

Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria

**Cria Occidente
Cadena de Frijol**

Validación de un arreglo topológico de siembra en el cultivo de frijol arbustivo (*phaseolus vulgaris l.*) icta hunapú precoz y su efecto en el incremento del rendimiento de grano por unidad de área en el altiplano de huehuetenango y san marcos (2019-2020).



**Gustavo Adolfo Tovar Rodas
Óscar Antonio Xutuc Castillo
Henri Alexander López Hernández**

HUEHUETENANGO, NOVIEMBRE 2020

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

LISTA DE ACRÓNIMOS

CRIA	Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria
CIALO	Centro de Investigaciones del Altiplano Occidental
CADER	Centro de Aprendizaje de Desarrollo Rural
ONG	Organizaciones No Gubernamentales
DIPLAN	Dirección de Planeamiento
DVTT	Disciplina de Validación y Transferencia de Tecnología
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INE	Instituto Nacional de Estadística
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
SESAN	Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional
USDA	Departamento de Agricultura de Estados Unidos

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3.	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	3
3.1	Geográfica.....	3
3.2	Temporal.....	3
3.3	Teórica	3
4.	JUSTIFICACIÓN	3
5.	MARCO TEÓRICO.....	4
5.1	MARCO CONCEPTUAL	4
5.1.1.	Importancia del cultivo de frijol.....	4
5.1.2.	Densidad de siembra.	5
5.1.3.	Descripción de la planta de frijol.	6
5.1.4.	Etapas de desarrollo del frijol.	7
5.1.5.	Taxonomía del frijol.	8
5.1.6.	Cultivar de frijol arbustivo ICTA Hunapú precoz.	8
5.1.7.	Arquitectura de la planta de frijol.	9
5.1.8.	Tipo I.....	9
5.1.9.	Tipo II	9
5.1.10.	Tipo III	9
5.1.11.	Tipo IV	9
5.1.12.	Enfermedades del cultivo de frijol.	10
5.1.13.	Antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>).....	10
5.1.14.	Roya del Frijol (<i>Uromyces appendiculatus</i> var. <i>typica</i>).....	10
5.1.15.	Mancha angular en frijol (<i>Phaeoisario psisgriseola</i>).....	11
5.1.16.	Mancha Ascochita (<i>Ascochyta</i> sp.).....	11
5.1.17.	Las Pudriciones de la raíz.....	11
5.1.18.	Bacteriosis o tizón común.	12
5.1.19.	Densidad Vegetal y rendimiento.	12
5.1.20.	Arreglos topológicos.	12
5.1.21.	Componente de rendimiento.	13
5.1.22.	Presupuestos parciales.	13
5.1.23.	Análisis Financiero.....	14
5.1.24.	Requerimientos nutricionales.....	14
6.	MARCO REFERENCIAL.....	15
6.1.	Aguacatán	15
6.2.	Chiantla.....	16
6.3.	San Sebastián Huehuetenango.....	18
6.4.	Todos Santos Cuchumatán.	18
6.5.	San Juan Ixcoy.....	19
7.	OBJETIVOS	21
7.1.	Objetivo General.....	21

7.2. Objetivos Específicos	21
8. HIPÓTESIS.....	22
9. METODOLOGÍA	22
9.1. Localidades.....	22
9.2. Diseño experimental.....	22
9.3. Modelo estadístico.....	22
9.4. Tratamientos.....	23
9.5. Unidad experimental.....	23
9.6. Variables de respuesta.....	23
9.7. Análisis de la información.....	23
9.7.1. Estadístico.....	23
9.7.3. Análisis social.....	24
9.7.4. Identificación de agricultores.....	24
9.7.5. Selección de sitios experimentales.....	24
9.7.6. Ubicación.....	24
9.7.7. Manejo de la parcela de prueba.....	25
9.7.8. Días de campo y evaluaciones participativas.....	25
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	29
12. CONCLUSIONES.....	41
13. RECOMENDACIONES.....	41
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
15. ANEXOS	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1 Clasificación Taxonómica	8
Cuadro No. 2 Localidades por Municipio	22
Cuadro No. 3 Localidades, Ubicación y Épocas de Siembra	26
Cuadro No. 4 Medias de Rendimiento	28
Cuadro No. 5 Análisis de Varianza	29
Cuadro No. 6 Prueba de Medias.....	30
Cuadro No. 7 Prueba de T.....	30
Cuadro No. 8 Estadísticos de las curvas estudentizadas	31
Cuadro No. 9 Análisis de Presupuesto Parcial	33

INDICE DE FIGURAS

Figura No.1 Curva Estudentizadas	31
Figura No. 2 Curva de Estabilidad	32
Figura No. 3 Calificación de la tecnología.....	34
Figura No. 4 Problemas o desventajas de la tecnología validada	35
Figura No. 5 Ventajas de la tecnología validada.....	35
Figura No. 6 Desventajas Observadas.....	36
Figura No. 7 Cumplimiento de Expectativas	37
Figura No. 8 Modificaciones a la tecnología	37
Figura No. 9 Recomendaciones de la tecnología	38
Figura No. 10 Utilización de la tecnología.....	38
Figura No. 11 Observaciones a la tecnología.....	39
Figura No. 12 Diferencias entre tratamiento	40

RESUMEN

Gustavo Adolfo Tovar Rodas¹
Óscar Antonio Xutuc Castillo²
Henri Alexander López Hernández³

En el año 2019 se realizó el diagnóstico de la agrocadena del frijol, para los departamentos de Huehuetenango y San Marcos, ubicados geográficamente en el occidente de Guatemala, con la participación de actores locales clave, que permitió establecer los problemas existentes en los diferentes eslabones de la misma. En el caso del eslabón de producción se estableció como uno de los principales problemas, “la. Falta de una opción tecnológica que permitiera hacer un uso efectivo del área de siembra dise para este cultivo, en relación al número adecuado de plantas por metro cuadrado, que aumente su rendimientos y productividad”. Para abordar este problema, en el ciclo de cultivo 2,018-2,019, se evaluaron en ensayos de finca diferentes arreglos topológicos, como producto de este estudio, se seleccionaron dos arreglos, que se colocaron en parcelas de prueba en la temporada 2,019-2,020, para su validación, en un ámbito altitudinal entre 1,500 a 2,400 msnm, cuyos resultados se presentan en este informe. El objetivo del estudio fue validar los arreglos topológicos de 0.40 m entre surcos, 0.30 m entre plantas, con tres semillas por postura y 0.3 m entre surcos, 0.3 entre plantas, con tres semillas por postura, en función del rendimiento, productividad y aceptación de alguno de ellos, utilizando el cultivar ICTA Hunapú Precoz, comparados con el testigo y bajo condiciones de manejo del agricultor, a excepción de la densidad poblacional. En 15 localidades de los municipios de, Todos Santos Cuchumatán, Chiantla, Aguacatán y San Sebastián Huehuetenango, del departamento de Huehuetenango.

