80	0.07	0.16
	CV (%)	0.88	3.64	3.78

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

Según la separación de medias por Tukey ( $\alpha < 0.05$ ), a la interacción de los tratamientos, no se observaron diferencias estadísticas en ninguna de las interacciones lo que indica que dichas interacciones no ejercen ningún efecto en las variables estudiadas, sin embargo, numéricamente el tratamiento que presentó el mayor número de granos por hilera y granos por mazorca fue el tratamiento T<sub>4</sub> (interacción entre manejo 1 y la fertilización sintética) con 33.79 granos por hilera y 434.37 granos por mazorca respectivamente (Anexo 20).

#### 5.1.7 Peso de 1 000 semillas en gramos (g)

El peso del grano es dependiente de la variedad, lo que a su vez está determinado por la eficiencia de los procesos desarrollados por las hojas y el tallo, la nutrición mineral, así como las condiciones hídricas durante el llenado de este, además está determinado por la materia orgánica foto sintetizada y las condiciones de traslado de materia orgánica a los granos, así como el llenado de estos (Artola y Villavicencio, 2015).

La variable peso de 1 000 semillas está relacionada con la duración y la cantidad de radiación interceptada, durante la fase de llenado y es afectado por la escasez de agua, pues determina el peso final del grano (INTA, 2009).

Se realizó el análisis estadístico con un 95 % de confianza y separando las medias a través de Tukey, el resultado nos permite observar la significación estadística existente en los cuatro niveles del factor fertilización, ubicándose en primer lugar el nivel  $a_4$  y el  $a_3$  con 341.45 g y 330.88 g, respectivamente (Cuadro 20.).

Por otro lado, el factor manejo no mostró diferencias estadísticas entre los dos niveles, estos resultados indican que ningún nivel insidió cuantitativamente en aumentar o disminuir el peso de 1 000 semillas, esto a la vez abre posibilidades de escoger un tratamiento que conlleve a la utilización del menor costo y así seleccionar un tratamiento que sea más rentable económicamente.

Artola y Villavicencio (2015) encontraron diferencias significativas en el peso de 1 000 semillas al evaluar tres variedades de maíz y diferentes fuentes de fertilización, donde obtuvieron el mayor peso de 334 g utilizando la variedad NB-S e incorporando el frijol Mungo como sistema de fertilización orgánica.

Ninguna diferencia estadística encontró Carrasco y Pineda (2009) al evaluar ocho genotipos de maíz y tres fuentes de fertilización en la misma variable, el resultado con la variedad NB 9343 fue de 338.60 g. En ambos casos los resultados son ligeramente superiores a los encontrados en esta investigación.

Al realizar el mismo análisis estadístico a las interacciones de los tratamientos, no se obtuvo significación estadística entre los tratamientos, esto indica que la implementación de cualquiera de los tratamientos puede ser una alternativa de fertilización (Anexo 21).

### 5.1.8 Rendimiento del maíz en kg ha<sup>-1</sup>

El maíz (*Zea mays* L.), es hoy por hoy uno de los productos agrícolas más importantes de la economía mundial, esto debido a que casi las tres cuartas partes de la producción total proviene de unidades familiares campesinas, la mayoría de ella de economías de subsistencia, teniendo una elevada incidencia social. El mundo siembra anualmente 129.20 millones de hectáreas aproximadamente, alcanzando una producción de alrededor de 477.40 millones de toneladas métricas (Lamilla, *et al*, 2018).

El estudio del rendimiento en el cultivo del maíz es la principal variable de estudio, solo superado por el análisis económico del mismo. Castillo y Bird (2017) afirman, el rendimiento del maíz, como en otros cultivos, tiene componentes fijos, difícilmente modificables por el productor y componentes variables, las cuales el productor puede ajustar con base a su conocimiento y experiencia del cultivo.

El rendimiento medio del maíz en los trópicos es de 1 800 kg ha<sup>-1</sup> comparado con una media mundial de más de 4 000 kg ha<sup>-1</sup>, en las zonas templadas es de 7 000 kg ha<sup>-1</sup> (FAO, 2001).

Según el catálogo de semillas de granos básicos del INTA (2013), la variedad NB 9043 es una variedad con alto potencial de rendimiento y presenta una excelente cobertura de mazorca, su rendimiento oscila entre 3 900 kg ha<sup>-1</sup> a 4 800 kg ha<sup>-1</sup>, el BCN (2013) reporta una media nacional en Nicaragua de 1 230 kg ha<sup>-1</sup>.

Al realizarse el análisis estadístico a los factores, no se encontró significación estadística para el factor manejo de arvenses, numéricamente el manejo 2 (a<sub>2</sub>) presentó mayor promedio en la variable rendimiento con 3 151.50 kg ha<sup>-1</sup>, superando en un 18 % al sistema de manejo 1 (a<sub>1</sub>).

El factor fertilización mostró diferencias estadísticas entre los niveles evaluados, siendo los niveles b<sub>4</sub> (fertilización convencional) y b<sub>3</sub> (mayor dosis de Biol) quienes mostraron el mayor rendimiento con 3 259.80 kg ha<sup>-1</sup> y 2 949.50 kg ha<sup>-1</sup>(Cuadro 20.).

Estos resultados son positivos para el presente trabajo de investigación ya que permite escoger una forma de fertilización alternativa con el uso del biol (dosis mayor) ya que estadísticamente no difiere con la dosis de fertilización convencional.

Aunque nuestros resultados fueron menores al potencial genético de la variedad NB 9043 (3 900 kg ha<sup>-1</sup> a 4 800 kg ha<sup>-1</sup>), no obstante, superamos considerablemente a la media nacional en Nicaragua (1 230 kg ha<sup>-1</sup>). Existen muchas razones por las cuales no se logra alcanzar el potencial genético en este estudio; la no incorporación del biol en el suelo (se recomienda aplicar biol y luego aporcar), las condiciones controladas, la afectación del gusano cogollero, razones por las cuales no se logra alcanzar el rango del rendimiento.

Cuadro 20. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables peso de 1 000 semillas y rendimiento del maíz, medida a los 118 dds, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor	Nivel	Peso de mil semillas en g	Rendimiento en kg ha <sup>-1</sup>
Manejo	a <sub>1</sub> . Manejo 1	326.67 a	2 575.20 a
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	322.91 a	3 006.20 a
	P	0.76	0.30
	CV (%)	0.82	10.92
Fertilización	b <sub>1</sub> . 8 540 l ha <sup>-1</sup>	312.41 b	2 388.6 b
	b <sub>2</sub> . 11 390 l ha <sup>-1</sup>	314.42 b	2 355.70 b
	b <sub>3</sub> . 14 230 l ha <sup>-1</sup>	330.88 ab	2 949.50 ab
	b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> de Urea + 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)	341.45 a	3 259.80 a
	P	0.02	0.009
	CV (%)	4.26	16.13

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

El análisis estadístico realizado a la interacción de los tratamientos con un 95 % de confianza y separación de medias a través de Tukey, no mostró diferencias entre los tratamientos, o sea que al evaluar las interacciones, estos no mostraron ningún efecto significativo sobre la variable rendimiento, numéricamente los tratamiento que presentaron los mayores rendimientos fueron el T<sub>8</sub> (interacción del manejo 2 más la fertilización convencional), y el T<sub>7</sub> (interacción del manejo 2 más fertilización con la máxima dosis de Biol) con 3 457.69 kg ha<sup>-1</sup> y 3 167.66 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Anexo 22).

Artola y Villavicencio (2015), menciona que los fertilizantes químicos por ser sales solubles altamente concentradas, tienen corta acción residual, situación que no ocurre en los abonos orgánicos, cuya fuente principal es la materia orgánica, reservorio de nutrientes, liberándolos de forma lenta dependiendo de diversos factores como el tipo de material genético, sus características, condiciones biológicas y edáficas. Además de ser un esencial constituyente y de acción reparadora en el suelo, por esta razón toman ventajas sobresalientes a largo plazo sobre los fertilizantes sintéticos.

Castillo y Saravia (2017), Flores y Lino (2015) no encontraron significación entre los tratamientos en la variable rendimiento al estudiar diferentes genotipos de maíz frente a distintas fuentes y dosis de fertilizantes orgánicos y sintéticos. Artola y Villavicencio (2015) y Castellón y Padilla (2017) obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos estudiados.

De los cinco estudios comparados, solamente el de Carrasco y Pineda incluye en su estudio la variedad NB 9043, sin embargo, el rendimiento fue de 869.13 kg ha<sup>-1</sup>, valor muy por debajo del rendimiento alcanzado con el tratamiento T<sub>8</sub> (manejo eficiente más fertilización sintética) del presente estudio que presentó una media de 3 457.69 kg ha<sup>-1</sup>.

Es importante recalcar que, de los ocho tratamientos estudiados, ninguno mostró diferencia estadística alguna entre ellos, esto indica que los tratamientos estudiados no incidieron estadísticamente sobre la variable rendimiento, por esa razón no se puede asumir la selección de ninguno de los tratamientos, aunque numéricamente se aprecie la superioridad de más de algún tratamiento. Una de las maneras más importantes para seleccionar un tratamiento como alternativa de fertilización y manejo es el análisis económico de ellos, a continuación, se procede a realizar el cálculo de la relación beneficio – costo entre los tratamientos.

#### 5.1.9 Análisis económico de presupuesto parcial.

El análisis de presupuesto parcial es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos.

El presupuesto parcial es una manera de calcular el total de los costos que varían y los beneficios netos de cada tratamiento de un experimento en fincas (CIMMYT, 1988).

Los rendimientos fueron ajustados al 90 % según la metodología. Estos rendimientos ajustados se multiplicaron por C\$ 13.00 (precio del kg de maíz en septiembre de 1017), el cual puede variar por factores productivos y demanda del mercado.

El análisis económico es una herramienta muy importante para la elección de un tratamiento que estadísticamente no puede ser posible diferenciar, nos permite determinar la mayor relación beneficio costo entre los tratamientos evaluados.

