



VALIDACIÓN DE LA FORMA DE APLICACIÓN DE LA MATERIA VERDE EN EL SISTEMA AGROFORESTAL “KUXUR RUM”, PARA LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL NEGRO, EN EL CORREDOR SECO DE CHIQUIMULA. GUATEMALA, 2018.

Ing. Hugo Alejandro Villafuerte Lemus

Ing. Bryan José Morales Calderón

Chiquimula, marzo de 2019

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de sus autores y de las instituciones a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AMMI = Efectos Aditivos Principales e Interacciones Multiplicativas (siglas en inglés: Additive Main Effects and Multiplicative Interactions).

CRIA = Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria

FAO = Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (siglas en inglés: Food and Agriculture Organization).

ICTA = Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola

SAK = Sistema Agroforestal Kuxur rum

ÍNDICE

ABSTRACT.....	i
RESUMEN	iii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Sistema agroforestal “Kuxur rum”	3
2.2. Materia verde.....	4
2.3. Evaluación de tres épocas y dos formas de aplicación de la materia verde	4
2.4. Validación de tecnología	5
3. OBJETIVOS	6
3.1. General.....	6
3.2. Específicos.....	6
4. HIPÓTESIS.....	6
5. METODOLOGÍA	7
5.1. Localización y época	7
5.2. Diseño experimental	7
5.3. Tratamientos	8
5.4. Tamaño de la unidad experimental.....	8
5.5. Modelo estadístico.....	8
5.5.1. Para parcelas pareadas	8
5.5.2. Para el análisis de estabilidad	9
5.6. Variables de respuesta	9
5.7. Análisis de la información	9
5.8. Manejo del experimento	10
6. RESULTADOS.....	11
6.1. Resultados de parcelas pareadas.....	11
6.2. Análisis de sensibilidad Método AMMI 1	13
6.3. Adaptabilidad de la tecnología	13
6.4. Relación beneficio – costo.....	15
7. CONCLUSIONES	17
8. RECOMENDACIONES.....	18
9. BIBLIOGRAFÍA	19
10. ANEXOS	20

**VALIDACIÓN DE LA FORMA DE APLICACIÓN DE LA MATERIA VERDE
EN EL SISTEMA AGROFORESTAL “KUXUR RUM”, PARA LA
PRODUCCIÓN DE FRIJOL NEGRO, EN EL CORREDOR SECO DE
CHIQUMULA. GUATEMALA, 2018.**

Ing. Hugo Alejandro Villafuerte Lemus¹
Ing. Bryan José Morales Calderón²

ABSTRACT

“Kuxur rum” system means my wet soil, in Chortí language. This agroforestry system uses soil management, agriculture and forestry practices, it also has a positive effect on natural resources and is mostly used by farmers with steep slopes and drought problems. According to data from the Food and Agriculture Organization -FAO- (2017), since 2003, “Kuxur rum” system has been implemented in 5 departments and 25 municipalities belonging to Guatemala’s Dry Corridor. 7629 families have been benefited and 456 leaders had been trained locally.

The main purpose of this investigation was to validate the adaptability of the two different ways of green matter application, into the “Kuxur rum” agroforestry system, in black bean production. The two different ways of green matter application were by superficial way and by fertilizer groove, both being made in the same day of bean sow. Technology validation was made through test plots operated by the farmers. Test plots were in diverse locations of Chiquimula’s department. The test plots were located in Agua Fría, Camotán; Tesoro Arriba y Los Vados, Jocotán; Minas Abajo, San Juan Ermita and El Rincón, San José la Arada.

After comparing the production average of the day and the two ways of green matter application, it was determined that both proposed ways were better than the farmer’s traditional way and day of green matter application. After having done the statistical analysis it was proved that there were no significant differences between the farmer’s traditional way and the application made by fertilizer groove. On the other hand, it was proved that there are statistically significant differences between superficial green matter application, on the same day of bean sow, and farmer’s traditional way. Upon analysis of the two different ways it was determined that the

¹ Ing. Agr. Profesor afiliado -CUNORI- investigador principal.

² Ing. Agr. Profesor afiliado -CUNORI- investigador asociado.

superficial application, same day of bean sow, was the way of higher production average, which is of 891.51 kg/hectare.

After calculating the financial indicator of benefit – cost ratio, to the two different ways of application, it was determinate that hand labor in the superficial application was clearly lower, which means lower cost. Despite that the farmer's traditional way also had low costs, the superficial application, same day of bean sow, was the most profitable. Because it was the way that had a higher production average. The benefit – cost ratio of the superficial application of green matter, same day of bean sow, was Q 1.11, which means that this way of application is profitable for farmers.

RESUMEN

El sistema “Kuxur rum” quiere decir mi tierra húmeda en idioma Chortí. Es un sistema agroforestal que une prácticas de manejo de suelo, agrícolas y forestales, tiene un efecto positivo en los recursos naturales y es utilizado principalmente por productores con terrenos con pendientes pronunciadas y con problemas con sequías. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO- (2017) desde el 2003, el “Kuxur rum” se ha implementado en 5 departamentos y 25 municipios del Corredor Seco del Oriente de Guatemala. 7629 familias han sido beneficiadas y 456 líderes han sido capacitados a nivel local.

