



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

### **TRABAJO DE TITULACIÓN**

Trabajo Experimental, presentado a la Unidad de Titulación, como requisito previo a la obtención del título de:

### **INGENIERO AGRÓNOMO**

Determinación del rendimiento y rentabilidad del maíz (*Zea mays* L.)  
y fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembrados en sistema de cultivos  
asociados en la zona de Babahoyo

#### **AUTOR:**

Alvaro Omar Mazabanda Manzano

#### **TUTOR:**

Ing. Agr. Oscar Caicedo Camposano, MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2019

Las investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor:

---

**Álvaro Mazabanda Manzano**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Dios quien día a día guía mis pasos y me permite disfrutar de cada nuevo amanecer, por brindarme salud y sabiduría permitiéndome lograr cada uno de los objetivos trazados.

A mi Padre Nelson Mazabanda y Madre Margarita Manzano que son los pilares fundamentales en mi vida quienes con su paciencia, amor, esfuerzo y apoyo me han permitido cumplir una de mis metas.

A mi hermana Valeria quien nunca me dejo solo apoyándome cada momento e incentivándome a cumplir con mi meta y ser una mejor persona.

Y por último a mis familiares, amigos, compañeros y docentes que día ha día me guiaban compartiendo conocimientos en el transcurso de mi vida profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias en primer lugar a Dios por su infinito amor y bondad, por permitirme culminar mi carrera y empezar mi vida profesional.

A mi familia Padres y Hermana por estar siempre a mi lado brindándome su incondicional apoyo, por guiarme en un camino de rectitud, responsabilidad y honestidad.

A mis amigos, que siempre estuvieron ofreciéndome su innegable ayuda y más que amistad una hermandad, que se mantuvo durante nuestra etapa estudiantil y que se mantendrá en la vida profesional.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo y sus catedráticos, por haberme ilustrado con excelentes conocimientos y enrubándome, así como un profesional.

A mi tutor de trabajo de titulación el Ing. Agr. MSc. Oscar Caicedo Camposano por guiarme durante todo el proceso investigativo y a los miembros del tribunal por dar su favorable aprobación y continuar mi vida como profesional.

## I. INTRODUCCION

El maíz, es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y animales con los que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios, balanceados para el sector pecuario y desde hace poco, combustible.

Asimismo el fréjol se considera como una de las principales fuentes proteínicas, principalmente para aquellas poblaciones de bajos recursos económicos y dentro de los productos básicos en la soberanía alimentaria en la ruralidad.

El contenido de proteínico del fréjol varía de acuerdo a la variedad; casi siempre, es de un 24%, superando al maíz y a la papa en cantidad y calidad de proteína, en los cotiledones se encuentra la mayoría de sus componentes químicos, tales como proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales.

En nuestro país existen zonas aptas para el desarrollo normal del frejol, tales como Milagro, Naranjito y Pedro Carbo en Guayas; en Los Ríos se puede mencionar a Babahoyo, Vinces y Quevedo. El área sembrada a nivel nacional sobrepasa las 62 000 ha con un rendimiento promedio de 0,55 t/ ha. Gran parte de la superficie sembrada, pertenece a pequeños agricultores. Los factores limitantes en la producción de frejol se deben en gran magnitud a la falta de variedades mejoradas y a las deficiencias de los métodos empleados en el manejo del cultivo.

Los cultivos asociados son ventajosos si se asociación correctamente, ya que la asociación puede llegar a tener desde uno hasta varios propósitos como es el caso de

mejorar los suelos ya sea con abonos verdes, leguminosas, entre otros; como también pudiera querer alcanzarse el control natural de plagas insectiles, fitopatógenos, malas hierbas etcétera.

La asociación de cultivos es una técnica no explotada ampliamente por los productores de la zona; no obstante, está a su alcance, es compatible con la tecnología de la mayoría de las especies y sus beneficios principales son el aumento de la productividad y biodiversidad de la producción.

Esta estrategia de siembra propicia el desarrollo de los enemigos naturales, al proveer presas alternativas, sitios de refugio, fuentes de alimentación de adultos, microclima favorable, etcétera.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Determinar el rendimiento y rentabilidad del maíz (*Zea mays* L.) sembrado en sistema de cultivos asociados con fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

1. Evaluar la respuesta agronómica del maíz y del frejol en sistema de cultivos asociados.
2. Determinar la mejor asociación de los materiales genéticos a sembrar.
3. Analizar económicamente los tratamientos en función a los tratamientos en asociación de cultivos y a los de monocultivo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

El origen del maíz aún no se lo conoce con exactitud, pero existen pruebas que lo ubican en México en el 5000 a.C. Los investigadores lo ubican en el centro primario de origen en el sur de México y Centroamérica, con un origen complementario de diversidad genética en los altos valles de: Bolivia, Perú y Ecuador. Con una amplia distribución geográfica se lo halla desde las regiones este y sureste de Estados Unidos, México, Centro América y Sur América (Cazco, 2006).

El maíz se sitúa un puesto preponderante en la agricultura latinoamericana, al ser utilizado como alimento directo y materia prima para productos elaborados en el consumo humano y animal. En las últimas décadas se ha incrementado su uso como biocombustible, que lo que, como consecuencia, se ha generado un encarecimiento de esta gramínea a nivel mundial. En los actuales momentos es uno de los cereales más sembrado a nivel mundial (Martín, 2009).