El análisis económico indica que el tratamiento que presenta el mayor beneficio bruto fue el T<sub>8</sub> (manejo 2 más fertilización sintética) seguida del T<sub>7</sub> (manejo 2 más fertilización con la mayor dosis de biol) con 40 454.97 C\$ ha<sup>-1</sup> y 37 061.62 C\$ ha<sup>-1</sup> respectivamente, sin embargo, el tratamiento que presentó el menor costo total variable fue el T<sub>1</sub> (manejo 1 más fertilización con la menor dosis de biol) seguido por el T<sub>4</sub> (manejo 1 más fertilización sintética) con 6 066.82 C\$ ha<sup>-1</sup> y 6 704.00 C\$ ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 21.).



Una de las metodologías para determinar cuál tratamiento es el más rentable es el análisis de la relación beneficio – costo, el cual permite separar los tratamientos que tienen mayor beneficio neto y menor costo variable.

La mayor relación beneficio – costo la presenta el tratamiento T<sub>4</sub> (manejo 1 más fertilización sintética) con una relación de 4.34 córdobas, seguido por el T<sub>8</sub> (manejo 2 más fertilización sintética) con 4.32 córdobas, y en tercer lugar el tratamiento T<sub>5</sub> (manejo 1 más fertilización con la menor dosis de biol) con 4.03 córdobas, esto indica que por cada córdoba que se invierte en el tratamiento con biol se está generando una ganancia de 4.42 córdobas incluyendo el córdoba que se invierte (Cuadro 21.).

La diferencia entre el tratamiento convencional (T<sub>4</sub>) con el de la menor dosis de biol (T<sub>5</sub>) es de solamente 7 %, estos datos nos llevan a asegurar que el tratamiento con la menor dosis de biol podría ser una alternativa de fertilización orgánica. El biol se utiliza para mejorar la fertilidad del suelo, su estructura y el rendimiento de los cultivos (Warnars y Oppenoorth, 2014).

Villacís *et al* (2016) afirman, la contaminación de los alimentos debido al uso excesivo de fungicidas sintéticos constituye un problema contaminante, por lo que la utilización de microorganismos benéficos como el biol para sustituir el uso de agroquímicos representa una alternativa a escala mundial.

Los tratamientos con biol pueden ser rentable y eficientes, además de aportar elementos nutritivos que conllevan a la restitución del valor biológico de los suelos, al utilizar el biol los productores generan menor dependencia hacia los productos agroquímicos y promueven el uso de productos orgánicos que ellos mismos producen, la incorporación de mano de obra familiar y el aprovechamiento de un recurso que anteriormente era considerado como un desecho.

Cuadro 21. Relación beneficio costo a través de la Metodología de presupuesto parcial (CIMMYT, 1988) en el ensayo de maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

Indicadores	Tratamientos							
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
Rendimiento en kg ha <sup>-1</sup>	2 357.50	2 515.63	2 731.25	3 061.88	2 995.71	2 984.87	3 167.66	3 457.69
Rendimiento ajustado al 90 % en kg ha <sup>-1</sup>	2 121.75	2 264.07	2 458.13	2 755.69	2 696.14	2 686.38	2 850.89	3 111.92
Precio en C\$ kg <sup>-1</sup>	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
Beneficio bruto en C\$ ha <sup>-1</sup>	27 582.75	29 432.87	31 955.63	35 824.00	35 049.81	34 922.98	37 061.62	40 454.97
Costo de fertilizantes en C\$ ha <sup>-1</sup>	341.60	455.60	569.32	3 575.00	341.60	455.60	569.32	3 575.00
Costo de aplicación de fertilizantes en C\$ ha <sup>-1</sup>	3 025.22	4 033.63	5 042.04	429.00	3 025.22	4 033.63	5 042.04	429.00
Costo de manejo de arvenses C\$ ha <sup>-1</sup>	2 700.00	2 700.00	2 700.00	2 700.00	3 600.00	3 600.00	3 600.00	3 600.00
Costo Totales que varían en C\$ ha <sup>-1</sup>	6 066.82	7 189.23	8 311.36	6 704.00	6 966.82	8 089.23	9 211.36	7 604.00
Beneficio neto C\$ ha <sup>-1</sup>	21 515.93	22 243.64	23 644.27	29 120.00	28 082.99	26 833.75	27 850.26	32 850.97
Relación Beneficio – Costo (B/C) en C\$	3.55	3.09	2.84	4.34	4.03	3.32	3.02	4.32

Nota: Fuente propia.

## 5.2 Cultivo de frijol INTA Fuerte Sequía

### 5.2.1 Altura de la planta

Conocer la altura de las plantas es de mucha importancia ya que entre mayor altura se disminuyen los riesgos de afectación por enfermedades en las vainas por entrar en contacto con el suelo lo que puede propagarse a las vainas superiores. Las variedades que tienden al acame por su característica de ser postradas, las vainas entran en contacto directo con el suelo, por tanto, las afectaciones de pudrición de vainas y granos son mayores, respecto a las variedades que permanecen erectas durante todo su ciclo (Sandoval y López, 1997).

El INTA (2013), indica que la variedad INTA Fuerte Sequía presenta un crecimiento arbustivo indeterminado con guías medianas con la capacidad de trepar alturas entre 70 y 80 cm.

Según el ANDEVA con el 95 % de confiabilidad mostro diferencias estadísticas en el factor manejo únicamente a los 40 dds, presentando el mayor promedio el manejo 2 ( $a_2$ ) con 74.19 cm de altura. Para el factor fertilización, el análisis mostró significación estadística, siendo el nivel fertilización convencional ( $b_4$ ) quien presentó los mayores promedios con a los 30 y 40 dds con 45.51 y 68.32 cm (Cuadro 22).

Según Mejía *et al.* (2011), en su investigación evaluando la efectividad de un biofertilizante foliar sobre el cultivo de frijol común en Nicaragua no encontraron diferencias significativas en altura de plantas, mientras que Andino (2011), en ensayo sobre la evaluación de bioles en la producción de frijol, señala que no se encontró diferencias significativas en las primeras etapas del cultivo aplicando una dosis de 20 000 l ha<sup>-1</sup> con una media de 27.26 cm a los 45 y 60 dds. Sin embargo, en nuestro estudio se encontró diferencias estadísticas con una dosis biol inferior.

Los resultados obtenidos en este estudio fueron mayores a los obtenidos por Fornos y Meza (2001), quienes obtuvieron altura promedio de 22.25 cm, al estudiar el frijol con fertilización orgánica utilizando gallinaza.

Es probable que esta diferencia sea producto del porcentaje de elementos que se le incorpora a la planta y que los elementos contenidos en el fertilizante completo 12-30-10 se solubilizan rápidamente teniéndose disponible para las plantas.

Cuadro 22. Efecto del manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la planta (cm) del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor	Nivel	30 dds	40 dds
Manejo	a <sub>1</sub> . Manejo 1	37.23 a	49.01 b
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	39.95 a	74.19 a
	P	0.62	0.0007
	CV (%)	4.63	28.90
Fertilización	b <sub>1</sub> . 7 117 l ha <sup>-1</sup>	35.06 c	57.45 c
	b <sub>2</sub> . 9 963 l ha <sup>-1</sup>	34.45 c	58.37 c
	b <sub>3</sub> . 12 810 l ha <sup>-1</sup>	39.12 b	62.08 b
	b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> de completo (12-30-10)	45.51 a	68.32 a
	P	<0.001	<0.001
	CV (%)	13.22	8.01

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

En las interacciones manejo\*fertilización, solamente hubo significación estadística a los 30 dds, siendo las medias de mayor significancia la de los tratamientos T<sub>4</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>8</sub> con promedios de 47.40, 43.65 y 44.09 cm respectivamente (Anexo 23), dos de estos tratamientos son con fertilización convencional y uno con la dosis mayor de biol.

### 5.2.2 Diámetro del tallo

Las plantas de frijol poseen un tallo principal, el cual depende del cultivar, este puede presentar un hábito de crecimiento erecto, semi postrado o postrado (González *et al*, 2013).

Bermúdez, *et al.*, (2011), plantea que el tallo es una parte de las plantas que proporciona soporte y sostén, además que es una de las estructuras encargadas del transporte de la savia bruta y elaborada a los distintos órganos de la planta por medio de los tejidos vasculares.

Según la separación de medias por Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) se encontró significación estadística en la variable diámetro de la planta tanto en el manejo, así como en el factor tipos de fertilización, en el Cuadro 23, se observa que el manejo 2 fue superior a los 30 y 40 dds con medias de 5.25 y 6.23 mm respectivamente, en cuanto a la fertilización convencional supero a las tres dosis de biol con medias 5.64 y 6.95 mm respectivamente. Por otra parte, en las interacciones manejo\*fertilización se encontró diferencias estadísticas únicamente a los 40 dds, siendo los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub>, los que presentaron las mayores significancias con medias de 7.00 y 6.83 cm respectivamente (Anexo 24).

Cuadro 23. Efectos principales en la variable diámetro del tallo (mm) bajo dos manejos de arvenses y tipos de fertilización del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Factores	Niveles	30 dds	40 dds
Manejo	a <sub>1</sub> . Manejo 1	4.19 b	5.54 b
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	5.25 a	6.23 a
	P	0.004	0.0007
	CV (%)	15.87	8.34
Fertilización	b <sub>1</sub> . 7 117 l ha <sup>-1</sup>	4.47 b	5.33 b
	b <sub>2</sub> . 9 963 l ha <sup>-1</sup>	4.22 b	5.41 b
	b <sub>3</sub> . 12 810 l ha <sup>-1</sup>	4.58 b	5.88 b
	b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> (12-30-10)	5.64 a	6.95 a
	P	<0.001	<0.001
	CV (%)	13.22	12.62

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha \geq 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

García y Umanzor (2018) obtuvieron resultados con alta significación al evaluar tres dosis de biol y una sintética en el cultivo de frijol, obteniendo diferencias significativas a los 29 y 39 dds con medias de 6.00 y 6.83 mm, favoreciendo a la fertilización sintética.

El fertilizante convencional tiene una característica muy particular y es que los elementos minerales desde que son depositados en el suelo su disponibilidad para ser aprovechados por las plantas son altos en comparación con los fertilizantes orgánicos (García y Umanzor, 2018).