El objetivo de esta investigación fue validar la adaptabilidad de las dos formas de aplicación de la materia verde, en el sistema agroforestal “Kuxur rum”, en la producción del frijol negro. Las dos formas de aplicación de la materia verde fueron la aplicación superficial y mediante surco abonero, ambas el mismo día de la siembra. La validación de tecnología se realizó por medio de parcelas de prueba conducidas por el agricultor. Las parcelas se ubicaron en diferentes localidades del departamento de Chiquimula. Las localidades fueron Agua Fría, Camotán; Tesoro Arriba y Los Vados, Jocotán; Minas Abajo, San Juan Ermita y El Rincón, San José la Arada.

Tras haber comparado el rendimiento promedio de la época y las dos formas de aplicación evaluadas en esta investigación, se determinó que ambas formas fueron superiores a la forma y época tradicional de aplicación de materia verde de los productores. Al realizar el análisis estadístico se comprobó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la aplicación tradicional del productor y la incorporación mediante surco abonero. En cambio, sí existen diferencias estadísticamente significativas en la forma de aplicación de manera superficial, el mismo día de la siembra, y la forma tradicional del productor. Al analizar los rendimientos de las dos formas evaluadas, se determinó que el método de incorporación superficial, el mismo día de la siembra, fue el método que obtuvo un mejor rendimiento promedio, el cual es de 891.51 kg/ha.

Al calcular el indicador financiero de la relación beneficio – costo, para las formas de aplicación, se determinó que la mano de obra en el método de aplicación superficial es claramente menor, lo que permite tener menores costos. A pesar de que la forma de

aplicación tradicional de los productores también presentó bajos costos, fue la aplicación superficial el mismo día de la siembra la que presentó una mejor rentabilidad. Debido a que fue el método que presentó un mejor rendimiento en promedio de todas las localidades. El indicador financiero de la relación beneficio – costo para la aplicación superficial el mismo día de la siembra fue de Q1.11, lo que indica que esta forma de aplicación es rentable para el agricultor.

1. INTRODUCCIÓN

El frijol negro es importante en Guatemala, debido a que forma parte de la dieta alimenticia de la mayoría de la población, especialmente en el área rural. Es un cultivo importante para la seguridad alimentaria y nutricional del país, por su alto contenido de proteínas, minerales y carbohidratos. Actualmente ocupa el segundo lugar entre los granos básicos de mayor consumo en el país. Sin embargo, el bajo rendimiento que muchos productores obtienen en sus campos los limita a mantener únicamente una agricultura de subsistencia.

Por la importancia del cultivo en nuestro país, es necesario fomentar y estimular el incremento del rendimiento, disminuir el impacto ambiental negativo de su producción y beneficiar al sector productor; para ello se propone implementar buenas prácticas agrícolas en la producción del cultivo. Como parte de la implementación de buenas las prácticas agrícolas, se aplicó el sistema agroforestal denominado “Kuxur rum” (SAK), término Chortí que significa “mi tierra húmeda”; el cual permite conservar la humedad, ayuda a disminuir la erosión y mejora la fertilidad del suelo (Posada Quinteros, 2012).

El sistema “Kuxur rum” es una alternativa agroforestal que permite mitigar los efectos negativos del cambio climático y mejorar el rendimiento del cultivo de frijol, con el principio fundamentado en que es posible obtener un uso productivo y sostenido de la tierra, a través de los métodos de conservación y rehabilitación introducidos antes de que se produzca degradación de los recursos (Montagnini, 1992).

Durante el año 2016 se realizó una investigación sobre este sistema agroforestal en la que se evaluaron seis tratamientos, combinándose tres épocas y dos formas de aplicación de la materia verde. Como resultado de esta investigación se identificaron dos tratamientos que presentaron los mejores resultados, la aplicación superficial de la biomasa verde producida por los rebrotes de los árboles de *Gliricidia sepium*. el mismo día de la siembra del frijol y la aplicación de la biomasa en surco abonero el mismo día de la siembra.

La validación de esta tecnología se realizó a través de una prueba de campo en un área o entidad biofísica, bajo las condiciones de varias unidades de producción, donde se confirmó o verifico la opción o alternativa tecnológica que la experimentación ha

demostrado que supera en rendimiento, beneficio económico o aspectos sociales a la tecnología que usan los productores. (Pedroza, 2007).

La validación de tecnología se realizó en parcelas establecidas con árboles de madre cacao (*G. sepium*) sembrado en callejones. Se ubicaron doce parcelas en diferentes localidades del departamento de Chiquimula. En dichas localidades se comparó las dos formas de aplicación de la biomasa indicada anteriormente con la manera tradicional que utiliza el productor. La validación se realizó en la época llamada de segunda, la cual inicia en el mes de agosto y finaliza con la cosecha en el mes de diciembre de 2018.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema agroforestal “Kuxur rum”

“Kuxur rum” significa mi tierra húmeda en idioma Chortí’. El sistema tiene un efecto positivo sobre los recursos naturales y es utilizado por familias que cultivan en terrenos sobre ladera, en regiones de sequía recurrente. El sistema agroforestal Kuxur rum (SAK), se caracteriza por ser un conjunto de tecnologías de manejo de suelo, agrícola y forestal, combinadas con árboles dispersos en regeneración natural. Se utiliza en diversas zonas de Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador (FAO, 2016).