Valladares (2010) indica que la clasificación taxonómica del maíz es la que a continuación se detalla:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Subclase	:	Commelinidae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Subfamilia	:	Panicoideae
Tribu	:	Maydeae

Género : Zea  
Especie : mays

El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta de excelentes rendimientos, hoy día se cultiva hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile. La mayor parte del maíz es cultivado a altitudes medias, pero se cultiva también por debajo del nivel del mar en las planicies del Caspio y hasta los 3 800 msnm en la cordillera de los Andes. Más aún, el cultivo continúa a expandirse a nuevas áreas y a nuevos ambientes (FAO, s.f.)

El frejol se cultiva desde hace más 8 mil años en Perú, Ecuador, en la zona centro de centro de México y la parte norteña de Centroamérica. Se conocen más de 150 especies y solo en México habría más de 50. El frejol es un alimento fundamental en la dieta de la población mexicana y del mundo, sobre todo en los estratos económicos de clase baja, ya que en su dieta, constituye su fuente principal de proteínas. Es un alimento que no puede sustituirse con ningún otro (Peralta *et al.*, 2010)

Murillo y Falconi citados por Peralta *et al.* (2012) sostienen que el fréjol cultivado en Ecuador se lo encuentra generalmente desde los 20 a 2800 m de altitud; consiguientemente, por su amplia distribución geográfica en ambientes tan diversos, el fréjol es afectado por problemas de producción de tipo biótico y abiótico. Los principales

problemas bióticos son las enfermedades causadas por hongos y bacterias, mientras que el principal problema abiótico identificado en Ecuador es la falta de agua o sequía.

Ramos (2013) indica que clasificación taxonómica del frejol es la siguiente:

Reino : Plantae  
División : Franqueahionta  
Subdivisión : Magnoliophyta.  
Clase : Magnoliatae.  
Orden : Fabales  
Familia : Fabaceae  
Género : Phaseolus  
Especie : Vulgaris

El manejo del cultivo o del campo cultivado de forma integral es la base para tener éxitos productivos, siempre que en esa integración estén consideradas las prácticas agronómicas que eviten o minimicen las afectaciones por plagas y las tácticas fitosanitarias como parte de dicho manejo, entre las principales estrategias para el manejo de cultivo tenemos: distancia y profundidad de siembra, asociación de cultivo, flora segetal, cobertura vegetal del suelo, barreras vivas, labores culturales, nutrición de plantas, manejo de agroquímicos, riego, cosecha, rastos de cosecha (Vázquez, 2012).

Se denomina asociación de cultivos a la utilización de dos o más especies diferentes en forma simultánea y sirve para una mejor utilización del terreno, menor riesgo de pérdida por plagas y enfermedades en una de las especies (CIDICCO, 2004).

Vázquez (2012) manifiesta que los sistemas de cultivos múltiples consisten en dos o más en la misma superficie durante el año. Las combinaciones de cultivos en espacio y tiempo tienen defectos muy variados sobre la planta, directa o indirectamente siendo las principales ventajas las siguientes:

- a) Mayor ganancia por unidad de superficie
- b) Diversificación de la producción
- c) Mejora de suelo
- d) Incremento de la biodiversidad en finca
- e) Mejora del microclima
- f) Incremento del reciclaje de nutrientes
- g) Efectos sobre los organismos nocivos de las plantas
- h) Efectos sobre los biorreguladores

Por su puesto hay que tener cuidado con la tendencia a policultivos sin un criterio técnico, porque se puede favorecer el desarrollo de ciertos organismos causales de plagas.

**Cuadro 1: Clasificación de las asociaciones de cultivos**

<b>Clasificación</b>	<b>Tipos</b>	<b>Características</b>
<u>Secuenciales.</u> - es la siembra de dos o más cultivos en secuencia en la misma superficie y durante el mismo año.	Cultivos dobles	Dos cultivos por año de secuencia
	Cultivos triples	Tres cultivos por año de secuencia
	Cultivos cuádruples	Cuatro cultivos por año de secuencia
	Cultivo de soca	Siembra del cultivo en el retoño del cultivo anterior

<b>Clasificación</b>	<b>Tipos</b>	<b>Características</b>
<u>Asociados.</u> - es la siembra de dos o más cultivos simultáneamente o con un traslape en dos ciclos vegetativos.	Cultivos mixtos	Siembra por sitio sin arreglos en surco
	Cultivos intercalados	Siembra por surco de por lo menos uno de los cultivos
	Cultivos en faja	Siembra en fajas de varios surcos
	Cultivo de relevo	Siembra del segundo cultivo antes de la cosecha, pero después de la floración del primero

Hernández (2008) considera que, en los sistemas de cultivo hay que tener en cuenta algunas cuestiones básicas como son:

- a) La realización de las labores sean manuales, mediante tracción animal o mecanizada que son requeridas por el cultivo.
- b) El tiempo relativo de siembra, que se refiere al momento en que las especies son sembradas una con respecto a la otra (antes simultáneamente, o después). Este puede tener efectos biológicos y económicos, que deben ser analizados previamente.
- c) El arreglo espacial o distribución en el espacio de las especies involucradas tiene influencias sobre el grado de competencia entre los cultivos respecto al aprovechamiento de la luz, proporción de sombra, etcétera y sobre los organismos asociados a estos (atracción, repelencia, microclima).
- d) La duración del ciclo vegetativo tiene implicaciones económicas debido a cosechas en diferentes momentos, ocurrencia de organismos nocivos, etcétera.