Los resultados indicaron que los arreglos de siembra validados produjeron rendimientos estadísticamente iguales, 1,654 y 1,732 kg/ha, respectivamente y estadísticamente superiores al testigo, 1,385 kg/ha. Ambos arreglos mostraron una estabilidad adecuada de acuerdo a los diferentes sitios de prueba y un nivel de riesgo bajo, en cuanto a la decisión de usarlas. Por otro lado, el arreglo con 0.4 m * 0.3 m, mostro la mejor TMRC, con 8.91 unidades monetarias en relación al testigo, también es importante anotar que esta opción tecnológica es la de mayor aceptación por parte de los agricultores y que la media regional de rendimiento de 660 kg/ha, fue ampliamente superada, por lo que se recomienda a las instancias de transferencia de tecnología agrícola promover este arreglo topológico, para el cultivar ICTA Hunapú Precoz

¹Investigador principal/ICTA-DVTT-Huehuetenango

²Investigador asociado/ICTA-DVTT-Huehuetenango

³Investigador auxiliar

ABSTRACT

Gustavo Adolfo Tovar Rodas¹
Óscar Antonio Xutuc, Catillo²
Henri Alexander Hernández López³

In 2019, the diagnosis of the bean chain was carried out for the departments of Huehuetenango and San Marcos, in western Guatemala, including the participation of key local actors, which allowed to establish the current problems in the different links of the bean chain. In the specific case of the production link, it was identified as one of the main problems “The lack of a technological option that would allow effective use of the planting area for this crop, regarding to the ideal number of plants per square meter, which help to increase the yield and productivity”. To address this problem, in the production year 2,018-2,019, different topological arrangements were evaluated in farmers' farms. Then as a result of this trials, two arrangements were selected, which were established in test plots in the production year 2,019-2,020. To validate this new technology the plots were established in an altitude range between 1,500 to 2,400 meters above sea level, and the results of this evaluation are presented in this report. The objective of the study was to validate the next topological arrangements: 1) 0.40 m between rows, 0.30 m between plants, sowing three seeds per plant position 2) 0.3 m between rows, 0.3 m between plants, sowing three seeds per plant position. The evaluation of the best topological arrangement was done depending on the yield, productivity and acceptance using the cultivar ICTA Hunapú Precoz. The two topological arrangements were compared with the topological arrangement using by the farmer (control) and all the plots were under farmer management conditions, except for the population density. The test plots were established in 15 locations which included the municipalities of Todos Santos Cuchumatán, Chiantla, Aguacatán and San Sebastián Huehuetenango, in the department of Huehuetenango.

The results indicated that the validated topological arrangements produced statistically equal yields, 1,654 and 1,732 kg/ha, respectively, and both topological arrangements were statistically higher than the control, 1,385 kg/ha. Both topological arrangements showed good

¹Investigador principal/ICTA-DVTT-Huehuetenango

²Investigador asociado/ICTA-DVTT-Huehuetenango

³Investigador auxiliar

stability across the different locations and a low level of risk, regarding the decision to use any of them. On the other hand, the topological arrangement of 0.4 m between rows and 0.3 m between plants, showed the best marginal rate of return on invested capital (TMRC), having 8.91 monetary units compared to the control. It is important to mention that this technological option was the most widely accepted by the farmers and the local average yield of 660 kg/ha, was clearly surpassed with this new topological arrangement. Based on these results, it is recommended to the instances dedicated to transfer agricultural technologies to promote this topological arrangement, for the cultivar ICTA Hunapú Precoz.

1. INTRODUCCIÓN

El frijol negro es uno de los cultivos de mayor importancia en Guatemala, especialmente porque constituye una parte esencial de la dieta de la población en general. Como producto alimenticio básico, la demanda siempre aumenta proporcionalmente con el incremento poblacional, a manera de ejemplo, se observa que, en el censo del año 2003, respecto al censo del año 1979; el número de fincas aumentó un 44.4%, en la superficie cosechada un 22.5% y en la producción obtenida un 49.4% (INE, 2003).

Según MAGA y DIPLAN (2015) la producción de frijol para el año agrícola 2015 – 2016, fue de 241,659 toneladas métricas a nivel nacional, con rendimiento promedio de 0.636 tm por manzana; para el mismo año agrícola, se obtuvo una producción a nivel departamental de 9895 y 3641tm para Huehuetenango y San Marcos, respectivamente. Sin embargo, esta producción no cubre la demanda de la población guatemalteca, por tal motivo durante el año 2015 Guatemala importó 11,200 tm de frijol negro, por un valor de US\$7.4 millones, que corresponde al 4.5% del consumo aparente.

La producción de frijol en Huehuetenango se estima en alrededor del 4% de la producción nacional, distribuido en los municipios de: Nentón, Jacaltenango, San Antonio Huista, Santa Ana Huista, La Democracia, Cuilco, Unión Cantinil, Concepción Huista, Todos Santos Cuchumatán, San Sebastián Huehuetenango, Chiantla y Aguacatán (Gonzales, 2016).

Por la importancia que tiene el frijol para el país, fue priorizado por el Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria CRIA-IICA, como una de las agrocadenas para el consorcio Occidente. En la agrocadena de frijol, según estudios realizados a través de metodologías participativas con actores locales clave, se identificaron puntos críticos para cada uno de los eslabones de la cadena. Para el eslabón de producción se mencionan algunos de los problemas priorizados: **a)** Poca disponibilidad de variedades de acuerdo a los microclimas, resistentes a plagas y al cambio climático, **b)** alta incidencia de plagas como: gallina ciega (*Phyllophaga* spp), babosa (*Sarasinula plebeya*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), picudo de la vaina (*Apion godmani*.), conchuela (*Epilachna* spp.), lorito verde (*Empoasca kraemeri*), virus del

mosaico dorado (VMDF), roya (*Uromyces appendiculatus*), ascochita (*Ascochyta* spp.) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), y c) No hay disponibilidad de semillas de buena calidad en la región (González, 2016).

Por tal motivo ICTA-CIALO a través de la Disciplina de Validación y transferencia de Tecnología –DVTT-, propuso la validación de un arreglo topológico de siembra del cultivar ICTA Hunapú precoz, en el departamento de Huehuetenango, con la finalidad de ofrecer a los productores una nueva variedad, con características de precocidad, buen rendimiento y tolerante a algunas enfermedades comunes en la zona y un arreglo topológico que se acomode a las características morfológicas del cultivar y a la preferencia de los agricultores.

Por lo que se propuso su validación en la región, esperando solucionar en parte los puntos críticos en el eslabón de producción, “poca disponibilidad de variedades de acuerdo a los microclimas y distanciamientos de siembra”, (González, 2016). Información derivada del diagnóstico de la agrocadena y planteados por los actores de la misma.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los agricultores que cultivan frijol en el altiplano occidental de Guatemala, ubicados en un rango de altitud de 1,400 a 2,400 msnm, tienen un promedio de rendimiento de 0.66 t/ha para el caso del frijol arbustivo, el cual se considera bajo, en función del potencial genético de rendimiento de los nuevos cultivares, que pueden duplicar o incluso triplicar ese rendimiento.

Los agricultores desconocen la existencia de estos cultivares mejorados, que además de poseer un alto potencial genético de rendimiento u de un arreglo topológico que se acomode a las características morfológicas de estos nuevos cultivares, facilite su manejo agronómico, propicie la mejora de la productividad y sea aceptado por los agricultores. Aunadas estas dos circunstancias, también pueden ser una excelente opción para ser utilizada en sus sistemas de producción, en este sentido en las comunidades donde los agricultores tienen la oportunidad de producir bajo riego la opción de uso de un cultivar, que agregue a su bondad en el rendimiento, un menor número de días

a cosecha, con un arreglo topológico adecuado, puede ser importante para hacer un uso intensivo del área regable.

El desarrollo de este proyecto de investigación, plantea las siguientes interrogantes

¿El aumento en el número de plantas de frijol por unidad de área, aumenta significativamente el rendimiento de grano?

¿El aumento del número de plantas de frijol por unidad de área, incrementa significativamente la productividad del cultivo?

¿El cambio en el número de plantas de frijol por unidad de área de el cultivar de frijol arbustivo ICTA Hunapú Precoz, es del gusto y preferencia de los agricultores?

3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Geográfica

El estudio se desarrolló en los municipios de Todos Santos Cuchumatanes, Chiantla, Aguacatán y San Sebastián Huehuetenango, del departamento de Huehuetenango.