El cultivo en callejones consiste en la asociación de árboles o arbustos (generalmente fijadores de nitrógeno) intercalados en franjas con cultivos anuales. Los árboles o arbustos se podan periódicamente para evitar que produzcan sombra sobre los cultivos, y para utilizar los residuos de la poda como abono verde, para mejorar la fertilidad del suelo, y como forraje de alta calidad. Un beneficio adicional es el control de malezas. El uso de las prácticas en cultivos en callejones se basa en el principio de que es posible tener un uso sostenido y productivo de la tierra, cuando los métodos de conservación y rehabilitación son introducidos antes de que se produzca degradación seria en los recursos (Montagnini, 1992).

El sistema Kuxur rum es una de las alternativas con mayor expectativa para el incremento del rendimiento del grano de frijol, siendo en esencia un sistema agroforestal con el principio fundamentado en que es posible obtener un uso productivo y sostenido de la tierra, cuando los métodos de conservación y rehabilitación son introducidos antes de que se produzca degradación seria de los recursos (Montagnini, 1992).

Este sistema integra la producción agrícola en el sistema agroforestal familiar, de tal forma que del mismo lote de terreno se puede obtener biomasa, materia verde y producción de granos básicos. Esto reduce la vulnerabilidad física y social de los hogares y aumenta el ingreso familiar (FAO, 2016).

2.2. Materia verde

Se conceptúa como materia verde, la utilización de plantas en rotación, sucesión y asociación con cultivos comerciales, incorporándose al suelo o dejándose en la superficie, ofreciendo protección, ya sea como un mantenimiento y/o recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Costa et al., (citado FAO, 2000).

La materia verde se obtendrá del árbol llamado madre cacao (*Gliricidia sepium*) según FAO (2016) el árbol de madre cacao es un árbol leguminoso de tamaño medio. Es una especie nativa de Mesoamérica, que se encuentra en abundancia en esa región. La domesticación de *G. sepium* ha estado en progreso durante varios milenios y la multitud de nombres comunes indígenas de los pueblos mayas y quichés revela la importancia de esta especie a los primeros ocupantes de la región. Colonizadores españoles adaptaron a la lengua vernácula en el nombre de la Madre de las especies cacao (madre de cacao) para describir su uso como árbol de sombra del cacao. A pesar de la amplia presente ocurrencia de *G. sepium* en el cultivo en todos los países de América Central y México, se piensa que es originaria del bosque seco estacional.

2.3. Evaluación de tres épocas y dos formas de aplicación de la materia verde

En el año 2016, mediante la cadena de frijol del programa Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria -CRIA-, se realizó la evaluación de tres épocas y dos formas de aplicación de la materia verde, en el sistema agroforestal Kuxur Rum. Las tres épocas evaluadas fueron 20, 10 y 0 días antes de la siembra; y las dos formas de incorporación de la materia verde fueron la distribución superficial y por medio de surco abonero. La investigación se desarrolló en las localidades de Guior, municipio de Camotán; Minas abajo, municipio de San Juan Ermita; del departamento de Chiquimula y San Diego, departamento de Zacapa.

Fue en la realización de este trabajo donde se identificaron las dos tecnologías a validar en la presente investigación; siendo estas la aplicación por medio de surco abonero el mismo día de la siembra y la aplicación superficial el mismo día de la siembra. Se pretende validar estas tecnologías debido a que en el análisis conjunto de las tres localidades se obtuvo que la aplicación por medio de surco abonero, el día de

la siembra, fue el tratamiento con mayor rendimiento; mientras que la aplicación superficial, el mismo día de la siembra, fue el tratamiento más rentable, por tener una menor inversión en mano de obra.

2.4. Validación de tecnología

Al igual que cualquier proceso de investigación, la validación de tecnologías puede realizarse para una tecnología en particular o para varias, que pueden o no estar ligadas entre sí. Por ejemplo, la validación de una tecnología simple puede consistir en validar una nueva variedad de maíz. Evidentemente la introducción de una o varias tecnologías producirá efectos de mayor o menor grado en otros aspectos de la finca; por esta razón, el entendimiento de las diversas relaciones que rigen el sistema finca es fundamental para lograr una intervención exitosa. (Radulovich, 1993).

Es el proceso de validación de una nueva tecnología, es el productor quien maneja la tecnología y los técnicos –investigadores– solamente observan y anotan. No es exageración decir que el productor es uno de los investigadores en la validación, y obtener sus impresiones y preferencias sobre la nueva tecnología es fundamental en la consolidación de los datos obtenidos por otros medios. El ensayo de validación utiliza prácticas experimentales sencillas, un ensayo de esta naturaleza no es para determinar la rigurosidad científica de las diferencias significativas entre tratamientos, sino que determinar las suficientes evidencias prácticas para despejar la hipótesis planteada.

En cualquier ensayo de campo se requiere hacer un análisis estadístico que obliga a organizar los datos agronómicos y económicos obtenidos en campo, y permita una mayor seguridad al momento de interpretar los resultados, sobre todo en cuanto a la pregunta crucial si la tecnología nueva o introducida supera o no la tecnología local en aspectos previamente definidos.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Validar la adaptabilidad de dos métodos de aplicación de la materia verde de *G. sepium*, el mismo día de la siembra del frijol negro (*Phaseolus vulgaris L.*), en el sistema agroforestal “Kuxur rum”; a través de parcelas de prueba conducidas por el agricultor, en diferentes localidades del departamento de Chiquimula.