- e) El hábito de crecimiento de las especies involucradas es importante, sobre todo porque el porte de la planta tiene efectos sobre la iluminación, microclima, organismos nocivos a las plantas y biorreguladores de estos.
- f) La forma de las hojas ya sean anchas o estrechas tienen efectos sobre la iluminación, el microclima, etcétera.
- g) El efecto sobre la fertilidad del suelo debido a fijadores de nitrógeno, abonos verdes, materia orgánica, etcétera y sus propiedades físicas, químicas y biológicas.
- h) La emisión de semioquímicos y sus efectos (alelopatía, alomonas, entre otras), hay que conocerlos para evitar los negativos y favorecer los positivos.
- i) Las interferencias de la tecnología de un cultivo sobre otro, en el caso de que sea necesario realizar labores o intervenciones, son elementos a considerar.

Una ventaja importante de las asociaciones de cultivos es que propician el desarrollo de enemigos naturales, al proveer de presas alternativas, sitios de refugio, fuentes de alimentación de adultos, microclima favorable etcétera.

Cuadro 2: principales asociaciones de cultivo (donde se involucran al maíz y al frejol) practicadas por los agricultores y efecto relativo sobre las plagas de importancia (Vietía *et al.*, 2004)

<b>Asociación</b>	<b>Plagas que se reducen</b>
Calabaza - maíz	Gusanos de la cucurbitáceas ( <i>Diaphania hyalinated</i> )
Frejol – girasol	Crisomélidos de los frejoles ( <i>Diabrotica</i> sp) Saltahojas de los frejoles ( <i>Empoasca</i> sp)

Asociación	Plagas que se reducen
Maíz - yuca - frejol	Malezas Minador de hoja Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) Pulgón Saltahojas Trips
Maíz - calabaza - ajonjolí Maíz - yuca - pepino	Gusanos de la cucurbitáceas ( <i>Diaphania hyalinatedata</i> ) Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> )
Maíz - frejol	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) Pulgón Saltahojas ( <i>Empoasca</i> sp) Trips
Maíz - tomate	Minador Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )
Melón - maíz	Trips

Robles citado por Godoy *et al.* (2011) expone que, el fréjol con el maíz es la forma de asociación más común entre los pequeños agricultores. Por lo general cuando el fréjol se siembra bajo este sistema, se lo hace durante los meses de mayo a junio y de forma simultánea.

Vietía *et al.* (2004) señala, que dentro de la agricultura ecológica puede encontrarse diferentes asociaciones de cultivos siendo algunas perjudiciales o no recomendables y otras muy benéficas. Una asociación muy importante es la asociación gramínea-leguminosa puesto que las gramíneas aprovechan la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de las leguminosas. Se utiliza para la implantación de pastizales y praderas, con la asociación de gramíneas (vallico, festuca, fleo, dactilo, etc.) y leguminosas (trébol, esparceta, alfalfa, veza, entre otras). Para abono verde, mezclando gramíneas (centeno, avena, vallico) con leguminosas (veza, guisante, haba, trébol).

La asociación maíz - frijol permite obtener una muy buena producción de grano en ambas especies, según sea el manejo, el maíz que es el cultivo de mayor importancia no se ve afectado en ninguno de sus indicadores agronómicos. Esta es una asociación bastante eficiente, puesto que la leguminosa dota de nitrógeno al suelo el mismo que es aprovechado por el maíz, por otra parte el microclima del ambiente creado por la asociación es propicio para el control natural de los insectos plagas y algunas enfermedades propias de estos cultivares (Barrales, 1997).

Desde una perspectiva económica, es rentable sembrar maíz – frijol, puesto que permite reducir los niveles de insumos agrícolas según sea la partica temporal de esta estrategia de cultivo, ya que esta asociación provee de nutrientes y compone un entorno favorable para el control natural de plagas; a más de eso, el productor en el mismo tiempo y en la misma superficie está cultivando dos especies que a la cosecha se traducirá en doble utilidad, habiendo reducido desde el principio los costos de producción , ya que con la misma labranza de suelo, siembra el maíz y el frejol, la misma mano de obra para

aplicación de abonos, la misma operación de riego, y otras labores propias de la agricultura (Vargas *et al.*, 2007).

Godoy *et al.* (2011) indicaron que, la asociación de cultivos fue superior en los indicadores agronómicos número de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso de cien semillas y rendimiento por planta con mayores promedios que los alcanzados por los monocultivos. No se encontraron diferencias estadísticas para la altura de planta ni en las variedades ni en las épocas de siembra, tampoco al comparar los cultivos asociados con los monocultivos. De igual manera para el maíz, los mejores rendimientos del maíz kg/ ha se obtuvieron cuando se lo sembró asociado con el fréjol aunque sin mostrar diferencias estadísticas entre ellos.

En términos económicos, la asociación de cultivos representa una gran ventaja para el productor, puesto que realizan doble cosecha en una misma superficie, y esto se revierte en utilidades beneficiosas, siempre que a esta siembra asociada se le realice las labores agronómicas necesarias y en lo que respecta a variables agronómicas, muchas veces no son tomadas en cuenta ya que lo que persigue esta práctica agrícola no es valorar los genotipos sino obtener beneficios económicos, no obstante dentro de las ciencias agrarias es necesario conocer los comportamientos de los genotipos que se asocian para saber si existe algún beneficio de tipo biológico, como controles naturales de plagas, simbiosis entre bacterias y plantas, etcétera (Vietía *et al.*, 2004).

En algunos casos las variables agronómicas del maíz asociado con el fréjol o en monocultivo pueden diferir matemática o estadísticamente, algunas investigaciones relacionan esto con el potencial genético de los cultivares que se asocian, las condiciones

climáticas, los programas de fertilización, entre otros posibles factores que pudieran estar causando similitud en los comportamientos agronómicos, lo que si es cierto es que de los cultivos asociados aunque las variables agronómicas sean similares a las de los monocultivos, se obtendrá mayor utilidad (Sarcos & Soria, 2008).