3.2 Temporal

La validación del arreglo topológico se realizó en el período comprendido del mes de octubre de 2019 al mes de mayo de 2020.

3.3 Teórica

Para la operativización de este proyecto se utilizaron conocimientos de las siguientes ciencias: Bioestadística, Fitopatología, Entomología, Riegos, Sociología y la Agronomía en general.

4. JUSTIFICACIÓN

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, es la entidad autónoma y descentralizada del estado de Guatemala, que por ley le compete la generación de materiales y métodos para contribuir a la mejora continua de la productividad de los sistemas agropecuarios. En este sentido, la generación de materiales, se visualiza como el desarrollo de materiales genéticos con mejor potencial genético del rendimiento y mejor capacidad de adaptación a los diferentes

agroecosistemas del país y los métodos corresponden a todas aquellas opciones tecnológicas en el manejo agronómico de los cultivos que se prueban y validan, con el propósito de incrementar el rendimiento por unidad de área y la productividad de éstos.

Por lo tanto, en el proceso de generación de métodos, el componente de validación de éstos, resulta ser muy importante, ya que no solo se establece o se comprueba, con la participación activa de los agricultores, su potencial en la mejora del rendimiento, sino que también se obtiene la opinión de ellos, respecto a su aceptación y adaptación a sus sistemas de producción.

Por otra parte, el buscar el incremento del rendimiento por unidad de área del cultivo de frijol, a través de un arreglo topológico diferenciado, puede repercutir favorablemente en el mejoramiento de la nutrición de las familias campesinas, al propiciar también el incremento en su consumo.

Por lo expuesto, se estima que es pertinente someter a validación, a través de parcelas de prueba, un arreglo topológico para el cultivar de frijol arbustivo de grano negro ICTA Hunapú Precoz, en el altiplano de los departamentos de Huehuetenango.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 MARCO CONCEPTUAL

5.1.1. Importancia del cultivo de frijol.

Dentro del grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes, debido a su amplia distribución en los cinco continentes y por ser un suplemento nutricional en la dieta alimenticia de los habitantes de Centro y Sur América. En América Latina y África, el frijol común y los guisantes forrajeros son importantes fuentes de proteínas en la dieta humana (Viana y Martínez, 1996; citados por Carrillo, 1998).

Existen otros factores que hacen que el frijol tenga un lugar preferencial, uno de los cuales es su composición nutricional; de hecho, es una fuente rica de proteínas y minerales, como el zinc y el hierro. La semilla contiene entre 20% y 25% de proteína, (proteína 90% más digerible por el ser humano), que posee un alto contenido de aminoácidos esenciales, tales como la lisina y el

triptófano, y que hay en el frijol en mayor cantidad que en los cereales. La lisina, por ejemplo, se utiliza para la producción de carnitina, que interviene en el transporte de los ácidos grasos a las células musculares y produce energía (Treviño y Rosas, 2013).

5.1.2. Densidad de siembra.

La densidad de siembra es el número de plantas por unidad de área. La competencia entre las plantas puede de alguna manera generar una mayor o menor eficiencia de captación de la radiación solar, la densidad de siembra se ve influenciada por los distanciamientos de hileras y entre plantas que se utilice en el cultivo (Archila sf.)

Las plantas responden a las altas densidades de siembra con mecanismos como: aumento de la altura de planta, mayor longitud de los entrenudos, reducción del número de ramas, menor cantidad de nudos y flores. Entre los factores más importantes que determinan la densidad de siembra óptima para un cultivo se encuentran: la fenología del cultivo, características de arquitectura de la planta, los recursos disponibles y el arreglo topológico (Archila sf).

Buttery (1969) en su estudio titulado Efecto de la densidad poblacional y fertilización en el crecimiento y rendimiento de soya determinó que al haber una densidad elevada de plantas por metro cuadrado se reduce la proporción de flores que llegan a formar vainas maduras y por ende el rendimiento se ve afectado, además el peso de la planta y los componentes de rendimiento (número de vainas por planta y número de granos por vaina) fueron disminuidos al incrementar la densidad de plantas, así también se evidencio que los efectos del estrés competitivo por una alta densidad aumentan conforme el crecimiento de las plantas.

Pérez y Pimentel (2014) en su estudio denominado efecto de cuatro densidades poblacionales y tres espaciamentos entre hileras (0.3, 0.4 y 0.5 m) en el rendimiento de frijol Amadeus 77 determinaron que la densidad poblacional afecta de manera significativa la altura de planta, el número de vainas por planta y el rendimiento. Concluyeron que el número de vainas por planta fue mayor al tener bajas densidades y el número de granos por vaina no fue afectado por los distanciamientos evaluados.

Portilla (2004) evaluó la respuesta de tres variedades de frijol a tres poblaciones y dos niveles de nitrógeno. Se determinó que, a menor densidad, las plantas tienen más espacio entre sí

para desarrollarse, esto hace que aumente el número de ramas por plantas, por lo tanto aumenta el número de vainas por planta y por ende expresan mejor su potencial de rendimiento ya que la competencia por espacio, luz, agua y nutrientes es menor que a densidades mayores.

5.1.3. Descripción de la planta de frijol.

De acuerdo con Molina (1972), el frijol es una planta anual, originaria de América Central, el sur de México y Sur América. En estos lugares se cultiva después de épocas precolombinas. Hoy en día se encuentran especies silvestres en ciertos lugares de Sur América; el frijol es sin duda la especie más importante del género *Phaseolus*. Es una planta con un sistema radicular bien desarrollado, compuesto de una raíz principal y muchas raíces secundarias ramificadas en la parte superior del suelo. Los tallos son débiles, angulosos, de sección cuadrangular y de altura muy variable de acuerdo a la variedad. El porte de la planta está determinado por la forma y posición de tallos, si el tallo principal presenta inflorescencia terminal, el crecimiento de éste se detiene rápidamente (crecimiento determinado), las plantas son enanas y erectas. Si el tallo no produce esta inflorescencia aparecen axilas y la planta será guiadora o trepadora (crecimiento indeterminado). Las inflorescencias, ya sean en racimos terminales o axilares, tienen pedúnculos erguidos y algo vellosos, cada pedúnculo lleva numerosas flores. El número de flores puede ser de unas pocas hasta 30 o más, las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos, con los extremos acuminados, los frutos o vainas son de tamaño variado, estas pueden medir de 6 a 22 cm de largo. (Sumosa, 2014).

De manera general, el ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases: la fase vegetativa y la fase reproductiva (CIAT, 1985). La fase vegetativa se inicia cuando se les brindan a las semillas las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado, o los primeros racimos en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. En la fase vegetativa el desarrollo de los meristemos terminales del tallo y de las ramas produce nudos, en los cuales se forman complejos axilares susceptibles de un desarrollo posterior.

La fase reproductiva se encuentra comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las plantas de hábito de crecimiento

indeterminado, continua la aparición de estructuras vegetativas cuando termina la denominada fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallos, flores y vainas (CIAT, 1985).

5.1.4. Etapas de desarrollo del frijol.

Se necesita de un conocimiento de las etapas de crecimiento para mejorar las prácticas culturales y mejorar los rendimientos de los cultivos. El crecimiento y desarrollo de frijol se divide en etapas vegetativas y reproductivas. Las etapas vegetativas (V) son definidas basadas en el número de nudos del tallo principal, con inclusión del nudo de la hoja primaria, mientras que las etapas reproductivas (R) son definidas basadas en características de las vainas y las semillas además de los nudos (CIAT, 1985).