3.2. Específicos

- Comparar el rendimiento del frijol producido en las parcelas donde se aplicó de dos maneras distintas la materia verde de *G. sepium*, el mismo día de la siembra, con la forma en que el productor realiza la aplicación de la materia verde.
- Evaluar la estabilidad de los métodos de aplicación de la materia verde de *G. sepium*, a través del rendimiento obtenido en las diferentes localidades donde se estableció el estudio.
- Determinar el nivel de adaptabilidad que la tecnología tiene por los productores, a través del análisis de las variables fisiológicas, rendimiento y rentabilidad del cultivo de frijol.
- Calcular la relación beneficio/costo de los tratamientos aplicados en la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) en el sistema agroforestal, con la finalidad de determinar el tratamiento que presente mayor rentabilidad.

4. HIPÓTESIS

Ho: Las formas por validar de aplicación de la materia verde de *G. sepium*, el mismo día de la siembra, dentro del sistema agroforestal “Kuxur rum”, no superan en rendimiento a la forma tradicional utilizada por los productores.

5. METODOLOGÍA

La actividad se desarrolló, de acuerdo con el esquema metodológico de generación de tecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola -ICTA-, por medio de parcelas de prueba. Éstas son parcelas conducidas por el agricultor. En las parcelas de prueba o validación, el aspecto más relevante es que son los agricultores quienes evalúan la tecnología. Se procura que el procedimiento que se emplee para conducir la parcela y obtener la información, no interfiera con la capacidad del agricultor para determinar el valor de las tecnologías puestas a prueba. Lo importante es que el agricultor conduce la parcela de prueba, con la orientación del investigador.

5.1. Localización y época

En la validación de tecnología se buscó representar la realidad de los agricultores, por lo que se seleccionaron localidades que representarán el área del corredor seco de Guatemala. Para cada parcela de validación se obtuvo información biofísica y socioeconómica de los productores, de manera que se permita concluir y recomendar para un mayor número de productores.

Cada parcela fue sembrada en un sitio donde el sistema agroforestal fue establecido por los productores en años anteriores, y que fuera representativa del área donde normalmente siembra frijol. La parcela fue manejada por parte del productor, mientras el investigador brindó asistencia técnica para asegurar un buen desarrollo del cultivo. Las parcelas se establecieron en la época llamada de segunda, la cual inicia en el mes de agosto y finalizó con la cosecha en el mes de diciembre del año 2018.

El número inicial de productores con quienes se validó la tecnología fueron doce, para obtener un pequeño margen, para prevenir cualquier eventualidad que derive en la pérdida de una parcela, pues el análisis estadístico se puede elaborar con un mínimo de diez localidades. Las doce parcelas se establecieron en diferentes localidades del departamento de Chiquimula, priorizando áreas que sean representativas de las regiones que producen frijol.

5.2. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de parcelas pareadas, debido a que en la validación de tecnología interesa cuantificar el rendimiento del cultivo, calificar el grado de

aceptabilidad del productor, a través del rendimiento y las variables fisiológicas del cultivo producido con las dos formas de aplicación de la materia verde de *G. sepium* y la comparación con la forma tradicional del productor.

Se realizó un análisis de estabilidad de las formas de aplicación de la materia verde, con la finalidad de estimar el nivel de estabilidad y adaptabilidad que estas dos formas poseen y determinar su rendimiento en el total de las localidades.

5.3. Tratamientos

- Aplicación de la materia verde de Madre cacao (*G. sepium*) de manera superficial, el mismo día de la siembra de frijol.
- Aplicación de la materia verde de Madre cacao (*G. sepium*) por medio de surco abonero, el mismo día de la siembra de frijol.
- Forma tradicional de aplicación de la materia verde de Madre cacao (*G. sepium*) del productor de la localidad en el cultivo de frijol.

5.4. Tamaño de la unidad experimental

Tanto las parcelas con la tecnología que se validaron, como la parcela cultivada de la manera tradicional del agricultor contaron con un área experimental de 0.044 ha, correspondiente a una “tarea” de terreno.

5.5. Modelo estadístico

5.5.1. Para parcelas pareadas

El modelo estadístico utilizado para evaluar las parcelas pareadas es el siguiente:

$$t = d / Sd$$

Donde:

t = valor de t de Student.

d = promedio de las diferencias de rendimiento del cultivo de frijol entre la tecnología a validar y la forma local.

S_d = error estándar de las medias de las diferencias entre rendimiento del cultivo de frijol.

5.5.2. Para el análisis de estabilidad

$$Y_{ij} = U_i + B_i + I_j + S_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Media de la forma de aplicación i en el ambiente j

U_i = Media general de la forma de aplicación i en todos los ambientes

B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta forma de aplicación i al variar los ambientes

I_j = Índice ambiental del ambiente j -ésimo, que se calcula como la desviación del promedio en un ambiente dado a partir del promedio general

S_{ij} = Desviación de la regresión de la variedad i en el ambiente j

E_{ij} = Error experimental

5.6. Variables de respuesta

- Rendimiento del cultivo de frijol cuando el grano alcance el 14% de humedad, expresado en kilogramos por hectárea.
- Aceptación por parte del agricultor de las variables fisiológicas del cultivo en las diferentes localidades del ensayo.
- Rentabilidad de la tecnología utilizada en términos de la relación beneficio/costo.
- Nivel de aceptabilidad que la tecnología presente en el agricultor con base en el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de frijol.