Los resultados de Gebeyehu *et al.* (2006) reportan que fueron significativas las diferencias para el número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, índice de cosecha y rendimiento de semilla, habiendo obtenido los mayores promedios los tratamientos en asociación. Los resultados también sugieren realizar una buena selección para el asocio de cultivares de frijol y maíz, esta sugerencia parte del hecho de que en muchas ocasiones se cultivan maíces de bajo potencial de rendimiento en asocio con frejol y viceversa.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación y descripción del lote experimental

Este ensayo se realizó en los terrenos de la granja experimental de San Pablo Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, la cual está ubicada en el km 7 ½ de la vía a Montalvo en las coordenadas geográficas 01° 49' de longitud Sur y 79° 32' de longitud Oeste en una altitud de 7 msnm.

La zona presenta un clima Tropical Húmedo según la clasificación climatológica de Holdridge, con temperatura media de 25.5° C, una precipitación anual de 2329 mm, Humedad Relativa de 82 % y 987.1 horas de brillo solar efectivo anual (INAMHI 2019).

#### 3.2. Material genético

Los genotipos a estudiados fueron los híbridos de maíz INIAP 601 y el PIOONER 30F35; asimismo se empleó la semilla de fréjol (arbustivo) rojo tipo calima.

##### 3.2.1. Descripción de los híbridos

Material genético	INIAP 601	PIOONER 30F35	FREJOL ROJO CALIMA
<b>Características</b>			
Tipo de híbrido	Simple	Simple	----
Altura de planta	232 cm	250 a 270 cm	50 a 60 cm
Altura de mazorca	118 cm	120 a 130 cm	----
Floración masculina	52 días	--	----
Floración femenina	55 días	61 a 87 días	40 a 50 días
Ciclo vegetativo	120	135 a 175 días	140 a 150 días
Resistencia al acame	Resistente	Excelente	----
Mazorca	Cónica cilíndrica	---	----
Numero de hileras	--	18 a 20	----
Prolificidad	--	1.1 mazorcas/ panta	----

Material genético	INIAP 601	PIOONER 30F35	FREJOL ROJO CALIMA
Características			
Longitud de mazorca	19 cm	--	----
Diámetro de mazorca	5 cm	--	----
Color de grano	Amarillo	--	Rojo moteado de crema
Textura del grano	Cristalino	--	----
Tipo de grano	--	Semiduro	----
Peso de 1000 granos	412 g	310 a 325 g	480 g

### 3.3. Métodos

Para el ensayo de campo se utilizó los métodos: deductivo-inductivo, inductivo-deductivo y el método experimental.

### 3.4. Factores de Estudio

Variable dependiente: Respuesta agronómica de los genotipos en estudio.

Rentabilidad de los genotipos

Variable independiente: Asociación de cultivos

### 3.5. Tratamientos

Los tratamientos se establecidos se muestran en el Cuadro 3 y croquis anexo.

**Cuadro 3: Detalle de los Tratamientos**

N°	Tratamientos
1	Maíz INIAP 601 y Fréjol arbustivo “ <u>asociados</u> ”
2	Maíz PIOONER 30F35 y Fréjol arbustivo “ <u>asociados</u> ”
3	Maíz INIAP 601 en “ <u>monocultivo</u> ”
4	Maíz PIOONER 30F35 en “ <u>monocultivo</u> ”
5	Fréjol arbustivo en “ <u>monocultivo</u> ”

### 3.6. Diseño Experimental

Para el análisis de este experimento se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Para la comparación de las medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Por tratarse de un conjunto de tratamientos complejos, se utilizaron también comparaciones Ortogonales de tratamientos cualitativos con estructura, de tal manera que fue provechoso comparar un tratamiento contra el promedio de otros tratamientos y contra otro conjunto de tratamientos.

Por esas razones se usaron comparaciones ortogonales, con el propósito de contrastar las medias de las variables entre los tratamientos de este experimento.

Las comparaciones que se pueden realizar son  $n - 1$  siendo  $n$  el número de tratamientos, y se detallan a continuación:

$$T1 - T3 = 0 \text{ vs } T1 + T3 \neq 0$$

$$T2 - T4 = 0 \text{ vs } T2 + T4 \neq 0$$

$$T1 - T5 = 0 \text{ vs } T1 - T5 \neq 0$$

$$T2 - T5 = 0 \text{ vs } T2 - T5 \neq 0$$

**Cuadro 4: Coeficientes de los comparadores**

Tratamientos Comparaciones	T1	T2	T3	T4	T5
CO 1	1	0	-1	0	0
CO 2	0	1	0	-1	0
CO 3	1	0	0	0	-1

Tratamientos Comparaciones	T1	T2	T3	T4	T5
CO 4	0	1	0	0	-1

Las parcelas experimentales tuvieron dimensiones de 6 x 4 metros. La asociación de cultivos consistió en sembrar de manera alternada una hilera de maíz y otra de fréjol, mientras que se sembraron también por separado en monocultivo, los híbridos de maíz y el fréjol arbustivo.