En el desarrollo de la planta de frijol se han identificado 10 etapas, las cuales están delimitadas por eventos fisiológicos importantes. El conjunto de estas 10 etapas forma la escalera de desarrollo de la planta de frijol. Cada etapa comienza en un evento del desarrollo de la planta con cuyo nombre se le identifica y termina donde se inicia la siguiente etapa y así sucesivamente. La identificación de cada etapa se hace con base en un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece la etapa particular; es decir, V si la etapa pertenece a la fase vegetativa o R si pertenece a la reproductiva. Los números del 0 al 9 indican la posición de la etapa en la escala (CIAT, 1985).

Los factores más importantes que afectan la duración de las etapas de desarrollo de frijol incluyen el genotipo (cuyas características, hábito de crecimiento y precocidad pueden variar), y el clima. Existen otros factores tales como las 6 Condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros, que causan variación en la duración de las etapas. La precocidad es otro factor que influye en la duración de las etapas de desarrollo, ya que es causa de diferencias importantes en el desarrollo de las plantas, aun en las pertenecientes a un mismo tipo de hábito de crecimiento. Los factores climáticos que más inciden en la duración de las etapas de desarrollo son la luz y la temperatura; tanto los promedios de estos factores como las variaciones diarias y estacionales de la temperatura desempeñan una función importante en la duración de las etapas de desarrollo (CIAT, 1985).

5.1.5. Taxonomía del frijol.

La taxonomía inicial del cultivo fue hecha por Linneo en 1753, posteriormente fue modificada por Cronquist, quien menciona que el frijol común es el prototipo del género *Phaseolus* (Cronquist, 1981).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Reino	Plantae.
Sub reino	Embryobionta.
División	Magnoliophyta.
Clase	Magnoliopsida.
Sub clase	Rosidae.
Orden	Fabales.
Familia	Fabaceae.
Subfamilia	Papilionideae.
Género	<i>Phaseolus</i> .
Especie	<i>Vulgaris</i> L.

Fuente. DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetenango, 2020

5.1.6. Cultivar de frijol arbustivo ICTA Hunapú precoz.

Desarrollado en la estación experimental del ICTA en Chimaltenango, y seleccionada en la estación experimental de la Labor Ovalle, Quetzaltenango, sobre la base de número y tamaño de vainas, el grano es de color negro opaco, altura de 50cm aproximadamente y produce de 20 a 25 vainas por planta, las vainas son de un color morado intenso, muy diferente al morado de la variedad Hunapú. Es una línea de frijol con hábito de crecimiento tipo II (Aldana 2015).

Posee aproximadamente de 5 a 6 granos por vaina, las plantas alcanzan su madurez a los 115 días después de la siembra, rendimiento de 2500 kg/ha, posee resistencia a la roya, cosa que la hace muy superior a ICTA Texel. En los años 2010 y 2011 ha sido el mejor frijol producido en el Altiplano Occidental (Aldana 2015).

5.1.7. Arquitectura de la planta de frijol.

Las plantas de fríjol son arbustivas o postradas. Estos dos tipos de fríjol han sido clasificados en diferentes categorías basadas en hábitos de crecimiento. Una clasificación ha sido propuesta por el CIAT, el cual sugiere una clave para identificar los cuatro principales hábitos de crecimiento. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de estos hábitos de crecimiento de los subtipos (CIAT, 1979).

5.1.8. Tipo I

Hábito de crecimiento determinado, yemas terminales reproductivas en el tallo principal y las ramas, limitada o ninguna formación de nudos y hojas después de iniciada la floración. Ramas y tallo principal generalmente fuerte y erecto. Ramas y tallo principal débil, postrado, con alguna habilidad trepadora.

5.1.9. Tipo II

Hábito de crecimiento indeterminado, yemas terminales del tallo y las ramas, vegetativas, hay producción de hojas después de iniciada la floración tanto del tallo como las hojas fuertes y erectas. Guía terminal (indeterminados excesivamente alargados y débiles) ausente, por tanto carece de habilidad trepadora. Guía terminal de longitudes variables y por tanto posee cierta habilidad trepadora.

5.1.10. Tipo III

Hábito de crecimiento indeterminado, ramas relativamente débiles y abiertas, semipostradas. Carga de vainas concentrada en la parte basal de la planta. Su máximo rendimiento se logra en monocultivo. Ramas relativamente cortas, guía de tallo principal y/o en las ramas son pequeñas cuando se presentan y poseen débil habilidad trepadora. Ramas largas, a menudo postradas, con guía del tallo principalmente larga y habilidad trepadora moderada.

5.1.11. Tipo IV

Hábito de crecimiento indeterminado. Tallo y ramas muy débiles y excesivamente largos, con fuerte habilidad trepadora. Necesita apoyo para lograr rendimientos máximos. Carga de vainas

distribuida a todo lo largo de la planta. Carga de vainas principalmente en la parte superior de la planta.

5.1.12. Enfermedades del cultivo de frijol.

La presencia de enfermedades reduce los rendimientos en el cultivo de frijol, principalmente cuando las siembras se realizan fuera de la fecha recomendada. Se considera que el frijol es un cultivo con una baja rentabilidad, por lo que la mejor opción de control es el uso de variedades resistentes. El uso de plaguicidas es conveniente siempre y cuando se estime que es costeable su uso. Las enfermedades más comunes se presentan a continuación:

5.1.13. Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*).

Los síntomas de esta enfermedad aparecen inicialmente en el envés de las hojas y las lesiones son de un color que varía desde rojo hasta negro, y se localizan a lo largo de las venas y venillas de las hojas. Estas lesiones también pueden mostrarse en los pecíolos, ramas, tallos y vainas. Generalmente la infección en las vainas aparece en forma de manchas rosadas con borde negro, dando el aspecto como si hubiesen sido quemadas con un cigarrillo y aquí es donde alcanzan a infectarse las semillas en formación. Las vainas son las partes de la planta donde es más notoria esta enfermedad y donde causa los daños más graves, ya que disminuye la calidad del ejote y del grano. (Aldana, 2010).

5.1.14. Roya del Frijol (*Uromyces appendiculatus* var. *typica*).

A esta enfermedad se le conocía anteriormente como Chahuixtle. Sin embargo, se le conoce como herrumbre o roya del frijol. Se presenta a partir de la floración. Los síntomas se presentan como manchas cloróticas o blancas, en las cuales se desarrollan pústulas de color café-rojizas, en el haz y en el envés de las hojas. Cuando el ataque en la floración es muy severo, puede haber defoliación prematura, así como una disminución drástica en la formación y el llenado de las vainas. El patógeno también puede atacar tallos y pecíolos, donde se pueden observar pústulas. (Aldana, 2010).

5.1.15. Mancha angular en frijol (*Phaeoisario psisgriseola*).

Los síntomas aparecen después de 6 días de la inoculación. Se inician como manchas grisáceas delimitadas por las nervaduras, y después se tornan de un color gris oscuro a negro, distribuidas en grupos. En las vainas, las manchas son ovaladas o circulares con centros de color café rojizo y bordes ligeramente más oscuros.

5.1.16. Mancha Ascochita (*Ascochyta* spp.).

También se le conoce como mancha foliar. Se manifiesta en las hojas como manchas redondas de tamaño mediano a grande, con el centro crema o café claro, y rodeadas de un borde más oscuro de color café o rojizo que muestra varios anillos. El centro de la lesión puede presentar unos pequeños puntos blanquecinos, grises o negros. La infección se presenta en las primeras hojas trifoliadas, cuando las plantas son pequeñas. También puede presentarse cuando las plantas son adultas. Cuando la incidencia es alta, se provoca una defoliación severa y afecta la productividad del frijol.

5.1.17. Las Pudriciones de la raíz.

En la mayoría de las ocasiones, la pudrición de la raíz se da por una mezcla de patógenos que atacan todos al mismo tiempo. Al atacar, estos patógenos ejercen una acción de sinergismo, de tal forma que los daños se multiplican e incrementan. Los hongos más comunes son: *Fusarium*, *Rhizoctonia*, y *Phyium*; Estos patógenos generalmente se encuentran en los suelos donde se ha cultivado frijol.