5.7. Análisis de la información

Por ser una práctica que busca mejorar la producción, se recolectaron los resultados de rendimiento en grano del cultivo de frijol (kg/ha). Con estos resultados se realizó el análisis estadístico por el método de T de Student, para determinar si existe diferencia

significativa entre el rendimiento de los tratamientos propuestos y la forma tradicional del agricultor.

Se realizó el análisis de estabilidad, según el modelo AMMI 1 (siglas en inglés del análisis de Efectos Aditivos Principales e Interacciones Multiplicativas) para determinar el nivel de adaptabilidad y estabilidad que presenta la tecnología propuesta en los diferentes ambientes de las localidades. Finalmente, se realizó el análisis financiero, mediante la relación beneficio/costo, para determinar la forma de aplicación de la materia verde de *G. sepium* que presenta mejor rentabilidad para el productor.

5.8. Manejo del experimento

El manejo de las parcelas de prueba lo realizó el agricultor colaborador. Los investigadores brindaron asistencia técnica y apoyo durante todo el ciclo vegetativo del cultivo para garantizar la supervivencia de las parcelas.

El investigador realizó una entrevista con los productores encargados de manejar la parcela de prueba, con el objetivo de recolectar sus impresiones y opiniones; respecto a las tecnologías sometidas a validación y las diferencias con respecto a la manera tradicional de aplicación de la materia verde dentro del sistema agroforestal.

Se utilizó la variedad de frijol ICTA Ligero, puesto que se adapta a las condiciones climáticas de las localidades. Durante el ciclo vegetativo del cultivo se realizaron actividades de fertilización, control de plagas y enfermedades, para obtener un buen desarrollo del cultivo en todas las localidades. La babosa (*Vaginulus plebeiu*) es una de las plagas que más afecta al cultivo de frijol, y en especial al producirse bajo el sistema agroforestal “Kuxur rum”; por lo cual se realizó el control de esta plaga con un pesticida a base de Metaldehido. Se realizaron observaciones y un registro completo de las actividades ejecutadas en cada localidad.

6. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el proceso de validación de la forma de aplicación de la materia verde del árbol *G. sepium*, dentro del sistema agroforestal “Kuxur Rum”. Con base a los resultados obtenidos en cada una de las parcelas de prueba, se procedió a realizar el promedio del rendimiento en grano de frijol producido en cada una de las formas de aplicación evaluadas y el rendimiento del cultivo de frijol de la parcela en la que el productor aplicó la materia verde en la forma tradicional. En el cuadro 1 se presentan estos resultados.

Cuadro 1. Rendimiento individual y rendimiento promedio de frijol en cada una de las formas de aplicación de la materia verde de *G. sepium*, en el sistema agroforestal Kuxur Rum. Chiquimula, 2018.

Localidad	Producción (kg/ha)		
	Incorporado	Superficial	Testigo
Los Vados, Jocotán	1324.18	1201.94	1175.29
Los Vados, Jocotán	1028.00	1086.12	1214.36
El Rincón, San José La Arada	924.41	873.20	684.99
El Rincón, San José La Arada	1539.68	1345.80	821.54
Minas Abajo, San Juan La Ermita	775.02	845.07	748.36
Minas Abajo, San Juan La Ermita	844.08	1384.27	1207.97
Minas Abajo, San Juan La Ermita	676.60	639.01	290.46
Tesoro Arriba, Jocotán	1187.40	1109.35	566.09
Tesoro Arriba, Jocotán	487.71	796.82	631.96
Tesoro Arriba, Jocotán	329.26	368.80	298.64
Agua Fría, Camotán	400.17	576.41	119.53
Agua Fría, Camotán	319.83	471.30	228.21
Rendimiento promedio	819.70	891.51	665.62

6.1. Resultados de parcelas pareadas

Con los resultados del rendimiento obtenido en las doce localidades, se procedió a realizar el análisis estadístico por medio del modelo de parcelas pareadas. Se analizó por separado las dos formas de aplicación a validar durante esta investigación, contra la forma tradicional de aplicar la materia verde del agricultor de la localidad. Todos los productores de las localidades realizan la aplicación de la materia verde de manera superficial, con la diferencia que realizan esta labor varios días antes o después de la

siembra del cultivo de frijol. Por lo que el factor principal de la diferencia entre los datos deriva de la diferencia en el día de aplicación de la materia verde.

Cuadro 2. Prueba T para parcelas pareadas, comparando la forma de aplicación de la materia verde de *G. sepium* incorporada el mismo día de la siembra y la forma tradicional del productor. Chiquimula, 2018.

Formas de aplicación		Número	Diferencia de medias	Diferencia de desviación estándar	Valor t	p valor
Incorporado	Tradicional	12	154.08	319.41	1.67	0.1229

El cuadro 2 muestra los resultados del análisis estadístico de la Prueba de T para parcelas pareadas, en este cuadro se observa que no existe diferencia estadísticamente significativa entre incorporar la materia verde de Madre cacao (*G. sepium*) en surco abonera y el tratamiento testigo o la forma de incorporación tradicional utilizada por los productores. Sin embargo, la desviación estándar indica que se presentó diferencia entre los productores, pues 319.41 kg/ha es el indicador que muestra cuanto están dispersos los datos con respecto al promedio de rendimiento de frijol obtenido en las parcelas. Con estos resultados, se acepta la hipótesis nula planteada en esta investigación.