### 3.6.1. Análisis de varianza

#### ANDEVA

#### Cuadro 5: ANDEVA

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Tratamientos	4
Repeticiones	3
Comparación Ortogonal 1	1
Comparación Ortogonal 2	1
Comparación Ortogonal 3	1
Comparación Ortogonal 4	1
Error experimental	12
Total	19

### 3.7. Manejo del ensayo

#### 3.7.1 Análisis de suelo

Se efectuó un muestreo de suelo en zig – zag, con el cual se obtuvieron varias submuestras, luego estas fueron homogenizadas con el propósito obtener una muestra compuesta de un kilogramo, la misma que fue llevada al laboratorio del INIAP, para su respectivo análisis físico – químico.

### **3.7.2. Inoculación de la semilla de fréjol**

Para asegurar la presencia de semillas en las raíces de las plantas de fréjol se inocularon con NITRARIGIN, un inoculante enriquecido con rizobacterias en dosis recomendada por el fabricante.

### **3.7.3. Siembra**

La siembra (ambos cultivares) se la realizó con espeque con una semilla por sitio, las distancias para el maíz fueron de 0.8m x 0.2m, y para el fréjol las distancias fueron de 0.4m x 0.2m. La particularidad de este sistema de cultivos es que las hileras son alternadas. En el caso de los monocultivos, se mantuvo la misma distancia de siembra (anexo 1).

### **3.7.4. Control de maleza**

El control de maleza se realizó de forma manual hasta que los cultivos cerraron calle.

### **3.7.5. Control de plagas**

Se realizaron controles de insectos plagas según estuvieron presentes en el ensayo, además se consideraron los umbrales económicos.

Con la finalidad de prevenir enfermedades fungosas en el maíz y el fréjol, se aplicó a los 35 días después de la siembra Propiconazole en dosis de 0.5 l/ ha.

### **3.7.6. Fertilización**

La fertilización se la realizó en función de los resultados del análisis de suelo y de los requerimientos nutricionales de los diferentes tipos de asociaciones y monocultivos.

### **3.7.7. Riego**

Puesto que el ensayo se realizó en durante la estación húmeda, no se aplicó riego, simplemente el cultivo estuvo a expensas de las precipitaciones.

### **3.7.8. Cosecha**

La cosecha se la realizó de forma manual cuando los granos tanto de maíz y de frejol alcanzaron su madurez fisiológica.

## **3.8. Datos Evaluados**

### **3.8.1. Altura de Planta (maíz)**

En cada subparcela de asociación de cultivo se tomaron 10 plantas al azar tanto de maíz como de frejol y 10 se midió la altura de las mismas, la cual estuvo comprendida desde el nivel del suelo hasta la última hoja emergida (maíz); para el caso del frejol se midió la altura de planta desde el nivel del suelo hasta el ápice del eje central la unidad de medida fue el centímetro.

### **3.8.2. Días a la floración (maíz)**

Los días se contaron desde la fecha de siembra hasta cuando el 50% de las plantas florezcan, individualmente en ambos cultivos.

### **3.8.3. Días a la Maduración Fisiológica (maíz)**

Este indicador se evaluó desde el inicio de la siembra hasta cuando el cultivo alcanzó el 95% de secado de grano, el promedio se obtuvo de 10 plantas al azar en cada tratamiento.

#### **3.8.4. Altura de inserción de la mazorca (maíz)**

En cada parcela se tomaron 10 plantas al azar y se midió la altura de las mismas, la cual estuvo comprendida desde el nivel del suelo hasta la última hoja emergida, esto se expresó en centímetros.

#### **3.8.5. Diámetro y longitud de la mazorca (maíz)**

Se evaluó en 10 plantas al azar por cada tratamiento, el diámetro se midió en el tercio medio de la mazorca usando un calibrador, la longitud se tomó desde la base de la mazorca hasta el ápice de la misma, usando una cinta métrica, la unidad de medida fue el centímetro.

#### **2.8.6. Peso de 1000 granos (maíz y fréjol)**

Se tomaron 100 granos por cada parcela experimental, los granos estuvieron libres de daños de insectos y enfermedades; luego se procedió a pesar en una balanza de precisión, su peso fue expresado en gramos.

#### **3.1.1. Rendimiento de grano (maíz y frejol)**

Luego de la cosecha se procedió a realizar el ajuste de humedad al 13 % y se expresó en t/ ha, se aplicó la siguiente formula:

$$P_s = \frac{P_a(100 - h_a)}{(100 - h_d)}$$

Dónde:

Ps = Peso seco

Pa = Peso actual

hd = Humedad deseada

ha = Humedad actual

## IV. RESULTADOS

Al comparar el maíz INIAP 601 tanto en cultivo asociado como en monocultivo, se detectó significancia estadística ( $P > 0.05$ ) para la altura de planta, días hasta la emisión de estigmas, peso de 1000 granos (g), días a la maduración fisiológica, Rendimiento (t/ha) lo que demuestra un comportamiento diferente del maíz al sembrarse de forma asociada o en monocultivo mientras que el monocultivo de la variedad, sin embargo los valores (Tabla 2).

Tabla 2. Contrastes ortogonales de grupos de tratamientos de maíz INIAP 601 sembrado en asociación con frejol y en monocultivo para altura de planta, días hasta la emisión de estigmas, peso de 1000 semillas, días a la maduración fisiológica, rendimiento.