### 5.2.3 Número de hojas por planta

Fuentes (1994), menciona que en condiciones normales hay suficiente cantidad de clorofila que algunas plantas se les puede quitar hasta un 25 % de las hojas sin que ello cause perjuicio, sin embargo, las deficiencias de algunos minerales en el suelo pueden ocasionar una disminución peligrosa en la cantidad de clorofila como en el caso del hierro y el magnesio.

Las hojas primarias son las primeras hojas verdaderas, forman el segundo par de hojas, son simple y opuestas. A partir del tercer nudo se empiezan a desarrollar las hojas compuestas, estas son alternas. Están formados por folíolos, peciolo y raquis (González *et al.*, 2013).

Según el ANDEVA con el 95 % de confiabilidad no se encontró diferencias estadísticas en el factor manejo, no obstante, en el factor fertilización si hubo significación estadística entre los cuatro niveles, el nivel que mostró mayor diferencia estadísticas y se ubicó en primer lugar fue el b<sub>4</sub> a los 30 y 40 dds con 30.69 y 52.07 hojas por plantas respectivamente (Cuadro 24.).

El análisis estadístico realizado a los tratamientos mostró diferencias estadísticas solamente a los 30 dds, siendo el T<sub>4</sub> (manejo 1 y fertilización convencional) quien presentó el mayor promedio con 34.08 hojas por planta (Anexo 25).

Estas diferencias se deben al grado de absorción de elementos nutritivos de tal manera que estén disponibles para ser asimilados por la planta para hacerlo llegar a las zonas de crecimiento y desarrollo, así mismo por las estructuras vegetativas donde se empieza a distinguir claramente como tallos, ramas y otras hojas. También es importante señalar el cambio de fase de una etapa vegetativa a una reproductiva, sufriendo la planta transformaciones.

Cuadro 24. Efectos principales en la variable número de hojas por planta bajo dos manejos de arvenses y tipos de fertilización en la del frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Factores	Niveles	30 dds	40 dds
Manejo	a <sub>1</sub> . Manejo 1	23.20 a	39.37 a
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	24.20 a	41.59 a
	P	0.75	0.16
	CV (%)	2.96	3.88
Fertilización	b <sub>1</sub> . 7 117 l ha <sup>-1</sup>	20.78 b	35.93 b
	b <sub>2</sub> . 9 963 l ha <sup>-1</sup>	20.28 b	35.43 b
	b <sub>3</sub> . 12 810 l ha <sup>-1</sup>	23.25 b	38.82 b
	b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> (12-30-10)	30.69 a	52.07 a
	P	<0.001	<0.001
	CV (%)	20.23	19.27

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

#### 5.2.4 Número de ramas por planta

El número de ramas por planta es propio de cada variedad, aunque el número de ramificaciones no necesariamente está asociado a un alto rendimiento. Las ramas son una variable en el cultivo de frijol común, cantidad por planta, al existir un mayor o menor número de ramas, se espera un número mayor o menor de vainas y por ende de granos que serán reflejados en el rendimiento alcanzado (MIDINRA, 1986).

Según González *et al.*, (2013), explican que las plantas de frijol poseen un número variables de ramas las cuales presentan un menor diámetro que el tallo principal, las ramas primarias que comienzan habitualmente a desarrollarse cuando las plantas presentan entre tres y cuatro nudos en el tallo principal, son importante en la producción de vaina.

El número de ramas que posee una planta es importante, debido al interés económico, según Palacio y Bermúdez (2017), plantean que a mayor número de ramas mayor cantidad de hojas, flores y vainas, lo que se van a reflejar en el rendimiento.

En el Cuadro 25, se aprecia que los factores manejo y fertilización mostraron diferencias estadísticas, la mayor significación estadística en el factor manejo lo presentó el a<sub>2</sub> con 2.81 ramas por planta, por otro lado, en el factor fertilización la dosis mayor de biol (b<sub>3</sub>) y la fertilización convencional (b<sub>4</sub>) presentaron las mayores medidas con 2.80 y 2.68 ramas por plantas, respectivamente.

Aguirre y Gutiérrez (2018) encontraron diferencias significativas en los tratamientos al evaluar dosis de biol y compararlos con una dosis de fertilizante convencional, siendo el tratamiento que mostró más significación estadística la dosis de biol de 12 810 l ha<sup>-1</sup> con un valor de 2.65 ramas por planta.

El análisis estadístico realizado a la interacción manejo\*fertilización mostró significación estadística ( $P < 0.0001$ ), siendo los tratamientos T<sub>8</sub> (manejo 2 y fertilización convencional) y T<sub>7</sub> (manejo 2 y la mayor dosis de biol) los que presentaron los mayores promedios con 3.17 y 2.96 ramas por plantas respectivamente (Anexo 26). A ambos tratamientos se les trabajó bajo un manejo 2 en el control de arvenses y al menos uno de ellos tiene biol en su forma de fertilización.

Torres y Mendoza (2002), plantean que el aumento de ramas está influenciado por factores ambientales, manejo y genéticos. Los valores encontrados coinciden con los descritos por Torres y Mendoza (2002) donde las medias se encuentran en el rango de 2 a 4 ramas por planta.

#### 5.2.5 Número de vainas por rama

El número de vainas está en dependencia de la cantidad de ramas que posea la planta y un aumento de estos puede provocar una reducción en la cantidad de granos, peso y por ende en el rendimiento (Espinoza, 2002).

El fruto es una vaina formada por dos valvas que pueden ser glabras o sub-glabras, el color es variable (verde, rosado o púrpura). Dependiendo de las vainas se pueden clasificar las variedades (González *et al.*, 2013).



El ANDEVA realizado al 95 % de confianza encontró diferencias significativas en ambos factores destacándose el manejo 2 con 13.64 vainas por rama, para el caso de la fertilización la mayor dosis de biol y la fertilización convencional superaron los demás niveles con 14.10 y 12.72 vainas por rama. A diferencia del maíz, el frijol responde de una manera más rápida a la aplicación de biol (Cuadro 25).

PAPSSAN (2014), reporta un rango de 13 - 18 vainas por rama para la variedad INTA Fuerte Sequía. En las condiciones del experimento solo la aplicación de 12 810 l ha<sup>-1</sup> de biol se encuentra en el rango de los resultados obtenidos.

Estos resultados se le atribuyen a que en la etapa de formación de vainas es donde demanda la mayor cantidad de nutrientes para su óptimo desarrollo; minerales que se encuentran contenidos en la mayor dosis de biol, resultado que se comprobó en el estudio con las mayores medias.

En comparación con estudios realizados por (Minchala *et al.*, 2003), para esta variedad, manejada de manera convencional, reporta 15 vainas por rama, en esta investigación se obtuvieron 14.10 vainas por rama, por lo que estos resultados son similares a los obtenidos por Minchala *et al.*, 2003.

El análisis estadístico realizado a la interacción manejo\*fertilización, mostro diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo el T<sub>8</sub> (manejo 2 y fertilización convencional) quien presentó la mayor media con 16.38 vainas por rama (Anexo 26).

La aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos es importante para la formación tanto de flores como de vainas; esta importancia radica en la capacidad de suministrar elementos importantes como el fósforo. En la etapa de floración, la prioridad es destinar mayor cantidad de carbohidratos a las flores, para que los gineceos se transformen y desarrollen en vainas normales con un alto número de semillas (Kohashi, 1990).

### 5.2.6 Número de granos por vaina

La semilla es el resultado de la transformación del óvulo después de la fecundación; en las plantas anuales es la única fase que perdura durante condiciones adversas (Fuentes, 2001).

El número de semillas puede variar según la longitud de las vainas. En la mayoría de los casos a mayor longitud de la vaina, mayor será el número de semillas encontradas (Rivera y Zamora, 2014).

De acuerdo con las separaciones de medias por Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para esta variable no se encontró diferencias estadísticas con respecto al factor manejo, no obstante, la fertilización presentó diferencias estadísticas, ocupando los primeros lugares la fertilización convencional, la dosis de biol de 9 963 l ha<sup>-1</sup> y la dosis de biol de 12 810 l ha<sup>-1</sup> con 3.27, 3.18 y 3.15 granos por vaina, respectivamente, (Cuadro 25). Considerando la interacción de los tratamientos manejo\*fertilización se encontró que el comportamiento de esta variable bajo los dos manejos y las cuatro dosis manejadas de fertilización no difieren entre sí (Anexo 26)

Cuadro 25. Efectos principales en las variables número de ramas por planta, vainas por rama y granos por vaina de frijol bajo dos manejos de arvenses y tipos de fertilización en la finca El Plantel, Masaya 2017

Factores	Niveles	Número de ramas por planta	Número de vainas por rama	Número de granos por vaina
Manejo	a1. Manejo 1	2.42 b	10.07 b	3.16 a
	a2. Manejo 2	2.81 a	13.64 a	3.14 a
	P	0.02	0.03	0.90
	CV (%)	10.63	21.28	0.43
Fertilización	b1. 7 117 l ha <sup>-1</sup>	2.46 b	10.40 b	2.99 b
	b2. 9 963 l ha <sup>-1</sup>	2.51 b	10.18 b	3.18 a
	b3. 12 810 l ha <sup>-1</sup>	2.80 a	14.10 a	3.15 a
	b4. 129 kg ha <sup>-1</sup> (12-30-10)	2.68 ab	12.72 a	3.27 a
	P	0.03	0.0003	0.005
	CV (%)	6.02	15.97	3.68

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

Morales *et al.*, (2001), sugiere que el uso de biofertilizante promueve la salud de la planta y por ello, una planta mejor nutrida es más resistente al ataque de herbívoros y consecuentemente tendrá mayor éxito reproductivo en flores y frutos

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (2013), en su catálogo de semillas describe que la variedad INTA Fuerte Sequía posee una capacidad de producir entre cuatro y seis semillas por vaina, resultado que al compararlo se observa que los valores obtenidos se encuentran por debajo de lo indicado aun cuando los tratamientos tuvieron efecto significativo sobre la variable.