Cuadro 3. Prueba T para parcelas pareadas, comparando la forma de aplicación de la materia verde de *G. sepium* de manera superficial, el mismo día de la siembra y la forma tradicional del productor. Chiquimula, 2018.

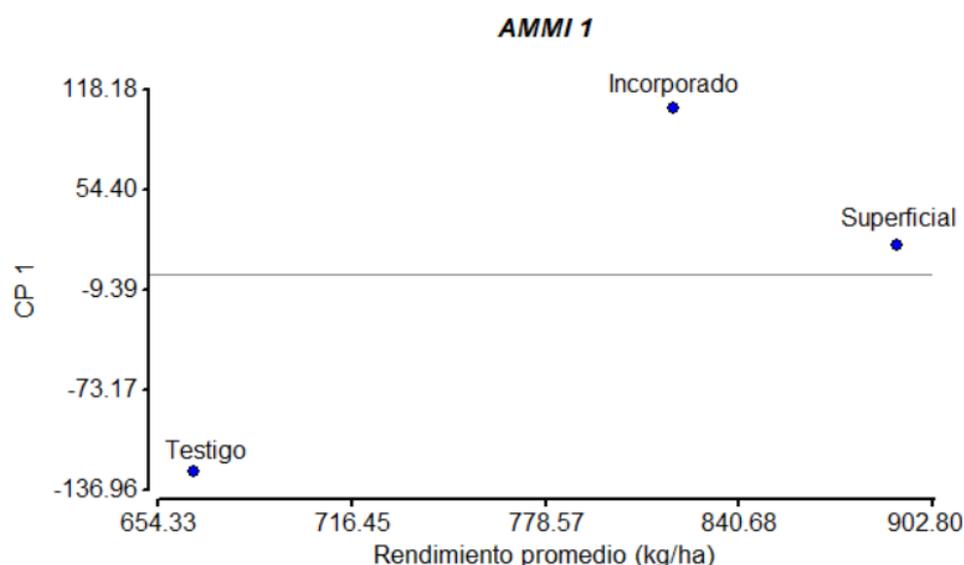
Formas de aplicación		Número	Diferencia de medias	Diferencia de desviación estándar	Valor t	p valor
Superficial	Tradicional	12	225.89	207.17	3.78	0.0031

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos en el análisis estadístico de la Prueba de T para parcelas pareadas, en el cual muestra que según el p valor de 0,0031 sí existe diferencia estadísticamente significativa entre la forma de incorporación superficial de materia verde de Madre cacao (*G. sepium*) y la forma de incorporación

tradicional de los productores. La desviación estándar indica que se presentó menor diferencia entre el rendimiento obtenido por los productores, pues 207.17 kg/ha es el indicador que muestra cuanto están dispersos los datos con respecto al promedio de rendimiento de frijol obtenido en las parcelas. Para este caso se rechaza la hipótesis nula, pues sí hay diferencia entre el rendimiento obtenido en esta parcela de validación y el rendimiento del cultivo en las parcelas de los productores.

6.2. Análisis de sensibilidad método AMMI 1

Figura 1. Análisis AMMI 1 de las formas de aplicación de la materia verde de *G. sepium* en el sistema agroforestal “Kuxur Rum”, respecto a los ejes del componente principal CP1 y rendimiento promedio de la forma de aplicación. Chiquimula, 2018



En la Figura 1 se observa el gráfico para el análisis de sensibilidad por el método AMMI 1, realizado por medio del software Infostat. El gráfico muestra el componente principal de estabilidad y el rendimiento promedio por la forma de aplicación. La forma de aplicación más estable es la que está más cercana al valor 0 en el eje Y. La forma de aplicación superficial es la más estable en cuanto al rendimiento, y también es la mejor forma de aplicación, pues es la superior en rendimiento promedio.

6.3. Adaptabilidad de la tecnología

La adaptabilidad de la forma y época de incorporación de la materia verde de *G. sepium* en el sistema agroforestal “Kuxur Rum” que se sometió a validación, se conoció

a través de entrevistas con los agricultores al final de la investigación. La entrevista se realizó con el propósito de recopilar sus opiniones sobre la adaptabilidad de las formas de aplicación de la materia verde en validación. La entrevista (ver Anexo 1) consistió en seis preguntas, las respuestas se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 4. Respuestas de los productores colaboradores a la entrevista de validación de tecnología, sobre la forma de aplicación de la materia verde de *G. sepium*. Chiquimula, 2018.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6
Productor 1	Superficial 7 días antes de siembra	Superficial	Incorporado	No	Rentabilidad	Sí
2	Superficial 3 días antes de siembra	Superficial	Superficial	No	Producción	No harían surco abonero
3	Superficial 5 días antes de siembra	Superficial	Superficial	Sí, humedad para la babosa	Rentabilidad	Sí
4	Superficial 5 días después de siembra	Superficial	Incorporado	No	Producción	No harían surco abonero
5	Superficial 1 días antes de siembra	Superficial	Incorporado	No	Rentabilidad	Sí
6	Superficial 3 días antes de siembra	Superficial	Superficial	No	Producción	Sí
7	Superficial 3 días después de siembra	Superficial	Superficial	No	Producción	Sí
8	Superficial 5 días antes de siembra	Superficial	Incorporado	Sí, humedad para la babosa	Rentabilidad	Sí
9	Superficial 3 días antes de siembra	Superficial	Superficial	No	Rentabilidad	Sí
10	Superficial 5 días antes de siembra	Superficial	Superficial	No	Producción	Sí
11	Superficial 3 días antes de siembra	Superficial	Superficial	No	Rentabilidad	Sí