Contrastes Descriptores	Asociación maíz INIAP 601 x Frejol	Monocultivo de maíz INIAP 601
Altura de planta (cm)	248,5 a	238,5 b
Días hasta la emisión de estigmas	59,6 a	53,6 b
Peso de 1000 granos (g)	344,7 a	369,1 b
Días a la Maduración Fisiológica	131,2 a	125.5 b
Rendimiento (t/ ha)	9,4 ns	9,1 ns

Al contrastar el maíz híbrido PIOONER 30F35 tanto en cultivo asociado como en monocultivo, se encontró significancia estadística para la altura de planta, días hasta la emisión de estigmas, peso de 1000 granos (g), días a la maduración fisiológica, Rendimiento (t/ ha) lo que demuestra un comportamiento diferente del maíz al sembrarse de forma asociada o en monocultivo mientras que el monocultivo de la variedad, sin embargo los valores (Tabla 3).

Tabla 3. Contrastes ortogonales de grupos de tratamientos de maíz INIAP 601 x Frejol sembrado en asociación con frejol y en monocultivo para altura de planta, días hasta la emisión de estigmas, peso de 1000 semillas, días a la maduración fisiológica, rendimiento.

Contrastes Descriptores	Asociación maíz PIOONER 30F35 x Frejol	Monocultivo de maíz PIOONER 30F35
Altura de planta (cm)	262,6 a	255,3 b
Días hasta la emisión de estigmas	52,2 a	59,3 b
Peso de 1000 granos (g)	381,4 a	319,1 b
Días a la Maduración Fisiológica	122,3 a	132,5 b
	8,9 ns	8,6 ns

Rendimiento (t/  
ha)

### **Altura de planta (cm)**

Los promedios de altura de planta se presentan en la Tabla 3.

El análisis de varianza detecto significancia estadística entre tratamientos y el coeficiente de variación fue de 10,75 %.

El sistema de monocultivo de maíz PIOONER 30F35 se comportó superior estadísticamente al maíz INIAP 601 establecido en sistema de monocultivo, con promedios de 255,3 cm y 238,5 cm respectivamente.

### **Días hasta la emisión de estigmas**

Los promedios de días hasta la emisión de estigmas se presentan en la Tabla 3.

El análisis de varianza detecto significancia estadística entre tratamientos y el coeficiente de variación fue de 12,98 %.

El sistema de monocultivo de maíz PIOONER 30F35 alcanzó un promedio de 59,3 días, comportándose superior estadísticamente al maíz INIAP 601 cultivado en sistema de monocultivo cuyo promedio alcanzado fue de 53,6 días.

### **Días hasta la antésis**

Los promedios de días hasta la antésis se presentan en la Tabla 3.

El análisis de varianza detecto significancia estadística entre tratamientos y el coeficiente de variación fue de 11,87 %.

El monocultivo de maíz PIOONER 30F35 establecido para el ensayo alcanzó un promedio de 64,6 días, comportándose superior estadísticamente al maíz INIAP 601 cultivado en sistema de monocultivo, el cual obtuvo un promedio de 56,8 días.

### **Diámetro de mazorca (cm)**

Los promedios de diámetro de mazorca se presentan en la Tabla 3.

El análisis de varianza detecto significancia estadística entre tratamientos y el coeficiente de variación fue de 11,76 %.

El sistema de monocultivo de maíz PIOONER 30F35 alcanzó un promedio de 5,9 cm días, comportándose superior estadísticamente al maíz INIAP 601 cultivado en sistema de monocultivo cuyo promedio obtenido fue de 5,0 días.

### **Longitud de mazorca (cm)**

Los promedios de longitud de mazorca se presentan en la Tabla 3.

El análisis de varianza no detecto significancia estadística entre tratamientos y el coeficiente de variación fue de 12,69 %.

El sistema de monocultivo de maíz PIOONER 30F35 alcanzó un promedio de 23,2 cm, el mismo que fue matemáticamente superior, al reportado por el maíz INIAP 601 cultivado en sistema de monocultivo, cuyo promedio alcanzado fue de 20,4 cm.

### **Días a la Maduración Fisiológica**

Los promedios de días a la maduración fisiológica se presentan en la Tabla 3.

El análisis de varianza detecto significancia estadística entre tratamientos y el coeficiente de variación fue de 13,23 %.

El sistema de monocultivo de maíz PIOONER 30F35 alcanzó un promedio de 132,4 días, comportándose superior estadísticamente al maíz INIAP 601 cultivado en sistema de monocultivo cuyo promedio obtenido fue de 125,5 días.

### **Peso de 1000 granos (g)**

Los promedios de peso de 1000 granos se presentan en la Tabla 3.

El análisis de varianza detecto significancia estadística entre tratamientos y el coeficiente de variación fue de 12,53 %.

El sistema de monocultivo de maíz INIAP 601 se comportó superior estadísticamente al maíz PIOONER 30F35 establecido en sistema de monocultivo, con promedios de 344,1 g y 319,6 g correspondientemente.

### **Rendimiento (t/ha)**

Los promedios de rendimiento se presentan en la Tabla 4.

El análisis de varianza no detecto significancia estadística entre tratamientos y el coeficiente de variación fue de 13,06 %.

El sistema de monocultivo de maíz INIAP 601 alcanzó un promedio de 9,1 t/ha, el mismo que fue matemáticamente superior, al reportado por el maíz PIOONER 30F35 cultivado en sistema de monocultivo, cuyo promedio alcanzado fue de 8,6 t/ha.

### **Rendimiento y rentabilidad del frejol**

Para este ensayo el cultivar de frejol se lo empleó como cultivo secundario en el sistema de cultivos asociados; el frejol en asociación en promedio reportó un rendimiento 10.3 t/ha, Tabla 4.