Los síntomas más visibles de estas enfermedades en las plantas de frijol se expresan como amarillamientos, marchitamientos, enanismo y aún una germinación y emergencia pobre. Muchas veces estos síntomas son también atribuidos a factores edáficos y ambientales. Las pudriciones de la raíz se presentan desde las primeras semanas de crecimiento de la planta y se encuentran localizadas en el campo formando parches de diferentes tamaños. En estas áreas se observan plantas pequeñas y débiles con hojas menos desarrolladas y amarillas. Algunas veces el amarillamiento se observa también en plantas adultas. Puede observarse marchitamiento total de la planta o solamente de algunas hojas.

5.1.18. Bacteriosis o tizón común.

Otra de las enfermedades que ataca al frijol en regiones frías de altiplano es la conocida como Bacteriosis causada por *Pseudomona syringapato var Phaseolicola*. Los síntomas causados por esta enfermedad aparecen como manchas acuosas de forma redonda e irregular. Las partes de la hoja afectada se notan flácidas y están rodeadas por un círculo estrecho de tejido, color amarillo limón, el cual se vuelve después café y necrótico dando un aspecto como si la hoja estuviera quemada.

5.1.19. Densidad Vegetal y rendimiento.

Según Fagaria y Balagar, indican que la densidad de siembra es un factor importante que afecta el rendimiento de los cultivos, el rendimiento biológico se incrementa con la densidad hasta un valor máximo, determinado por algún factor ambiental y, a densidades mayores, tiende a mantenerse constante siempre que no intervengan factores ajenos como el acame. El rendimiento en grano se incrementa hasta un valor máximo, pero declina al incrementar aún más la densidad. La densidad óptima de siembra debe ser determinada para cada cultivo bajo cada agro ecosistema con el fin de obtener rendimientos máximos. (Fagaria& Balagar, 1997)

De acuerdo con Hernández y Páez, (Hernández & Páez, 1971) a partir de este punto la respuesta declina para cualquier otra combinación de valores de distancias de siembra; esta distancia parece tener justificación en el hecho de que las densidades más altas podrían traducirse en una mayor competencia, en detrimento de la producción; a una menor densidad, puede ser debido al menor número de plantas por unidad de superficie.

5.1.20. Arreglos topológicos.

El término topología se refiere al análisis de posición. La palabra "topos" proviene del griego y significa "lugar". La topología es una rama muy importante de las matemáticas. Estudia aquellas propiedades de los objetos geométricos que tienen que ver con la "proximidad", número de agujeros y la "posición relativa" entre puntos. El arreglo topológico en la siembra se define como la distribución de las plantas en la superficie sembrada, cantidad y disposición de las mismas en un terreno (<http://www.cultivopapaya.org/arreglos-topologicos/>).

En el caso de la agricultura, los arreglos topológicos se refieren a la distribución de las plantas en un área determinada, especialmente considerando los anchos de surcos y las distancias entre plantas. También se dice que el arreglo topológico es la forma o el orden en la que se posicionan las plantas en una superficie de terreno. (Zanabria, K. 2015).

5.1.21. Componente de rendimiento.

Los procesos fisiológicos que intervienen en la captación, transformación y translocación de la energía disponible, determinan entre otras cosas el rendimiento de la planta. Es importante considerar a los componentes de rendimiento como indicadores de tendencias de los procesos que lo determinan, y no necesariamente como causas directas del mismo. Los componentes de rendimiento incluyen el número y peso del grano, número de estructuras florales, (para el caso del frijol el número de granos/vainas, número de vainas, peso de 100 semillas (g) y rendimiento Kg/Ha

5.1.22. Presupuestos parciales.

Hasta no hace mucho tiempo, la economía nacional se caracterizó por una relativa estabilidad de precios y de costos, por lo que no era tan evidente la necesidad de utilizar los elementos tradicionales de la administración agropecuaria, sin embargo, el actual contexto económico hace necesario el uso de técnicas de evaluación de recursos y de presupuestos parciales para hacer frente al riesgo que rodea la toma de decisiones técnicas, productivas y económicas.

En un presupuesto parcial se estiman los costos e ingresos futuros de actividades que involucran una parte de la superficie de una finca o los gastos ocasionados por el uso de algún insumo en particular. Sirve para analizar si conviene hacer un cultivo anual u otro, comprar o alquilar maquinaria. Para el cálculo de presupuestos parciales se utilizan los costos directos involucrados con la decisión bajo análisis, es decir que hay que tener en cuenta todos los costos de los bienes y servicios que son requeridos por la actividad en cuestión. La clasificación de un costo como directo” no es rígida, ya que la misma depende de cada problema en particular y de la finalidad del cálculo. Además, hay que tener en cuenta que son costos futuros, ya que se originaran a partir de una alternativa que se está estudiando.

En este tipo de análisis se consideran costos indirectos a todos los demás costos de la finca que no son afectados por la decisión que se analiza.

5.1.23. Análisis Financiero.

Los modelos de regresión por sitio (SREG, Cornelius *et al.*, 1996; Crossa y Cornelius, 1997 y 2002) son modelos lineales-bilineales que remueven el efecto de sitio y sólo expresan a la respuesta en función de G+GE. Son aconsejables cuando los sitios (o ambientes) constituyen la fuente de variación más importante en relación a la contribución de los genotipos y la interacción GE sobre la variabilidad total, situaciones éstas muy comunes en la práctica. Para visualizar los patrones de interacción con remoción de los efectos de ambiente (datos centrados por sitio), Yan *et al.* (2000) proponen los gráficos GGE biplots. A partir de estos gráficos se puede investigar la diferenciación de mega-ambientes entre los ambientes en estudio y seleccionar cultivares superiores en un mega ambiente dado. El modelo para construir un GGE biplot con las 2 primeras CP, a partir de la SVD de datos centrados por efecto de ambientes (Yan y Hunt, 2002) es:

$$ijj - \bar{y} = \lambda_1 \xi_i \eta_j + \lambda_2 \xi_i \eta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde: ijj es el rendimiento medio del genotipo i en el ambiente j , \bar{y} es la Media de los genotipos en el ambiente j , λ_1 y λ_2 son los auto valores para la CP1 y CP2 respectivamente, ξ_i y ξ_i son los *scores* del genotipo i en la CP1 y CP2 respectivamente, η_j y η_j son los *scores* del ambiente j en la CP1 y CP2 respectivamente y ε_{ij} es el término residual asociado a la observación promedio del genotipo i en el ambiente j centrado por el efecto del ambiente j . El modelo es escalado para asegurar que la CP1 y la CP2 tengan las mismas unidades.

5.1.24. Requerimientos nutricionales.

El frijol, es un cultivo que tiene exigencias de nutrimentos sobre todo de fósforo y nitrógeno, aunque siempre se recomienda que el diagnóstico de los problemas nutricionales del frijol, se realice mediante análisis de suelos, de tejido vegetal o bien por observación directa de los síntomas del cultivo.

Los requerimientos nutricionales de los cultivos varían con el nivel de producción (fertilización y tecnología de manejo de cultivos), suelo, clima y ambiente. En el cuadro 1 se presentan los requerimientos de macronutrientes para la producción de 1 tonelada métrica de grano de frijol.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Aguacatán

- **Ubicación geográfica**

El municipio de Aguacatán tiene una extensión territorial de 300 Km², colinda al norte con Nebaj y Chiantla, al sur con San Pedro Jocopilas, al este con Sacapulas, al oeste con Huehuetenango y Chiantla, los municipios pertenecen al departamento de Huehuetenango, posee dos vías terrestres por donde se puede acceder al municipio: vía Huehuetenango, Buenos Aires Chiantla, Ocubilá, Aguacatán y desde Quiche vía Sacapulas. En cuanto al acceso interno especialmente al área rural hay que tomar diversas carreteras de terracería, veredas y brechas, su distancia de la ciudad capital a la cabecera municipal es de 291 Kilómetros. (SEGEPLAN/ DPT, 2010). Se localiza al Norte de la cabecera Municipal localiza en Latitud Norte 15⁰ 24' 17'' y Longitud Oeste 21⁰ 21' 40''.