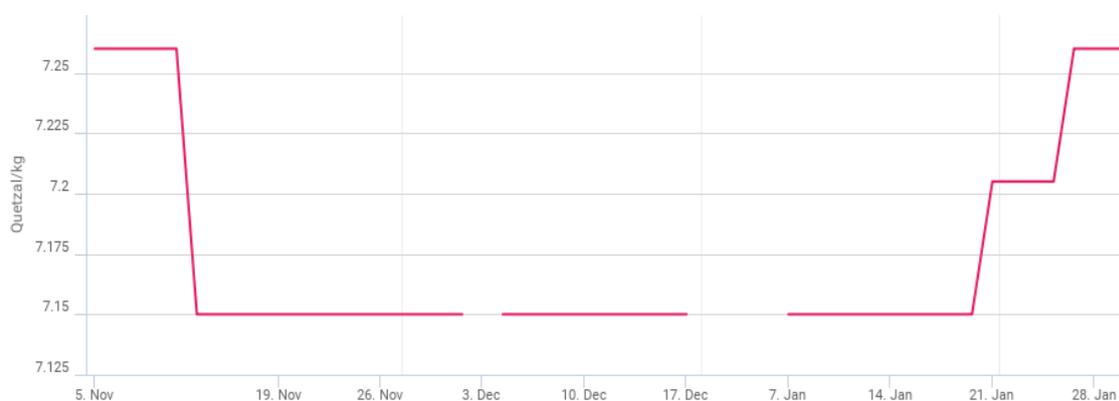
De las respuestas obtenidas en la encuesta de validación, se puede determinar que el 100% de los productores realizan la aplicación de la materia verde de *G. sepium* de manera superficial y difiere únicamente el día de aplicación. El 64% de productores mencionó que observó mejores características del cultivo de frijol con la incorporación superficial de la materia verde. El 54% de productores indicó que prefiere obtener una mejor rentabilidad en el cultivo de frijol, mientras que el restante 46% prefiere obtener una mayor producción, ya que ésta la dedican principalmente para el consumo familiar. Finalmente, el 82% de los productores manifestó que utilizará la tecnología validada en

este estudio, en lo referente a la aplicación superficial de la materia verde de *G. sepium* el mismo día de la siembra del frijol y el restante 18% indicó que se negaría a adoptar la tecnología del método de aplicación de la materia verde de *G. sepium* por surco abonero.

6.4. Relación beneficio – costo

La relación beneficio – costo es un indicador financiero que permite comparar de forma directa los beneficios y los costos de un proyecto de inversión. Sirve para determinar si un proyecto es rentable o puede presentar pérdidas. Para poder determinar los beneficios obtenidos mediante la comercialización de la producción, se procedió a utilizar el precio promedio del kilogramo de frijol, durante los tres meses que más se comercializa la cosecha de frijol negro producido en época de segunda o postrera. El precio utilizado fue de Q 7.20 por kilogramo de frijol negro.

Figura 2. Precio por kilogramo de frijol negro en Guatemala, en los meses de noviembre a diciembre de 2018 y enero de 2019.



Fuente: Precios Maga, Granos Básicos

En el cuadro 6 se presenta el valor de la relación beneficio – costo para cada una de las formas de aplicación de la materia verde.

Cuadro 5. Relación beneficio – costo de las tres formas de aplicación de la materia verde de *G. sepium* en el sistema agroforestal Kuxur rum, de las doce localidades. Chiquimula, 2018.

Forma de aplicación	Rendimiento promedio (kg/ha)	Ingreso/ha (Q)	Costo total/ha (Q)	Relación B/C
Incorporado	819.7	5,901.84	6,970.96	0.85
Superficial	891.51	6,418.87	5,798.88	1.11
Testigo	665.62	4,792.46	5,798.88	0.83

En el Cuadro 5 se observa que el costo para la aplicación de la materia verde de *G. sepium*, con método superficial, es menor que el costo de aplicación por el método incorporado; principalmente por el menor empleo de mano de obra requerida para su aplicación. También se observa que el indicador financiero de la relación beneficio – costo presentó un valor positivo únicamente para la forma de aplicación superficial el mismo día de la siembra. Esto indica que al aplicar la biomasa de *G. sepium* de forma superficial el mismo día de la siembra, se obtuvo una utilidad de Q 0.11 por cada quetzal invertido o el 11% de tasa neta de rentabilidad.

En esta investigación, para el cálculo de los costos de producción, se utilizó el costo por jornal de Q 90.16, que es lo correspondiente al salario mínimo nacional para actividades agrícolas. Sin embargo, muchos productores del área rural de Chiquimula trabajan de manera personal o familiar sus campos de cultivo de frijol, lo que les permite en la práctica disminuir los costos de producción y con ello mejorar los ingresos familiares.