Tabla4. Descriptores agronómicos en el estudio de la determinación del rendimiento y rentabilidad del maíz (*Zea mays* L.) y fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembrados en sistema de cultivos asociados en la zona de Babahoyo

Tratamientos	Descriptores							
	Altura de planta (cm)	Días hasta la emisión de estigmas	Días hasta la antesis	Diámetro de mazorca (cm)	Longitud de mazorca (cm)	Días a la Maduración Fisiológica	Peso de 1000 granos (g)	Rendimiento (t/ ha)
1 Monocultivo de maíz INIAP 601	238,5 b	53,6 b	56,8 b	5,0 b	20,4	125,5 b	369,0 a	9,1 a
2 Monocultivo de maíz PIOONER 30F35	255,3 a	59,3 a	64,6 a	5,9 a	23,2	132,4 a	319,1 b	8,6 b
Promedio general	246,9	56,4	60,1	5,5	21,8	129,0	344,1	8,9
Significancia estadística	**	**	**	**	ns	**	**	**
Coefficiente de variación	10,75	12,98	11,76	12,69	13,23	14,13	12,53	12,41

## Análisis económico

En la Tabla 4, se presenta el análisis económico de rendimiento de grano, en función al costo de cada uno de los tratamientos. Se observó que todos los tratamientos reportaron utilidades económicas, no obstante el tratamiento que alcanzó mayor utilidad económica fue la asociación maíz INIAP 601 x Frejol.

Tabla 4: Valores promedios de rendimiento de granos de maíz y frejol en el estudio de la Determinación del rendimiento y rentabilidad del maíz (*Zea mays* L.) y fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembrados en sistema de cultivos asociados en la zona de Babahoyo

<b>Contrastes/ Tratamiento</b>	<b>Rendimiento de grano (kg/ha)</b>	<b>Valor del rendimiento (\$)</b>	<b>Costo de producción (\$)</b>	<b>Utilidad económica (\$)</b>
Asociación maíz INIAP 601 x Frejol	9447	3169,47	919,15	<b>2250,32</b>
Monocultivo de maíz INIAP 601	9132	3063,79	888,50	2175,29
Asociación maíz PIOONER 30F35 x Frejol	8630	2895,37	839,66	2055,71
Monocultivo de maíz PIOONER 30F35	8917	2991,65	867,58	2124,07
Frejol en monocultivo	10321	2373,83	700,28	<b>1673,55</b>

Valor del kg de maíz : \$0,3355

Valor del kg de frejol : \$0,2951

## V. CONCLUSIONES

En base al análisis e interpretación estadística de los resultados experimentales, se señalan a continuación las principales conclusiones:

- El maíz INIAP 601 y el maíz PIOONER 30F35, cada uno de ellos en asociación con frejol obtuvieron mejor respuesta agronómica que en monocultivo.
- Considerando que en las asociaciones estudiadas el cultivo principal fue el maíz, este logro alcanzar altos valores de rendimiento y rentabilidad, a diferencia que cuando se los cultivó en monocultivo.
- En lo económico, ambos sistemas de asociación reportaron utilidad, sin embargo, lo más rentable resultó ser la asociación entre el maíz INIAP 601 x Frejol.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En función a los resultados obtenidos se recomienda:

- Se deberían establecer sistemas de producción sostenibles como el estudiado en el presente trabajo, sobre todo por el aporte económico que representan las dos cosechas que involucra la asociación de cultivos.
- En la medida de lo posible, se debe considerar a las plantas leguminosas (inoculadas) como el frejol al momento de instaurar sistemas de asociación de cultivos. Sobre todo por los aportes que le brinda en términos de nutrición al cultivo principal.
- Continuar con investigaciones que potencialicen la sostenibilidad agrícola, tales como asociación de cultivos, cultivo de soca, cultivos mixtos, cultivos intercalados, cultivos en faja, cultivo de relevo, entre otros.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue el de Determinar el rendimiento y rentabilidad del maíz (*Zea mays* L.) sembrado en sistema de cultivos asociados con fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). el ensayo se estableció en los terrenos de la granja experimental de San Pablo Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, la cual está ubicada en el km 7 ½ de la vía a Montalvo en las coordenadas geográficas 01° 49' de longitud Sur y 79° 32' de longitud Oeste en una altitud de 7 msnm. Se obtuvo como resultado que la asociación de cultivos maíz PIOONER 30F35 x Frejol fue superior estadísticamente en la evaluación de los descriptores agronómicos altura de planta, días hasta la emisión de estigmas, días hasta la antesis, diámetro de mazorca, mientras que la asociación maíz INIAP 601 x Frejol fue superior estadísticamente en la evaluación de los descriptores agronómicos peso de 1000 granos, rendimiento con valores de 369,0 g y 9,1 t/ha. Se concluye que considerando que en las asociaciones estudiadas el cultivo principal fue el maíz, este logro alcanzar altos valores de rendimiento y rentabilidad, a diferencia que cuando se los cultivó en monocultivo. En lo económico, ambos sistemas de asociación reportaron utilidad, sin embargo, lo más rentable resultó ser la asociación entre el maíz INIAP 601 x Frejol. Se recomienda establecer sistemas de producción sostenibles, sobre todo por el aporte económico que representan las dos cosechas que involucra la asociación de cultivos.