#### 5.2.7 Peso de 100 semillas (g)

El peso de 100 semillas de frijol es importante para el reconocimiento de la producción, el cual se debe realizar cuando la semilla se encuentre entre el 12 % y 14 % de humedad, que es la humedad óptima para el almacenamiento. Por otra parte, es una función de su ritmo de crecimiento y de la duración del período de llenado. Ambos atributos están gobernados genéticamente (depende de la variedad) y varían de acuerdo con las condiciones ambientales (Díaz, 2004).

De acuerdo con el ANDEVA al 95 % de confianza mostró diferencias estadísticas únicamente en el factor fertilización, el nivel que presentó la mayor media fue el b<sub>4</sub> con 27.40 g (Cuadro 25). El nivel b<sub>4</sub> ha mostrado mayor diferencia estadística en casi todas las variables con respecto a los niveles de biol, esto debido a su rápida disponibilidad en la solución del suelo (Cuadro 26.).

Estrada y Peralta (2004), en su estudio evaluación de fertilizantes orgánicos reportan promedios inferiores de peso de 100 semillas con medias entre 20 a 23 g, estos valores están por debajo de nuestros valores de peso de 100 semillas de frijol.

En la interacción entre manejo y fertilización, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados (Anexo 27), esto indica que cualquier tratamiento podría ser considerado a la hora de escoger uno de ellos, aunque es importante realizar el análisis económico para tener más claro cuál podría ser una alternativa.

#### 5.2.8 Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

El rendimiento de grano es el principal objetivo que tiene toda persona o empresa dedicada a la producción agrícola, además es considerada una variable que determina la eficiencia de las plantas, los recursos que posee el medio y la interacción (Valle, 2013). Según Pérez (2016), este parámetro depende de la capacidad de la planta para acumular sustancias de reserva y de la translocación de carbohidratos a la semilla.

De acuerdo con las separaciones de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), de los dos factores evaluados, solo el factor manejo presentó significación estadística, el nivel  $a_2$  supero al nivel  $a_1$  con una media de  $729.68 \text{ kg ha}^{-1}$ , las dosis de fertilizantes no presentaron efectos significativos, sin embargo, podemos apreciar que la dosis mayor de biol ( $12\ 810 \text{ l ha}^{-1}$ ) presento el mayor rendimiento con  $630.89 \text{ kg ha}^{-1}$  seguido por las dosis de biol de  $9\ 963 \text{ l ha}^{-1}$  con  $629.01 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cuadro 26).

Estos resultados son atribuidos a varios factores siendo uno de ellos la nutrición vegetal; se observó en el presente estudio que durante el ciclo del cultivo el fertilizante convencional tuvo un mejor efecto en el desarrollo de las estructuras vegetativas por su rápida disponibilidad, mientras que el biofertilizante (biol) por ser orgánico tardó más tiempo en mineralizarse y liberar los nutrientes para que la planta los aproveche pero cabe destacar que este período coincidió con la fase de llenado de vainas.

En el estudio realizado por Aguirre y Gutiérrez (2018), reportan rendimientos de  $472.49$  y  $529.48 \text{ kg ha}^{-1}$  usando dosis similares de biol, sin embargo, en el Cuadro 26, se observan los promedios de rendimiento para este estudio, donde se obtuvo mayores promedios con  $630.89 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $629.01 \text{ kg ha}^{-1}$  con niveles  $b_3$  y  $b_2$ .

El Banco Central de Nicaragua (2016), plantea que los rendimientos promedios nacionales son de 666.29 kg ha<sup>-1</sup>, comparando este valor con el obtenido por el tratamiento con la dosis 12 800 l ha<sup>-1</sup> está por debajo en un 5.61 %, cabe destacar que el biol contribuye a aumentar la productividad del cultivo y que posee efectos positivos para el ambiente como es la activación de los microorganismos del suelo, aporte en la materia orgánica, mejoramiento en propiedades físicas y químicas del suelo como es la estructura y pH, reducción de gases de metano y mantenimiento de la sostenibilidad de la finca por no crear dependencia de fuentes externas.

Cuadro 26. Efectos principales en las variables peso de 100 semillas (g) y rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) del frijol bajo dos manejos de arvenses y tipos de fertilización, medida a los 80 dds, finca El Plantel, Masaya 2017

Factor	Niveles	Peso de 100 semillas (g)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Manejo	a <sub>1</sub> . Manejo 1	27.58 a	499.40 b
	a <sub>2</sub> . Manejo 2	26.09 a	729.68 a
	P	0.06	0.002
	CV (%)	3.94	26.50
Fertilización	b <sub>1</sub> . 7 117 l ha <sup>-1</sup>	26.55 b	610.50 a
	b <sub>2</sub> . 9 963 l ha <sup>-1</sup>	26.76 b	629.01 a
	b <sub>3</sub> . 12 810 l ha <sup>-1</sup>	26.64 b	630.89 a
	b <sub>4</sub> . 129 kg ha <sup>-1</sup> (12-30-10)	27.40 a	583.17 a
	P	0.0006	0.47
	CV (%)	1.43	3.61

Nota: Promedios con letras en común no difieren estadísticamente ( $\alpha > 0.05$ ), en caso contrario son significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

El efecto estadístico (P=0.002) que se observa en el factor manejo se debe principalmente por dos motivos; efecto sombra y competencia por nutrientes que ejercen las arvenses sobre los cultivos, el manejo 2 reduce considerablemente el daño causado por las arvenses, sin embargo, el análisis económico es quien da la pauta para la toma de decisiones ya que un mayor manejo de las arvenses produce a su vez un mayor costo.

En el Anexo 28, se refleja la interacción manejo\*fertilización donde no hubo efecto significativo ( $P < 0.47$ ). en los tratamientos en estudio, no obstante, podemos apreciar que el manejo 2 con la mayor dosis de biol ( $T_7$ ) presentó las mayores medias ( $767.30 \text{ kg ha}^{-1}$ ) con relación a los demás tratamientos.

#### 5.2.9 Análisis económico de presupuesto parcial.

Es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos. El presupuesto parcial es una manera de calcular el total de los costos que varían y los beneficios netos de cada tratamiento de un experimento en fincas (Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 1988).

Los rendimientos fueron ajustados al 90 %, considerando un 10 % de diferencia entre el rendimiento experimental y la que el agricultor puede obtener en sus campos. Estos se multiplicaron por C\$ 33.07 (precio del kg de frijol en abril 2021), el cual puede variar por factores productivos y demanda del mercado.

En el análisis de presupuesto parcial se encontró que los mayores rendimientos y beneficios netos los obtuvo el  $T_6$  (manejo 2 y la dosis media de biol de  $9\ 963 \text{ l ha}^{-1}$ ) y el  $T_7$  (manejo 2 y la dosis mayor de biol de  $12\ 810 \text{ l ha}^{-1}$ ) con C\$ 690.57 y C\$ 680.93, y en beneficio neto con C\$ 16 079.03 y C\$ 15 586.77 respectivamente, sin embargo, el  $T_4$  (manejo 1 más fertilización convencional) fue quien presentó los menores costos variables (Cuadro 27.).

Los tratamientos que presentaron la mayor relación beneficio/costo fueron los tratamientos  $T_5$  (manejo 2 más dosis menor de biol de  $7\ 117 \text{ l ha}^{-1}$ ) con de C\$ 2.66, seguido por el tratamiento  $T_6$  (manejo 2 más dosis media de biol con  $9\ 963 \text{ l ha}^{-1}$ ) con C\$ 2.50 (Cuadro 27.).

Cuadro 27. Relación beneficio costo a través de la metodología de presupuesto parcial (CIMMYT, 1988) en el ensayo de frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Indicadores	Tratamientos							
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
Rendimiento en kg ha <sup>-1</sup>	529.48	501.13	494.49	472.49	691.52	756.59	767.30	640.27
Rendimiento ajustado al 90 % en kg ha <sup>-1</sup>	476.53	451.02	445.04	425.24	622.37	680.93	690.57	576.24
Precio en C\$ kg <sup>-1</sup>	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07	33.07
Beneficio bruto en C\$ ha <sup>-1</sup>	15 758.91	14 915.13	14 717.51	14 062.72	20 581.71	22 518.39	22 837.15	19 056.36
Costo de fertilizantes en C\$ ha <sup>-1</sup>	284.40	398.40	512.00	1 716.00	284.40	398.40	512.00	1 716.00
Costo de aplicación de fertilizantes en C\$ ha <sup>-1</sup>	1 743.54	2 440.96	3 138.38	238.33	1 743.54	2 440.96	3 138.38	238.33
Costo de depreciación del sistema de riego C\$ ha <sup>-1</sup>	2 700.00	2 700.00	2 700.00	2 700.00	3 600.00	3 600.00	3 600.00	3 600.00
Costo Totales que varían en C\$ ha <sup>-1</sup>	4 727.94	5 539.36	6 350.38	<b>4 654.33</b>	5 627.94	6 439.36	7 250.38	5 554.33
Beneficio neto C\$ ha <sup>-1</sup>	11 030.97	9 375.77	8 367.13	9 408.39	14 953.77	<b>16 079.03</b>	<b>15 586.77</b>	13 502.02
Relación Beneficio – Costo (B/C) en C\$	2.33	1.69	1.32	2.02	<b>2.66</b>	<b>2.50</b>	2.15	2.43

Nota: Fuente propia.

Estos resultados se traducen a que por cada córdoba que se invierte en la aplicación del tratamiento T<sub>5</sub>, se está obteniendo una ganancia de 2.66 córdobas, esto incluye el córdoba que se invierte en la aplicación del tratamiento.

Es importante recalcar que las dos mejores opciones económicamente hablando son la dosis menor y media de biol ya que el costo de aplicación es menor respecto a la dosis mayor. El biol favorece al peso del grano y por ende en el rendimiento, sin incluir los beneficios ambientales y sociales ya que al disponer del biol en la finca se reduce la dependencia de fertilizantes convencionales, además, la mano de obra que se utiliza en la aplicación de los volúmenes de biol pudieran ser garantizados por la familia.