Según proyecciones del INE para el 2010, de 51,685 habitantes, de los cuales 57.5% son mujeres y el resto hombres, posee una densidad poblacional de 172 habitantes por Km².

- **Zonas de vida.**

Las unidades bioclimáticas o zonas de vida existentes en el Municipio de Aguacatán, tienen las características siguientes.

- **Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (BHMBS)**

Altitud: 1,500 a 2,000 metros sobre el nivel del mar

Precipitación pluvial anual: 1000 a 2000 milímetros

Temperatura media anual: 12 a 18 grados centígrados

Suelos: son superficiales, de textura liviana mediana, bien drenados, de color pardo.

Pendiente: está en los rangos de 5 a 12% y de 32 a 45 %

Potencial agrícola: donde el relieve en case plano ondulado, la potencia será para hortaliza, frutales de bajo requerimiento de frio, Maíz, frijol Flores, Maguey, papa y trigo.

- **Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical (BMHMS)**

Altitud: mayor de 3000 metros sobre el nivel del mar

Precipitación pluvial anual: 1,000 a 2,000 milímetros

Temperatura media anual: menor de 12 grados centígrados

Suelos: superficiales, de textura pesada, bien drenados, de color gris oscuro a negro, debido a la descomposición lenta de la materia orgánica.

Pendiente: de 32 a 45% en algunas partes y en otras está en el rango de 0 a 5%

Potencial agrícola: debido a la baja temperatura, los cultivos no son rentables, por lo que estas áreas deben dedicarse a bosques.

- **Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (BMHBMS)**

Altitud: 2,000 a 2,500 metros sobre el nivel del mar

Precipitación pluvial anual: 2000 a 4000 milímetros

Temperatura media anual: 12 a 18 grados centígrados

Suelos: son superficiales, de textura pesada, bien drenados, de color gris oscuro a negro.

Pendientes: del 15 a 12%

Potencial agrícola: el 45% son de vocación forestal.(SEGEPLAN/ DPT, 2010)

6.2. Chiantla

- **Ubicación geográfica**

El municipio de Chiantla, se encuentra ubicado a seis Kilómetros de la cabecera departamental de Huehuetenango, y a 272 Kilómetros de la ciudad capital. Su latitud es de 15⁰ 20' 26" Norte y longitud de 91⁰ 27' 28" Oeste. Presenta una altitud sobre el nivel del mar que oscila entre 1,900 a 3,800, con una temperatura que oscila entre 4⁰ a 28⁰ centígrados. La villa de Chiantla se encuentra en una alta meseta, al pie de un cerro que constituye la sierra de los Cuchumatanes y por pertenecer al departamento de Huehuetenango se ubica en el Nor-occidente o región VII. (SEGEPLAN, 2010)

- **Colindancias**

El municipio de Chiantla colinda al Norte con el municipio de San Juan Ixcoy, al sur con Huehuetenango, al este con Aguacatán y el departamento de El Quiché y al oeste con los municipios de San Sebastián Huehuetenango y Todos Santos Cuchumatán.

- **Zonas de vida.**

De acuerdo a la clasificación de Holdrige, las zonas de vida existentes en el municipio son:

- **Bosque Húmedo Montano Sub-Tropical (BHMS):**

La altitud de 2000 a 2500 metros sobre el nivel del mar, con precipitación pluvial anual de 1000 a 2000 milímetros, la temperatura media anual es de 12 a 18 grados centígrados, con suelos subtropical de textura media, pobres e imperfectamente drenado de color pardo. La pendiente está en el rango de 32% a 45%. El potencial es silvícola para especies como: pino, ciprés, aliso y eucalipto.

- **Bosque muy Húmedo Montano Bajo Sub Tropical (BMHMS).**

Altitud de 2,500 a 3,000 metros sobre el nivel del mar, con precipitación pluvial anual de 2000 a 4000 milímetros, temperatura media anual de 12 a 18 grados centígrados, con suelo superficiales de textura mediana y pesada, bien drenados con pendientes variables en los rangos de 12% a 32%, 32% a 45% y más de 45%. El potencial de cultivos para frutales deciduos, papa, flores, hortalizas, cereales, leguminosas, bosques energéticos y maderables. Deberán considerarse precauciones en la época de heladas.

- **Bosque muy Húmedo Montano Subtropical (BMHNS).**

Tiene una altitud mayor de 3,000 metros sobre el nivel del mar, con precipitación pluvial anual de 1,000 a 2,000 milímetros, temperatura media anual menor de 12 grados centígrados, con suelos superficiales de textura pesada bien drenados, de color gris oscuro a negro. La pendiente oscila entre los rangos de 0 a 5%, de 5 a 12% y de 12 a 32%. “la cubierta vegetal está constituida de bosques y gramíneas de altura, pueden explotarse con un manejo forestal adecuado”. (SEGEPLAN, 2010).

6.3. San Sebastián Huehuetenango

El municipio de San Sebastián Huehuetenango es uno de los 31 municipios del departamento de Huehuetenango; su principal actividad económica es la agricultura, a la que le siguen la pecuaria, la artesanal y la extractiva. La fiesta titular del municipio es dedicada a San Sebastián, patrono del pueblo, se celebra del 18 al 20 de enero, éste último ha sido el día principal, pues es la fecha en que la Iglesia Católica conmemora a San Sebastián Mártir (Quijada, 2005).

- **Localización geográfica**

El municipio de San Sebastián Huehuetenango se encuentra situado al este de la Cabecera Departamental; para poder llegar se recorre la carretera Interamericana que conduce a la frontera con México vía La Mesilla, en el kilómetro 277 se encuentra la entrada al Municipio.

El Municipio se encuentra a una altitud de 1,715.06 metros sobre el nivel del mar; con una latitud norte de 15 grados, 23 minutos y 13 segundos; y longitud oeste de 91 grados 36 minutos y 54 segundos del meridiano de Greenwich. A continuación, se presenta el mapa del municipio de San Sebastián Huehuetenango. (Quijada Bonilla, 2005).

6.4. Todos Santos Cuchumatán.

- **Localización.**

El Municipio se encuentra ubicado al noroccidente en el departamento de Huehuetenango a 316 kilómetros de la ciudad capital y a 46 kilómetros de la cabecera departamental, que se encuentra en la Sierra de los Cuchumatanes.

- **Extensión, límites territoriales y coordenadas.**

Cuenta con una extensión territorial de 300 kilómetros cuadrados, con una altitud de 2,470 metros sobre el nivel del mar, latitud de 15 grados 30' 32" norte longitud de 91 grados 36' 17" oeste. Colinda al norte con Concepción Huista y San Juan Ixcoy; al oriente con Chiantla; al occidente con Concepción y Santiago Chimaltenango al sur con San Sebastián Huehuetenango, San Juan Atitán y Santiago Chimaltenango.

- **Zonas de vida.**

De acuerdo a la localización del Municipio se identifican tres unidades bioclimáticas:

- **Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (BHMBS).**

Altitud: 2,000 a 2,500 metros sobre el nivel del mar.

Precipitación pluvial anual: 1,000 a 2,500 milímetros.

Temperatura media anual: 12 a 18 grados centígrados.