**Palabras clave:** sistema de cultivos asociados, maíz, frejol, rendimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

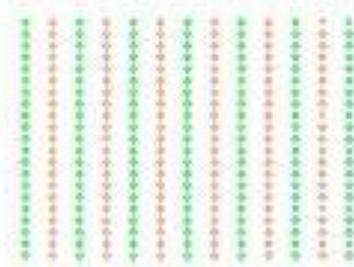
- Barrales, J. (1997). La asociación maíz - frijol, como alternativa para agricultura con problemas de heladas. *Agronomía Mesoamericana*, 8(2), 121–126.
- Cazco, C. (2006). Maíz y cultivos andinos. Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- CIDICCO. (2004). Uso del fréjol Chinapopo [Centro Internacional de información sobre Cultivos de Cobertura]. Recuperado a partir de <http://www.cidicco.hn/folletochinapopo.htm>
- FAO. (s.f.). El maíz en los trópicos [Deposito de documentos de la FAO]. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm>
- Gebeyehu, S., Simane, B., & Kirkby, R. (2006). Genotype x cropping system interaction in climbing beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown as sole crop and in association with maize (*Zea mays* L.). *European Journal of Agronomy*, 24(4), 396-403.
- Godoy, L., Vásconez, G., Defaz, E., & González, B. (2011). Evaluación de dos variedades de frejol durante tres épocas de siembra bajo sistema de cultivo asociado con maíz, 4(1), 5-11.
- Hernández, A. (2008). Los sistemas de cultivos múltiples o policultivos (Boletín Divulgativo) (p. 6). La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova».
- Hipp, A. (2004). El maíz, por dentro y por fuera. The Rosen Publishing Group.
- Ingeniería Agronómica. (s.f.). El cultivo de maíz. Recuperado a partir de <http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html>
- Martín, G. (2009). Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, la Canavalia ensiformis y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays*) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana (Tesis Doctoral). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana.

- Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., & Pinzón, J. (2012). Línea del tiempo: Mejoramiento genético del fréjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Ecuador (Boletín Divulgativo No. 416) (p. 2). Quito-Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado a partir de [http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Lineamiento%20del%20tiempo.%20Mejoramiento%20gen%C3%A9tico%20del%20fr%C3%A9jol%20com%C3%B9n%20\(Phaseolus%20vulgaris%20L.\)%20en%20Ecuador..pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Lineamiento%20del%20tiempo.%20Mejoramiento%20gen%C3%A9tico%20del%20fr%C3%A9jol%20com%C3%B9n%20(Phaseolus%20vulgaris%20L.)%20en%20Ecuador..pdf)
- Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Monar, C., Pinzón, J., & Rivera, M. (2010). Manual Agrícola de Fréjol y otras Leguminosas. Cultivos, variedades y costos de producción (Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Experimental Santa Catalina). Quito- Ecuador: INIAP.
- Ramos, Y. (2013). Introducción a la Botánica. Presentación en Seminario- Taller presentado en Botánica contemporánea. Recuperado a partir de <http://es.slideshare.net/YonniGuillermoRamosTovar/introduccion-a-la-botnica-24158813>
- Sarcos, T., & Soria, A. (2008). Estudio de sistemas en monocultivo y asociación de maíz y leguminosas en el oriente de Perú. *Agronomía Mesoamericana*, 33(5), 36-49.
- Valladares, A. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. La Ceiba-Honduras: Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Recuperado a partir de [http://institutorubino.edu.uy/materiales/Federico\\_Franco/6toBot/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf](http://institutorubino.edu.uy/materiales/Federico_Franco/6toBot/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf)
- Vargas, V., Darío, L., Clavijo, J., & Ligarreto, G. (2007). Análisis ecofisiológico del cultivo asociado maíz (*Zea mays* L.)- fréjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 60(2), 3965–3984.

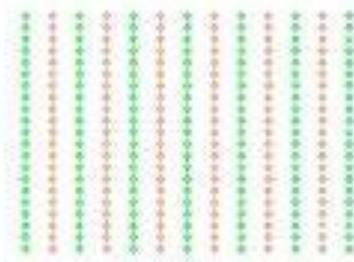
Vázquez, L. (2012). El manejo agroecológico de la finca. La Habana: INISAV. Vietía, M., Paredes, H., Pérez, S., & Vázquez, L. (2004). Diagnóstico de la usanza de los policultivos por los agricultores del municipio de Alquizar, La Habana y su percepción sobre los efectos fitosanitarios. V Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal, Ciudad de la Habana.

## Anexo1: Croquis de los tratamientos

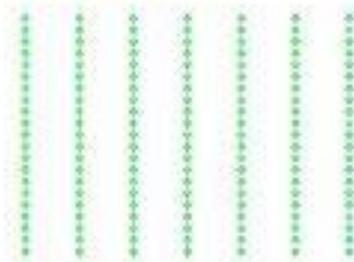
T1 = H1 x F



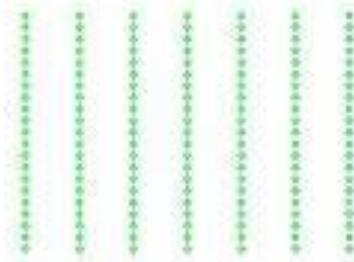
T2 = H2 x F



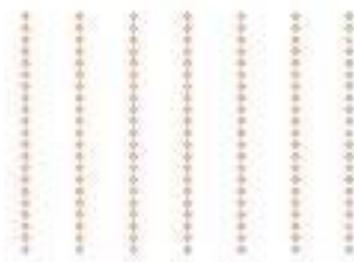
T3 = H1



T4 = H2



T5 = F



## Anexo 2: Distribución de los bloques

H1*F	H2	H1	H1*F
F	H2*F	H1*F	F
H1	H1*F	H2	H2*F
H2*F	F	H2*F	H1
H2	H1	F	H2

H1: Híbrido 1

H2: Híbrido 2

F: Frejol

H1 \* F: Asociación 1

H2 \* F: Asociación 2