7. CONCLUSIONES

- En la comparación del rendimiento promedio del cultivo de frijol producido en las parcelas donde se aplicó de dos maneras distintas la materia verde de *G. sepium* el mismo día de la siembra, con la forma en que el productor realiza la aplicación, se determinó que las formas sometidas a validación fueron superiores a la forma y época tradicional de aplicación de los agricultores. La forma de incorporación superficial el mismo día de la siembra, fue el método que presentó mayor rendimiento promedio, con 891.51 kg/ha.
- El análisis de las dos formas de incorporación propuestas y la forma tradicional del productor, a través del método de T de Student para parcelas pareadas, permitió establecer que no hay diferencia estadísticamente significativa entre la forma de incorporación por medio de surco abonero el mismo día de la siembra y la forma de aplicación tradicional del agricultor. En la forma de incorporación superficial el mismo día de la siembra, sí se presentó diferencia estadísticamente significativa. La tecnología propuesta fue la que presentó mejor promedio en el rendimiento de todas las localidades.
- En el análisis de estabilidad de las tecnologías, por el método AMMI I, se determinó que el método de incorporación superficial el mismo día de la siembra fue el más estable y el mejor en cuanto a rendimiento promedio.
- El análisis financiero de la relación beneficio – costo para los métodos de incorporación, permitió determinar que el valor de este indicador para la forma de aplicación superficial de la materia verde el mismo día de la siembra fue de Q1.11, y en consecuencia presentó mejor rentabilidad para los productores.
- Con los resultados de la encuesta de adaptabilidad realizada a los productores, se estableció que el 100% prefiere realizar la incorporación de la materia verde de *G. sepium* por método superficial. La incorporación superficial el mismo día de la siembra fue la forma de aplicación que presentó mejores resultados, en rendimiento, rentabilidad y adaptabilidad en los productores.

8. RECOMENDACIONES

- Divulgar y transferir los resultados de esta investigación a productores que trabajan el sistema agroforestal Kuxur Rum y compartir esta tecnología con agricultores, profesionales y equipos técnicos de instituciones de gobierno y organizaciones no gubernamentales, en las etapas de transferencia tecnológica. Hacer énfasis que este sistema agroforestal es sostenible, presenta resiliencia ante el cambio climático y contribuye a disminuir la deforestación, a través de la reducción de la agricultura migratoria.
- En los procesos de extensión agrícola se requiere promover el uso, establecimiento y manejo eficiente del sistema agroforestal Kuxur Rum, pues es sostenible y resiliente al cambio climático. Los productores que trabajan adecuadamente el sistema obtienen buen desarrollo vegetativo de las plantas y rendimiento del cultivo. El sistema mejora las condiciones del suelo, el recurso hídrico y el ambiente de la finca en función de los años de implementación, mantenimiento y manejo. En las parcelas donde los productores tienen más de diez años con este sistema se obtuvo mayor rendimiento en el cultivo de frijol, con promedio de 1,300 kg/ha, equivalente a 40qq/mz.

9. BIBLIOGRAFÍA

- FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura); TECA (Tecnología y prácticas para pequeños productores agrarios). 2016. Buenas prácticas de Sistemas Agroforestales - El Sistema tradicional Kuxur rum en Guatemala para fortalecer la resiliencia a la época de canícula en la Región de Chortí, Guatemala.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura); IITA (Instituto internacional de agricultura tropical, Nigeria). 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelo: Abonos verdes. Roma, Italia. p. 99
- Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales, principios y administraciones en los trópicos: ¿Qué son los sistemas agroforestales?, cultivo en callejones. San José, Costa Rica. 2 ed. San José, Costa Rica. Organización para estudios tropicales. P. 17,76-79
- Pedroza, H. 2007. Enfoque integrado de investigación y extensión en sistemas agropecuarios, enfoque IESA. Nicaragua, IICA/INTA. 138 p.
- Posada Quinteros, KE. 2012. Impacto del Sistema Agroforestal Kuxur rum en la sostenibilidad de los medios de vida de las familias rurales en Camotán y Jocotán, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. P.25.
- Radulovich, R; Karremans, JAJ. 1993. Validación de tecnologías en sistemas agrícolas (en línea). Costa Rica, CATIE. (Serie Informe técnico no. 212).
- FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). 2017. El sistema agroforestal Kuxur rum contra las amenazas naturales en Guatemala. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6814s.pdf>

10. ANEXOS

10.1. Entrevista realizada a los productores encargados de manejar la parcela de prueba.



Entrevista de validación de tecnología en parcelas manejadas por el agricultor

1. ¿Cuál es la forma tradicional de aplicación de materia verde que usted utiliza en el sistema agroforestal?

2. ¿Qué práctica le parece más fácil de emplear en el sistema?

3. ¿Qué forma de aplicación permite obtener mejores características en las plantas de frijol?

4. ¿Cree que la forma de aplicación de la materia verde tiene alguna relación en la incidencia de plagas del cultivo? ¿Por qué?

5. ¿Prefiere obtener una mayor producción del cultivo o una mayor rentabilidad?

6. ¿Utilizará la tecnología validada en los siguientes ciclos del cultivo?