Suelos: Son profundos de textura pesada, la pendiente está en rango de 32 % a 45% y más, se consideran aptos para frutales, hortalizas, papa y bosques de coníferas.

- **Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (BMHMBS).**

Altitud: 2,500 a 3,000 metros sobre el nivel del mar.

Precipitación pluvial anual: 1,500 a 2,500 milímetros.

Temperatura media anual: 12 grados centígrados.

Suelos: Existe un balance entre profundos y superficiales, la textura es pesada, bien drenados y de color pardo. La pendiente está en el rango de 32% a 45% y más. La vocación de esta unidad es forestal.

- **Bosque muy húmedo montano subtropical (BMHMS).**

Altitud: 3,000 metros sobre el nivel del mar.

Precipitación pluvial anual: 1,000 a 2,000 milímetros.

Temperatura media anual: 12 ó menos grados centígrados.

Suelos: Son superficiales, con afloraciones rocosas ocasionales, la textura espesada, bien drenada, el color es gris oscuro a negro. Predominan las pendientes entre 5% a 12% y de 12% a 32%. El potencial es restringido para cultivos y estos pueden ser: papa, avena, alcachofa, coliflor y pastos criollos. Esta unidad abarca 15,000 hectáreas.

6.5. San Juan Ixcoy

- **Ubicación**

San Juan Ixcoy se localiza al norte de la cabecera departamental de Huehuetenango, al pie de la cara norte de la Sierra de los Cuchumatanes, asentada en un valle relativamente hondo, al

margen del río Yulk'u, El acceso al municipio es por medio de la carretera CA-9 que de la capital conduce a la cabecera departamental de Huehuetenango, y dista 266 kilómetros, luego de esa al municipio por medio de la carretera asfaltada: 9-N que conduce al municipio de Soloma y dista 64 kilómetros. Cuenta con 23 aldeas y 11 caseríos. El 61% de las comunidades tiene carretera en mal estado y el 35% no tienen más que camino de herradura. San Juan Ixcoy, por ser villa cuenta con suficiente transporte. El 22% de la población posee el servicio de energía eléctrica; el 78% no lo tiene; el 35% cuenta con agua potable y el 65% Carece de este servicio. Los servicios de salud son mínimos al igual que los servicios de educación.

Su condición de vivienda es regular; no cuenta con centros recreativos ni centros turísticos habilitados; sin embargo, cuenta con gran riqueza y potencial natural para programas de esta índole. Su producción industrial es muy baja y local, igualmente su artesanía. La población urbana cuenta con los servicios básicos y el apoyo institucional. Colindancias. Colinda al oeste con Todos Santos Cuchumatán y Concepción Huista, al norte con San Pedro Soloma y Santa Eulalia, al Oriente con Nebaj (Quiché) y al occidente con Chiantla. La población del municipio de San Juan Ixcoy es de 30,091 pertenecientes a cuatro pueblos que son: Q'anjob'al, Mam, Akateko y Ladino. Cuenta con 62 lugares poblados con su mismo número de órganos de coordinación (COCODE), establecidas 7 micro regiones. Según información contenida dentro de la ENCOVI, los índices de pobreza son de 85.3% y para pobreza extrema 32.1%.

- **Zona de Vida**

Las unidades bioclimáticas o zonas de vida existentes en el Municipio de San Juan Ixcoy, tienen las características siguientes:

- **Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (BMHMBS).**

Altitud: 1,500 a 2,000 msnm. Precipitación pluvial: 1,000 a 2,000 mm anuales Temperatura media: 18° C a 24° C. Suelos superficiales: textura mediana, buen color (gris oscuro) Pendientes: 12% a 45% en adelante. Producción: bosques energéticos, cereales, hortalizas.

- **Zona de medio de vida**

El departamento de Huehuetenango en la cual está inmerso el municipio de San Juan Ixcoy esta categorizado como una zona de Agricultura de subsistencia, y serranía de los Cuchumatanes Esta zona cuenta con la mayor cantidad de microclimas, con temperaturas promedio que oscilan entre los 8°C y 29°C (46-84°F) durante todo el año y con un promedio de precipitación anual entre 1000 -2000 mm. La zona concentra el mayor porcentaje de población indígena del país; esta se dedica a la producción de granos básicos para subsistencia y venta de mano de obra agrícola. Las mujeres se dedican a la crianza de aves de corral, cuidado de cultivos y trabajo en textiles. También se cultivan gran variedad de hortalizas. Cerca del 70-80% de los granos básicos son consumidos. Las principales amenazas están ligadas a la producción agrícola y pecuaria, base económica y cultural de la población indígena: el avance de la frontera agrícola, heladas, la escasez de lluvia, las plagas a los cultivos, enfermedades de los animales, aumento de precios de insumos agrícolas. Estas inciden directamente en las fuentes de ingresos, falta de empleo y de la obtención de alimentos.

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo General

Validar el efecto en el rendimiento de grano por unidad de área, de dos arreglos topológicos, en el cultivar frijol arbustivo ICTA Hunapú precoz, en el altiplano de Huehuetenango.

7.2. Objetivos Específicos

Determinar el rendimiento de grano en Kg/ha, de los arreglos topológicos y su comparación con el testigo del agricultor.

Establecer la tasa marginal de retorno a capital de los arreglos topológicos validados y su comparación con el del agricultor.

Conocer la opinión de los agricultores respecto a los arreglos topológicos validados.

8. HIPÓTESIS

Ha. Al menos uno de los arreglos topológicos de siembra a validar estadísticamente presentara rendimientos de grano superior al utilizado por el agricultor.

9. METODOLOGÍA

9.1. Localidades.

La validación se llevó a cabo en siete municipios del departamento de Huehuetenango, en el occidente del país, como se describe en el cuadro 2.

Cuadro 2. Localidades por municipio.

Municipio	Número de Localidades
Aguacatán	4
San Sebastián Huehuetenango	2
Todos Santos Cuchumatán	7
San Juan Ixcoy	2
Huehuetenango	1
Chiantla	2

Fuente: DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetanango,2,020.

9.2. Diseño experimental.

Parcelas pareadas.

9.3. Modelo estadístico.

$$Y_i = M + B_j + T_i + e_i$$

Donde.

Y_i = Valor observado en la Y iésima unidad experimenta

M = efecto de la media general de los tratamientos

B_h = Efecto del jésimo sitio

Ti= Efecto del *i*ésimo tratamiento

Ei= Efecto del error experimental en la *i*ésima unidad experimental

9.4. Tratamientos.

Opción 1. Arreglo topológico con las siguientes distancias de siembra.

30 cm entre surcos, 30 cm entre posturas y 3 semillas por postura, para una densidad poblacional de 333,333 plantas por hectárea.

Opción 2. Arreglo topológico con las siguientes distancias de siembra 40 cm entre surcos, 30 cm entre posturas y 3 semillas por postura, para una densidad poblacional de 250,000 plantas por hectárea.

Testigo del agricultor. Distancias de siembra y densidad poblacional utilizadas por el productor.

9.5. Unidad experimental.

La dimensión de la parcela de prueba fue de 441 metros cuadrados (21m x 21m) que incluyó las dos opciones validadas y el testigo del agricultor.

9.6. Variables de respuesta.

- Rendimiento Kg/ha
- Costos de producción
- Opinión de los agricultores.

9.7. Análisis de la información.

9.7.1. Estadístico.

- Prueba de t
- Regresión Lineal (Eberhart y Russell).
- Regresión por sitio

9.7.2. Análisis Financiero.

- Registros económicos de producción, para pequeños agricultores (ICTA 2009).
- Presupuesto parcial.

9.7.3. Análisis social.

- Análisis del productor a través de las evaluaciones participativas
- Aceptación de la tecnología.