## VI. CONCLUSIONES

- El análisis estadístico realizado al ensayo de maíz mostró significación estadística para el factor manejo de arvenses entre las variables diámetro de la panta (20 dds), altura de la planta (20 y 40 dds), número de hojas por planta (20 y 40 dds), altura de la primera y segunda inserción del chilote, predominando con el mayor promedio el manejo 2, sin embargo, en la variable número de hojas por planta (40 dds) predominó el manejo 1. En las variables del frijol para el factor manejo de arvenses, mostró significación estadística en las variables; altura de la planta (40 dds), diámetro de la planta (20 y 40 dds), número de ramas por panta, número de vainas por rama, número de granos por vaina, peso de 100 semillas y rendimiento. Presentando las mayores medias el manejo 2. Para la variable rendimiento el nivel  $a_2$  obtuvo  $729.68 \text{ kg ha}^{-1}$ .
- El análisis estadístico realizado al ensayo maíz en el factor tipos de fertilización mostró que existen diferencias estadísticas entre los niveles en las variables: diámetro de la planta (20 y 40 dds), altura de la planta (20 y 40 dds), altura de la primera y segunda inserción del chilote y longitud de la mazorca, presentando los mayores promedios el nivel  $b_4$ , no obstante, en las variables número de hojas por planta (40 dds), peso de 1 000 semillas y rendimiento, los mayores promedios los mostraron los niveles  $b_4$  y  $b_3$ . En la variable rendimiento el  $b_4$  obtuvo  $3\ 259.80 \text{ kg ha}^{-1}$  y el  $b_3$   $2\ 949.50 \text{ kg ha}^{-1}$ . Respectivamente. El análisis estadístico realizado en el ensayo frijol para el factor fertilización, no mostró significación estadística en la variable rendimiento, sin embargo, en las demás variables hubo significación estadística predominando el nivel  $b_4$  (fertilización convencional), sin embargo, en las variables número de ramas por planta y número de ramas por vaina, los niveles más altos los alcanzaron el  $b_4$  seguido del  $b_3$ .



- El análisis estadístico realizado a las interacciones en el ensayo maíz no mostró diferencias estadísticas en los tratamientos para las variables de crecimiento y rendimientos. El análisis estadístico realizado a las interacciones no mostró significación estadística en las variables diámetro de la planta (20 dds), altura de la planta (40 dds), número de hojas por planta (40 dds) y rendimiento. Para las demás variables sí hubo significación estadística. Predominando las medias de los tratamientos T<sub>8</sub> (fertilización convencional y manejo 2) y T<sub>7</sub> (fertilización con la mayor dosis de biol y manejo 2).
- El análisis de presupuesto parcial según la metodología del CIMMYT (1988) realizado a la variable rendimiento en el cultivo de maíz mostró que los tratamientos con el mayor beneficio neto fueron el T<sub>8</sub> con 32 850.97 C\$ ha<sup>-1</sup> y el T<sub>4</sub> con 29 120.00 C\$ ha<sup>-1</sup>, no obstante, la mayor relación beneficio/costo (B/C) lo presentaron el T<sub>4</sub> (fertilización convencional y manejo 1) y el T<sub>8</sub> (fertilización convencional y manejo 2) con C\$ 4.34 y C\$ 4.32 respectivamente. En el cultivo de frijol, los mayores beneficios netos lo obtuvieron el tratamiento T<sub>6</sub> (fertilización con la dosis media de biol y manejo 2) y el T<sub>7</sub> (fertilización con la dosis mayor de biol y manejo 2) con 16 079.03 C\$ ha<sup>-1</sup> y 15 586.77 C\$ ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sin embargo, la mayor relación beneficio - costo la obtuvieron el T<sub>5</sub> (fertilización con la menor dosis de biol y manejo 2) y el T<sub>6</sub> (fertilización con la dosis media de biol y manejo 2) con C\$ 2.66 y C\$ 2.50, respectivamente.

## VII. LITERATURA CITADA

- Aguilar Osabas, WM.; Hernández Lino, R. 2015. Comparación del efecto del manejo convencional versus manejo con buenas prácticas agrícolas (BPA) sobre la entomofauna, crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz (*Zea Mays L.*) Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 51 p.
- Aguirre, J. F, y Gutiérrez, R. A. 2018. Fertilización con biol y completo y su efecto en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común, El Plantel, Masaya 2017 Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 44 p.
- Alvarado, NA.; Calderón, V.; Carvajal, J. 2012. Evaluación de tres láminas de riego, dos dosis de nitrógeno y tres momentos de aplicación sobre el crecimiento y rendimiento del chilote en el cultivo del maíz. (*Zea mays L.*). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 45 p.
- Andino Villafuerte, WA. (2011). Evaluación de Tres tipos de Bioles en la Producción de Frejol (*Phaseolus vulgaris L. Var Calima*) en Verde. Tesis. Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, EC. 101 p.
- APARCANA, S. 2008. Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso “Fermentación anaeróbica” para la producción de biogás. Professional energy and environmental consultancy. Perú
- Aragón Chavarría YJ.; Pineda Sequeira JH. 2016. Efecto de la fertilización inorgánica sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de tres variedades de maíz (*Zea mays L.*), Comarca Apompuá, Juigalpa, Postrera 2014. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 36 p.
- Artola, G.; Villavicencio, O. 2015. Comportamiento agronómico de tres genotipos de maíz (*Zea mays L.*) por efecto de la aplicación de abonos orgánicos y sintéticos, Cofradía 2012. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 52 p.
- Avendaño, J. E. 1994. Efecto de métodos mecánicos y químicos de control de malezas, sobre las dinámicas de las malezas y el crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*). Valoración económica. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 49 p.
- Asamblea Nacional de Nicaragua (AN). 2009. Ley No. 693: Ley de Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional. Conoce y ejerce tu derecho a la alimentación. Managua, Nicaragua. 184 p.

- Baca, P.B. 1989. Influencia de cuatro niveles y cuatro formas de fraccionamiento de nitrógeno, sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo del maíz. (*Zea mays* L.) var. NB-6. Managua, Nicaragua
- Báez Espinoza, J.L.; Izaguirre Silva, M.I. 2015. Efecto de diferentes láminas de riego por goteo y la aplicación fraccionada de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, sobre el cultivo de maíz (*Zea mays* L. en su rendimiento del chilote a una densidad de 125 000 ptas ha<sup>-1</sup>. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 63 p.
- Banco Central de Nicaragua (BCN). 2013. Caracterización del cultivo de Maíz en Nicaragua: Un análisis de Varianza de los Determinantes del Rendimiento. Ed. R. Castillo.; R. Bird. 40 p.
- Bermúdez Mejía, Y.; Mario Álvarez Arrollo, M.; Luna Bello, G. 2011. Efectividad de un biofertilizante foliar sobre el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), Bluefields, R.A.A.S. Ciencia e Interculturalidad, 8 (1), 128-139 p. Recuperado de <https://www.lamjol.info/index.php/RCI/article/view/568/393>
- Castellón Rodríguez, A.L.; Padilla Arguello, N. 2017. Evaluar el efecto del uso de dos fertilizantes sintéticos y un orgánico en el cultivo de maíz (*Zea Mays* L.), var. Nutrinta Amarillo, Centro Experimental Las Mercedes, 2016. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 41 p.
- Carrasco Rivera, L.C.; Pineda Jiménez, L.S. 2009. Evaluación de ocho genotipos de maíz (*Zea Mays* L.) de polinización libre y tres tipos de fertilización en El Castillo, Las Sabanas, Madriz. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 49 p.
- Castillo Rodríguez, J.D.; Saravia Rodríguez, J.M. 2017. Evaluación de tres dosis de nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.), bajo riego por pivote central, Tisma, Masaya 2016. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, NI. 42 p.
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). 2010. Gráficos Vitales del Cambio Climático para América Latina y El Caribe: Edición especial para la CP16/CP-RP 6, México. Editorial PNUMA, CEPAL. 44 p.
- CIMMYT (Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos económicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México, DF. México. 79 P.
- Díaz, M. 2004. Manual práctico para la producción de soja. Primera edición. Editorial hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina. 259p.

- Espinoza, R. 2002. Evaluación de dos tipos de fertilizantes orgánicos (Gallinaza y estiércol vacuno) y fertilizante mineral sobre el crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) establecido en postrera, 2001. Tesis Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 52p.
- Estrada Gutiérrez, ME; Peralta Castillo, JR. 2004. Evaluación de dos tipos de fertilizante orgánico (gallinaza y estiércol vacuno) y un mineral en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad DOR-364, postrera (en línea) Tesis Ing. Managua, NI, UNA. Consultado 20 ene 2017. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1923/1/tnf04e82.pdf>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2015. Panorama Agroalimentario. Maíz 2015. México. 37 p.
- Flores Arias, H.; Lino Frank, J. 2015. Eficiencia de dos tipos de fertilizantes sintéticos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) variedad Nutrinta amarillo, centro Experimental Las Mercedes 2014. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 42 p.
- Fornos Cáceres, D.; Meza Acevedo, JP. 2001. Comparación del Efecto de la Fertilización Mineral, Orgánico y Control de Malezas en el Cultivo del Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.). Establecido en callejones de madera negro (*Gliricidia sepium*) y convencional. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 73 p.
- Fuentes Yague, JL. 1994. El suelo y los fertilizantes. 4ta. Ed. S.S Mundi – Prensa. Madrid, España. p 200.
- Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA). Sf. Análisis de la cadena subsectorial del frijol. Managua, Nicaragua. 58 p.
- García, J. E, y Umanzor, A. V. 2018. Efecto de tres dosis de Biol en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. INTA Fuerte Sequía en la finca El Plantel, Masaya 2017. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 49 p.
- González, V.S, y Jarquín, R. I, y Joya, T. M. 2013. Evaluación de 13 Líneas Avanzadas de Frijol Rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) y un testigo INTA Rojo, para la tolerancia a la sequía, y adaptación a condiciones agroecológicas. Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, León, Nicaragua, NI. 5 p.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2014. CAMBIO CLIMÁTICO 2014 Informe de síntesis. Eds. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 p.

- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2009. Guía Técnica para el Cultivo de Frijol. Santa Lucía, Boaco, 28 p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). sf. Guía Técnica El cultivo de Maíz. Managua, Nicaragua, 42 p.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). 2009. Comportamiento de la Temperatura (°C), Humedad Relativa (%) y precipitaciones (mm), ocurridas durante el estudio en l afinca experimental El Plantel, UNA. Kilómetro 43 ½ carretera Tipitapa-Masaya.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). 2008. Tecnologías innovativas a la conservación *in situ* de la agrobiodiversidad: Producción y uso del biol. Lima, Perú. 11 p.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2009. Guía Tecnológica Cultivo del Maíz (*Zea Mays* L.) 2<sup>da</sup> Ed. Managua, Nicaragua. 36 p.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2010. Guía Tecnológica para la Producción del Maíz (Vol. Segunda Edición). (P. A.-B. Mundial), Ed.) Managua, Nicaragua.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2013. Catálogo de semillas de granos básicos: variedades de arroz, frijol y sorgo liberadas por el INTA. (En línea). Managua, Nicaragua, NI. Consultado 20 Nov. 2018. Disponible en <http://intapapssan.info/wp-content/uploads/2013/09/Cat%C3%A1logoSemillas2013.pdf>
- Jugenheimer, RW. 1981. Maíz: Variedades mejoradas, métodos de cultivos y producción de semillas. Limusa. México, D.F., México. 840 p.
- Kohashi, J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo-Montecillos, México. 44 p.
- Lamilla, A. Et al. 2018. Fertilización Con Potasio Y Fosfitos, Sobre El Rendimiento De Maíz Duro (*Zea Mays*) En La Zona Subcentral Litoral. (En línea). Babahoyo, Perú, PE. Consultado el 4 de Ene. 2018. Disponible en <http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/10858/10392>
- Lemcoff, JH.; Loomis, RS. 1986. Nitrohen influences on yield determination on maize. Crops Science. 26 (5): P 15-17.
- Martínez, F. 2014. Manual de la persona facilitadora en Usos y Beneficios del Biol. Managua, Nicaragua. 17 p.

- Matheus, J. E. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*zea mays* L.). 2003. 16(3), p 219-224. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela.
- Mejía Bermúdez, Y.; Álvarez Arrollo, M.; Luna Bello, G. 2011. Efectividad de un biofertilizante foliar sobre el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). (En línea). Bluefields, Nicaragua NI. Consultado el 3 de Ene. 2018. Disponible en <http://www.lamjol.info/index.php/RCI/article/view/568>
- MIDINRA. 1986. Guía tecnológica para la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). Dirección de granos básicos. Managua, Nicaragua. 44 p.
- Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC). 2007. Maíz Blanco Nicaragua. Dirección de Política Comercial Externa (DPCE). Managua, Nicaragua. 24 p.
- Minchala, L., Murillo, Á., Peralta, E., Guamán Miguel, & Pinzón, J. 2003. INIAP 422 Blanco Belén nueva variedad de fréjol arbustivo para la sierra sur del Ecuador. Recuperado el jueves 5 de noviembre de 2015, de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/FR%C3%89JOL%20422%20BLANCO%20BELEN%20%28Austro%29.pdf>
- Milan, J. A. 2009. Apuntes sobre el cambio climático en Nicaragua, 1a ed. Managua: 231 p.
- Montesinos, D. 2013. Uso de lixiviado procedente de material orgánico de residuos de mercados para la elaboración de biol y su evaluación como fertilizante para pasto. Tesis previa a la obtención del título de Magister en Agroecología y Ambiente. Universidad De Cuenca, Facultad De Ciencias Agropecuarias, Maestría En Agroecología Y Ambiente. 59 pp. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4706/1/TESIS.pdf> [Consulta 16/06/2017].
- Morales, H., Perfecto I., y Ferguson, B. (2001). Traditional Cakchiquel soil fertilization and its impact on insect pest populations in corn. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84:145-155.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Nueva York, Estados Unidos de América. 27 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Viale delle Terme di Caracalla, 00100, Roma, Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Sf. Recomendaciones para el manejo de malezas. Roma, Italia.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2001. El Maíz en los trópicos; Mejoramiento y producción. Viale delle Terme di Caracalla, 00100, Roma, Italia. 392 p.
- Palacio Díaz, RA.; Bermúdez López, JA. 2017. Evaluación de cuatro alternativas de producción en Patio Saludable sobre el rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Cv. Shanty, Las Mercedes, UNA-Managua, 2016. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, NI 54 p.
- Pérez, A. 2016. Evaluación de cinco cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Fundamentos teóricos. Editorial Universitaria. Ciudad de la Habana, Cuba. 42 p.
- Plan de Producción, Consumo y Comercio ciclo 2017-2018 (PPCC). 2017. Managua, Nicaragua. 99 p.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente (PNUMA). 2009. Cambio Climático. 8 p.
- Proyecto de Producción de Semillas de Granos Básicos para la Seguridad Alimentaria de Nicaragua (PAPSSAN). 2014. Catálogo de semilla de granos básicos: variedades de arroz, frijol, maíz, y sorgo liberadas por el INTA. Managua, Nicaragua. 15 p.
- Rivera, L y Zamora, E. 2014. Caracterización de tres variedades de semillas criollas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), época de primera, en la finca Las Flores, Comunidad Samulalí-Matagalpa NI. Consultado el 25 de noviembre, disponible en. <http://repositorio.unan.edu.ni/7000/1/6536.pdf>.
- Sandoval, JR; López, L. E. (1997). Estudio De Adopción De Las Variedades De Frijol Estelí. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Educación a Distancia y Desarrollo Rural. Managua, NI 64 P.
- Somarriba Rodríguez, C. 1998. Granos básicos. Managua, NI. 197 p.
- Torres Treminio, J. A.; Mendoza Montoya, J. 2002. Efecto de la fertilización mineral, orgánica y control de malezas sobre el crecimiento y rendimiento en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de ladera, establecido en dos sistemas de labranza. Ticuantepe, postrera 2000. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente. Managua, NI 86 p.
- Valle Hernández, O. 2013. Efecto de la fertilización orgánica y sintética sobre el rendimiento de grano de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), El Rincón, Darío-Matagalpa, primera, 2010. (Tesis de pregrado). UNA. Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/2178/1/tnf04v181.pdf>
- Villacís Aldas, L.; Chungata, L.; Pombza, P.; Olguer, L. 2016. Compatibilidad y tiempo de sobrevivencia de cuatro microorganismos benéficos de uso agrícola en biol. Selva Andina Biosphere. 4 (1): 39-45.

Warnars, L.; Oppennoorth, H. 2014. El Biol: El Fertilizante Supremo; Estudio sobre el biol, sus usos y resultados. Pablo Muller. Guantes. 52 p. ISBN/EAN 978-90-70435-10-3.

World Wide Fund for Nature (WWF). 2009. Manual De Buenas Prácticas De Riego. Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura. Gran Vía de San Francisco, 8-D. 28005 Madrid, España. 36 p.



## **VIII. ANEXOS**

Anexo 1. Foto de pilas de almacenamiento de biol y Transporte del mismo, Boaco 2017.



Anexo 2. Foto de la delimitación de parcelas experimentales, finca EL Plantel Masaya 2017.



Anexo 3. Foto de la preparación del suelo en las parcelas experimentales en finca El Plantel, Masaya 2017.





Anexo 4. Foto de la Instalación de cintas de goteo, finca El Plantel, Masaya 2017.



Anexo 5. Foto del Cultivo de frijol común cultivar. INTA Fuerte Sequía, finca El Plantel, Masaya 2017.

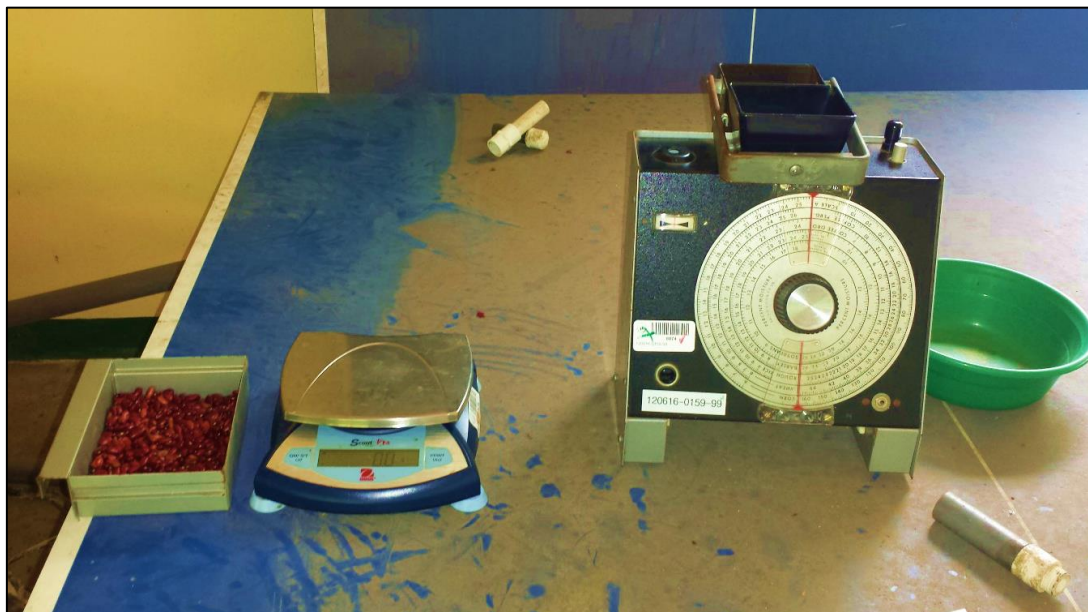


Anexo 6. Foto de la Cosecha del Frijol INTA Fuerte Sequía, finca El Plantel, Masaya 2017.





Anexo 7. Foto de la Medición de la humedad en muestras de frijol utilizando el DOLE 400, UNA 2017.



Anexo 8. Foto del Secado de granos de frijol por parcela llevado a un 12 % de humedad, UNA 2017.





Anexo 9. Foto del Cultivo de Maíz NB 9043, finca El Plantel, Masaya 2017.



Anexo 10. Foto de la cosecha del Maíz NB 9043, finca El Plantel, Masaya 2017.



Anexo 11. Foto de la medición de variables de rendimiento en el Maíz NB 9343, UNA 2017.



Anexo 12. Foto de parte del equipo de estudiantes investigadores de biol en Maíz y Frijol, UNA 2017.





Anexo 13. Cálculos de costo de producción de biol para un biodigestor de 9 m<sup>3</sup>.

Descripción	Cálculos
Depreciación del biodigestor (DPB)	$DPB = \frac{\text{Costos del biodigestor}}{\text{Vida util}}$ $DPB = \frac{\text{C\$ 46 500}}{10\ 800 \text{ días}}$ $DPB = \text{C\$ 4.30 dia}$
Costo de producción de biol (CPB)	$CPB = \text{horas trabajadas por dia} * \text{Costo de hora}$ $CPB = 1 \text{ hora dia}^{-1} * \text{C\$ 21.42 hora}$ $CPB = \text{C\$ 21.42 diarios}$
Ingresos de biogas por día (IBG)	$IBG = \frac{\text{Producción de biogas}}{30 \text{ días}}$ $IBG = \frac{\text{C\$ 600}}{30 \text{ días}}$ $IBG = \text{C\$ 20 diarios}$
Costos de litro de biol (CLB)	$CLB = \frac{(\text{DPB} + \text{CPB}) - \text{IBG}}{\text{Capacidad de producción de biol}}$ $CLB = \frac{(4.30 + 21.42) - 20}{140 \text{ litros dia}}$ $CLB = \text{C\$ 0.04}$
<p><b>Nota=</b> un jornalero gana C\$ 150 diarios y trabaja 7 horas hábiles por día. La producción de biogás para un biodigestor de 9 m<sup>3</sup> al mes es equivalente a 2 tanques de gas butano (C\$ 600, precio al 2021). Fuente propia.</p>	

#### Anexo 14. Cálculos agronómicos del riego por goteo.

##### Lamina bruta de riego (Lb)

$$E_{vtp} \text{ (promedio)} = 5 \text{ mm/día}$$

$$L_n = E_{vtp}$$

$$L_p = \frac{L_n}{E_a}$$

$$L_b = \frac{5 \text{ mm/día}}{90 \%} \times 100$$

$$L_b = 5.56 \text{ mm día}^{-1}$$

##### Necesidad bruta del cultivo (Nb)

$$N_b = L_b \times M_p$$

$$N_b = 5.56 \text{ mm día}^{-1} \times (0.5 \text{ m} \times 0.08 \text{ m})$$

$$N_b = 5.56 \text{ l m}^{-2} \times (0.04 \text{ m}^2)$$

$$N_b = 0.2224 \text{ l pta}^{-1} \text{ día}^{-1}$$

##### Tiempo de riego

$$T_r = \frac{N_b}{q_a} = \frac{0.2224 \frac{\text{l}}{\text{pta. día}}}{0.75 \text{ l/día}}$$

$$T_r = 0.297 \text{ h pta}^{-1} \text{ día}^{-1}$$

##### Caudal total de Aplicación Q<sub>t</sub>

$$Q_t = N_b \times \text{No de plantas}$$

$$Q_t = 0.2224 \frac{\text{l}}{\text{pta. d}} \times 25\,800 \text{ plantas}$$

$$Q_T = 5737.92 \frac{\text{l}}{\text{día}}$$

$$Q_T = 5.738 \text{ m}^3/\text{día} \times 10 \text{ días}$$

$$Q_T = 57.37 \text{ m}^3$$



Donde

$E_{vtp}$ = Evapotranspiración promedio en mm/día

$L_n$ = Lámina neta en mm/día

$L_b$ = lámina bruta en mm/día

$E_a$ = Eficiencia de aplicación (90 % para riego por goteo)

$M_p$ = Marco de plantación (área que se obtiene multiplicando el espacio entre surco por el espacio entre plantas)  $1 \text{ m} * 0.15 \text{ m} = 0.15 \text{ m}^2$

$q_a$ = Caudal del aspersor en litros/hora.

$Q_T$ = Caudal total que se aplicará en todo el ciclo del cultivo en  $\text{m}^3$

Anexo 15. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la planta (cm) del Maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias a los 30 dds	Medias a los 40 dds
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	37.51	96.05
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	36.58	94.27
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	36.98	93.04
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	42.75	108.70
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	59.81	126.81
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	59.86	130.19
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	61.71	136.58
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	65.35	153.52
CV (%)	14.83	14.07
P<0.05	0.92	0.28

Anexo 16. Efecto de la interacción de manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable diámetro del tallo (mm) del Maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias a los 30 dds	Medias a los 40 dds
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	8.04 cd	17.08
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	7.74 cd	16.23
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	7.32 d	16.18
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	9.08 c	19.03
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	11.22 b	17.37
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	11.51 ab	16.98
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	12.60 ab	18.83
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	13.11 a	20.06
CV (%)	14.89	12.41
P<0.05	0.04	0.16

Anexo 17. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable número de hojas por planta de Maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias a los 30 dds	Medias a los 40 dds
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	5.52	9.44
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	5.77	9.06
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	5.56	9.25
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	5.90	9.98
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	6.94	6.75
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	6.65	7.04
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	7.38	7.67
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	7.21	7.92
CV (%)	11.89	14.43
P<0.05	0.11	0.34

Anexo 18. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la primera y segunda inserción de la mazorca en cm, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias de la primera inserción del chilote (63 dds)	Medias de la segunda inserción del chilote (63 dds)
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	68.84	83.70
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	67.97	82.66
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	67.33	81.71
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	80.89	96.30
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	93.56	110.13
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	88.50	105.06
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	91.36	108.31
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	95.79	112.44
CV (%)	13.95	11.84
P<0.05	0.30	0.23

Anexo 19. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables; longitud y diámetro de la mazorca, medida a los 113 dds, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias de la longitud de las mazorcas en cm	Medias del diámetro de la mazorca en cm
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	13.90	4.64
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	13.79	4.62
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	13.44	4.56
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	15.40	4.77
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	13.67	4.61
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	13.96	4.73
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	14.25	4.78
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	14.31	4.73
CV (%)	11.02	6.32
P<0.05	0.11	0.23

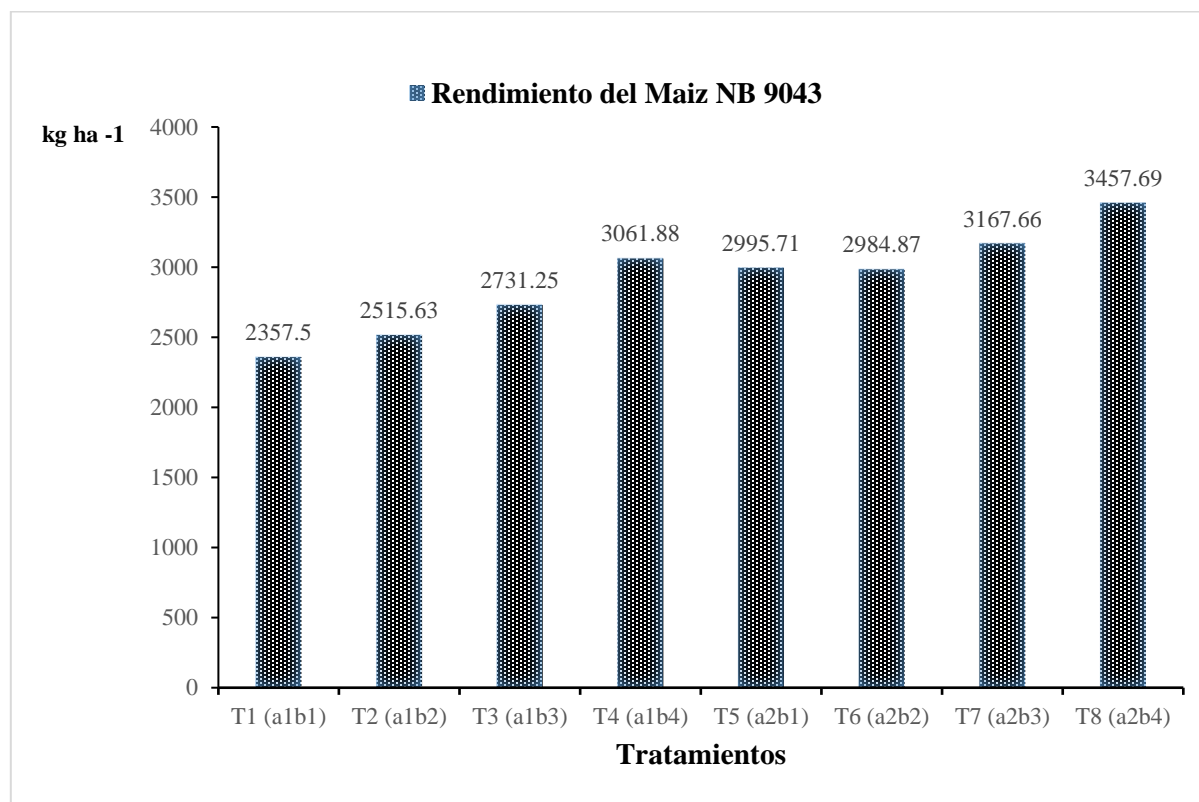
Anexo 20. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y número de granos por mazorca del Maíz, medida a los 113 dds, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias del número de hileras por mazorca	Medias del número de granos por hilera	Medias del número de granos por mazorca
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	12.95	30.54	395.08
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	13.58	30.73	418.79
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	12.81	30.44	389.46
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	12.87	33.79	434.37
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	13.25	29.58	391.73
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	13.13	30.81	404.40
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	13.42	31.29	422.46
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	13.48	31.63	427.02
CV (%)	8.76	13.18	16.38
P<0.05	0.22	0.49	0.50

Anexo 21. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable peso de 1 000 semillas de Maíz, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias del peso de 1 000 semillas en g (118 dds)
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	318.34
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	318.34
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	320.00
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	350.00
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	306.49
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	310.50
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	341.77
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	332.90
CV (%)	6.47
P<0.05	0.31

Anexo 22. Figura que muestra el rendimiento del Maíz NB 9043 en la interacción de los tratamientos, Masaya, 2017



Anexo 23. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable altura de la planta (cm) del Frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias a los 30 dds	Medias a los 40 dds
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	34.23 b	46.08
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	32.71 b	44.31
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	34.58 b	47.53
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	47.40 a	58.13
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	35.89 b	68.82
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	36.19 b	72.44
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	43.65 a	76.62
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	44.09 a	78.65
CV (%)	16.89	12.01
P<0.05	0.0031	0.06

Anexo 24. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable diámetro del tallo (mm) del Frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias a los 30 dds	Medias a los 40 dds
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	4.00	5.10 d
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	3.63	4.83 d
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	3.83	5.22 cd
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	5.31	7.00 a
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	4.94	5.56 cd
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	4.81	5.98 bc
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	5.33	6.54 ab
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	6.00	6.83 a
CV (%)	14.20	12.80
P<0.05	0.10	0.003

Anexo 25. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en la variable número de hojas por planta del Frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias a los 30 dds	Medias a los 40 dds
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	20.87 c	36.40
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	18.29 c	31.69
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	19.56 c	35.72
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	34.08 a	53.67
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	20.69 c	35.46
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	22.27 bc	39.16
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	26.94 b	41.92
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	27.13 b	50.33
CV (%)	24.68	20.91
P<0.05	<0.0001	0.03

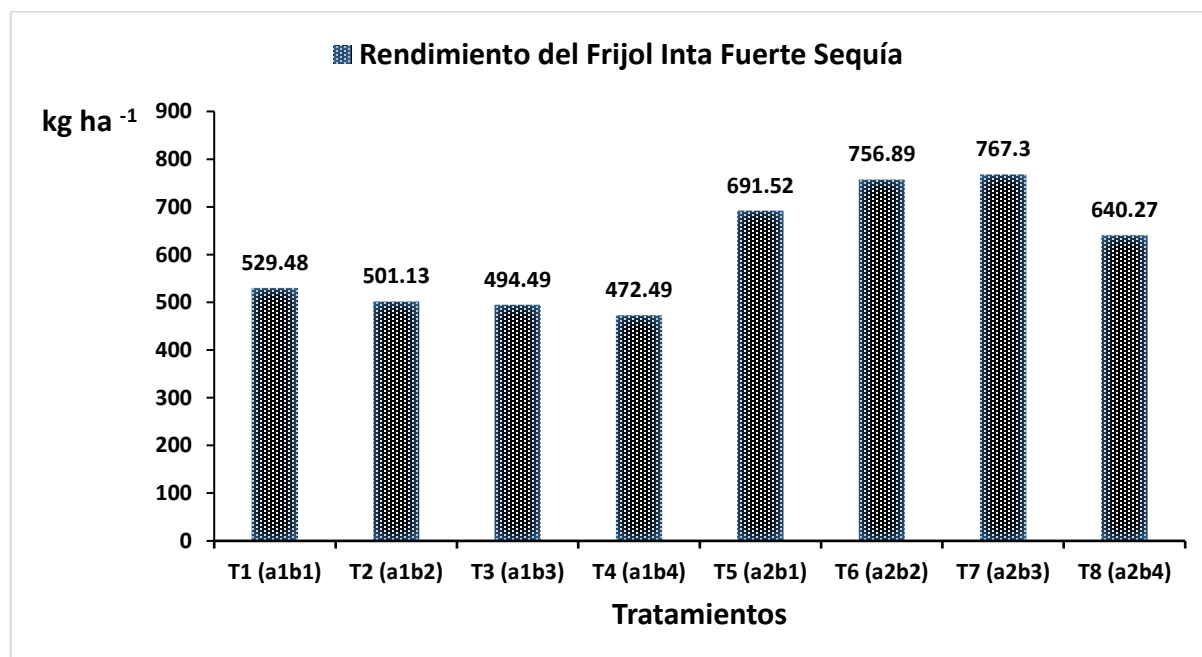
Anexo 26. Cuadro del efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables número de ramas por planta, vainas por rama y granos por vaina de Frijol, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias de número de ramas por planta	Medias de número de vainas por planta	Medias de número de granos por vaina
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	2.44 c	9.77 cd	3.25
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	2.35 c	7.58 d	3.02
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	2.65 bc	13.89 ab	3.23
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	2.23 c	9.04 cd	3.13
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	2.48 c	11.02 bcd	2.73
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	2.67 bc	12.77 abc	3.33
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	2.96 ab	14.31 ab	3.08
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	3.17 a	16.38 a	3.40
CV (%)	16.43	30.95	16.38
P<0.05	0.0006	0.0001	0.50

Anexo 27. Efecto de la interacción manejo de arvenses y tipos de fertilización en las variables peso de 100 semillas (g) y rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) del Frijol, medida a los 80 dds, finca El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Medias del peso de 1 000 semillas (g)	Medias del rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	26.75	529.48
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	27.68	501.13
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	26.87	494.49
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	29.00	472.49
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	26.35	691.52
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	25.85	756.89
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	26.40	767.30
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	24.94	640.27
CV (%)	4.13	24.13
P<0.05	0.06	0.83

Anexo 28. Interacción manejo\*fertilización sobre el rendimiento del cultivo de frijol finca El Plantel, Masaya, Nicaragua, 2017





Anexo 29. Régimen de riego del cultivo de frijol cv. INTA Fuerte Sequía, finca El Plantel 2017.

Todos los datos están reflejados en mm, exceptuando las fechas de riego que están reflejadas en días																
Mes	Decena	$W_{m\acute{a}x}$	$W_{m\acute{i}n}$	$W_i$	$L_n$	Egresos			Ingresos				Fecha de riego	$W_f$	$W_c$	$W_p$
						$K_b$	Ev.	Evtp	Pc	Pa	$N_r$	$L_T$				
Mayo	II	119.11	89.20	107.20	29.91	0.40	63.10	25.24	0	0	1	29.91	7.13	111.87	7.24	22.67
	III	119.11	89.20	111.87	29.91	0.40	65.50	26.20	97.60	33.44	0.00	0.00	-	119.11	0.00	29.91
	I	119.11	89.20	119.11	29.91	0.40	64.4	25.76	45.47	25.76	0.00	0.00	-	119.11	0.00	29.91
Junio	II	119.11	89.20	119.11	29.91	0.80	47.4	37.92	0.00	0.00	1.00	29.91	7.89	111.10	8.01	21.90
	III	119.11	89.20	111.10	29.91	0.80	54.5	43.60	45.47	51.61	0.00	0.00	-	119.11	0.00	29.91
Julio	I	119.11	89.20	119.11	29.91	0.80	45.90	36.72	0.00	0.00	1.00	29.91	8.15	112.30	6.81	23.10

Nota=  $W_{m\acute{a}x}$ : Reserva máxima en (mm);  $W_{m\acute{i}n}$ : Reserva mínima en (mm);  $W_i$ : Reserva inicial;  $L_n$ : Lámina neta de riego en (mm);  $K_b$ : Coeficiente biológico del cultivo; Ev: Evaporación en (mm); Evtp: Evapotranspiración en (mm); Pc: Precipitación caía en (mm); Pa: Precipitación aprovechable en (mm);  $N_r$ : Número de riego;  $L_T$ : Lámina neta total de riego en (mm);  $W_f$ : Reserva final en (mm);  $W_c$ : Reserva consumida en (mm);  $W_p$ : Reserva presente en (mm)

Anexo 30. Régimen de Riego de Maíz NB-9043, Finca EL Plantel, Masaya 2017.

Mes	Dec.	W <sub>máx</sub>	W <sub>mín</sub>	W <sub>ini.</sub>	M <sub>r</sub>	Egresos			Ingresos					W <sub>f</sub>	W <sub>cons.</sub>	W <sub>pres</sub>
						K <sub>b</sub>	Ev.	E <sub>tp</sub>	P <sub>c</sub>	P <sub>a</sub>	N <sub>r</sub>	M <sub>r</sub>	Fechas			
Mayo	II	119.11	89.20	107.20	29.91	0.40	63.10	25.24	0	0	1	29.91	7.13	111.87	7.24	22.67
	III	119.11	89.20	111.87	29.91	0.40	65.50	26.20	292.80	33.44	0.00	0.00	-	119.11	0.00	29.91
Junio	I	119.11	89.20	119.11	29.91	0.40	64.4	25.76	68.20	25.76	0.00	0.00	-	119.11	0.00	29.91
	II	119.11	89.20	119.11	29.91	0.80	47.4	37.92	0.00	0.00	1.00	29.91	7.89	111.10	8.01	21.90
	III	119.11	89.20	111.10	29.91	0.80	54.5	43.60	68.20	25.76	0.00	0.00	-	119.11	0.00	29.91
Julio	I	119.11	89.20	119.11	29.91	0.80	45.90	36.72	0.00	0.00	1.00	29.91	8.15	112.30	6.81	23.10
	II	119.11	89.20	112.30	29.91	1.05	54.70	57.44	74.45	64.24	0.00	0.00	-	119.11	0.00	29.91
	III	119.11	89.20	119.11	29.91	1.05	59.40	62.37	74.45	62.37	0.00	0.00	-	119.11	0.00	29.91

Todos los datos están reflejados en mm, exceptuando las fechas de riego que está reflejada en días.

Nota= W<sub>máx</sub>: Reserva máxima en (mm); W<sub>mín</sub>: Reserva mínima en (mm); W<sub>i</sub>: Reserva inicial; L<sub>n</sub>: Lámina neta de riego en (mm); K<sub>b</sub>: Coeficiente biológico del cultivo; Ev: Evaporación en (mm); E<sub>tp</sub>: Evapotranspiración en (mm); P<sub>c</sub>: Precipitación caía en (mm); P<sub>a</sub>: Precipitación aprovechable en (mm); N<sub>r</sub>: Número de riego; L<sub>T</sub>: Lámina neta total de riego en (mm); W<sub>f</sub>: Reserva final en (mm); W<sub>c</sub>: Reserva consumida en (mm); W<sub>p</sub>: Reserva presente en (mm)