9.7.4. Identificación de agricultores.

El proyecto se inició con la identificación de agricultores, que cumplieron con las siguientes características:

- Responsable: para el cumplimiento del manejo de la parcela de prueba.
- Capacidad para el aporte de mano de obra, terreno y los insumos desde el inicio del cultivo hasta la cosecha.
- Experiencia en la siembra de los cultivos. (Frijol asocio maíz)
- Terreno representativo de la comunidad o del área
- Se requiere que la parcela de prueba se establezca en el terreno junto al área cultivada por el agricultor con su propia variedad. (Comparar)
- De preferencia que pertenezca a una organización de productores.

9.7.5. Selección de sitios experimentales.

El proyecto de validación se inició con la búsqueda e identificación de agricultores colaboradores y localidades ubicadas en el área geográfica del estudio, se buscaron terrenos adecuados y que cumplieran con las características deseadas por los investigadores, estas actividades se realizaron en conjunto con los equipos de extensión del Ministerio de Agricultura y Alimentación MAGA que conforman los centros de aprendizaje de desarrollo rural CADER's también se coordinó con ONG's, técnicos locales de organizaciones locales y Asociaciones interesadas presentes en cada región bajo estudio del proyecto.

9.7.6. Ubicación.

Cada parcela de prueba se le tomaron los datos de su ubicación en coordenadas geográficas Guatemala Transversal Mercator –GTM-, para su posterior uso de ubicación por municipios y departamentos.

9.7.7. Manejo de la parcela de prueba.

Se manejó de acuerdo a la tecnología empleada por el agricultor a excepción de las dos opciones tecnológicas, arreglos topológicos, que se sometieron a validación.

9.7.8. Días de campo y evaluaciones participativas.

Se realizó un día de campo en la localidad de Aguacatán, Huehuetenango, con el objetivo de dar a conocer a los promotores y agricultores que conozcan las 2 tecnologías empleadas en las parcelas de prueba y su comparación con la que usa el agricultor.

El día de campo y las evaluaciones se realizaron en el mismo evento, para aprovechar los recursos, calendarizando con grupos de agricultores, técnicos extensionistas del MAGA, acorde al desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo, en el sitio experimental. Para la evaluación participativa se diseñó una boleta que permitió recopilar información que los participantes del día de campo le asignaron a cada una de las opciones tecnológicas en estudio de tal forma que permitió al investigador tomar la mejor decisión para la promoción de alguna de ellas.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro tres se presentan los rendimientos en kg/ha, obtenidos de ambos cultivares en cada uno de los sitios de prueba.

- **Localidades**

A continuación, se muestran las localidades en detalle en cuanto a su ubicación geográfica, agricultor, fecha de siembra y altura sobre el nivel del mar.

Cuadro 3. Localidades, ubicación y épocas de siembra de parcelas de prueba.

No.	Agricultor Colaborador	Municipio	Localidad	Fecha de Siembra	Altura	Coordenadas
1	Manuela Hernández	Aguacatán	Ojo de Agua	4/11/2019	2420	N15°21'44.826" W91°20'47.080"
2	Florencia Rodríguez	Aguacatán	Cantón Aguacatán	6/11/2019	1720	N15°20'43.809" W91°19'29.264"
3	Victoriano Mejía	Aguacatán	Ojo de Agua	7/11/2019	2384	N15°21'41.544" W91°20'56.382"
4	Lorenzo Rodríguez	Aguacatán	Cantón Aguacatán	8/11/2019	1777	N15°20'28.633" W91°20'41.127"
5	Alfonso Laínez	San Sebastián H.	Pueblo viejo	9/11/2019	1757	N15°22'40.486" W91°34'23.649"
6	Erminio Bautista	Todos Santos Cuchumatán	Tuipat	9/11/2019	1986	N15°34'05.347" W91°39'36.701"
7	Mateo Vargas	San Juan Ixcoy	Tixap	11/11/2019	2389	N15°36'19.141" W91°24'57.385"
8	Carmen López	Aguacatán	La Barranca	12/11/2019	1932	N15°20'33.488" W91°21'31.766"
9	Marta Lidia López	San Juan Ixcoy	Centro del Pueblo	18/11/2019	2179	N15°36'03.990" W91°26'40.257"
10	Mario Fabián	San Sebastián H.	Sipal	25/11/2019	1915	N15°23'50.341" W91°37'18.889"
11	Rosa Hernández	Huehuetenango	Valle de la Estancia	2/12/2019	1850	N15°17'53.542" W91°21'56.452"
12	Mariano López	Chiantla	Hierba Buena Baja	13/12/2019	2177	N15°23'32.469" W91°30'47.141"
13	Cirilo Lucas	Chiantla	Hierba Buena Baja	16/12/2019	2116	N15°23'25.495" W91°30'55.443"

14	Guadalupe Bautista Velásquez	Todos Santos Cuchumatán	Tuipat	6/01/2020	1976	N15°33'38.253" W91°39'41.696"
15	Faustino Ramírez Pérez	Todos Santos Cuchumatán	Chanjón	6/01/2020	1923	N15°34'52.410" W91°40'49.194"
16	Gerardo Martín Mendoza	Todos Santos Cuchumatán	Tuipat	7/01/2020	2011	N15°33'45.419" W91°39'19.770"
17	Marina Gerónimo Calmo	Todos Santos Cuchumatán	Villa Alicia	7/01/2020	2097	N15°33'27.754" W91°39'01.083"
18	Álvaro Calmo	Todos Santos Cuchumatán	Villa Alicia	8/01/2020	2090	N15°22'29.486" W91°39'23.649"
19	Byron Tello	Todos Santos Cuchumatán.	San Martín	18/01/2020	1986	N15°34'05.347" W91°39'36.701"

Fuente: DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetanango, 2020.

En el cuadro 4 se muestran los rendimientos en kg/ha obtenidos por los arreglos topológicos en validación, como el tratamiento testigo, se observa que cuando se utilizó el arreglo con las distancias de 0.3 m entre surcos y 0.3 m entre plantas, con tres semillas por postura, produjo el más alto rendimiento, con 1,732 kg/ha, seguido del arreglo de 0.4m entre surcos y 0.3 m entre plantas, también con tres semillas por postura, con media de rendimiento de 1,654 kg/ha, en diez de los quince casos (66%) o parcelas de prueba llevadas a cosecha. Para el caso de las distancias de siembra puestas en práctica por los agricultores, obtuvo en promedio 1,385 kg/ha. Es importante comentar que en relación al rendimiento medio de la temporada 2,018-2,019, que se produjo en las parcelas de prueba del cultivar ICTA Hunapú Precoz, de 1,822 kg/ha, hay una merma de 90 y 168 kg/ha, con respecto a las opciones en validación, respectivamente, probablemente derivadas de lluvias ocurridas fuera de época en el período de verano y temperaturas muy bajas ocurridas en el ciclo del cultivo.

Por otra parte es oportuno resaltar, que con la utilización de cualquiera de las densidades poblacionales validadas, se supera ampliamente el promedio regional de rendimiento, que es de 660 kg/ha y al testigo del agricultor en 347 y 269 kg/ha respectivamente, es decir, entre el 41 y 52% más que la media, que en términos prácticos, el agricultor va a tener disponibilidad de este grano para alimentar mejor a su familia por más tiempo, mejorar el nivel de consumo o generar un excedente para la venta.

Cuadro 4. Medias de rendimiento de grano en kg/ha de frijol, arreglos topológicos validados y testigo.

		TRATAMIENTOS		
		30*30	Testigo	40*30
No.	Agricultor Colaborador	kg/ha	kg/ha	kg/ha
1	Manuela Hernández	1046	710	1051
2	Florencia Rodríguez	1054	788	927
3	Lorenzo Rodríguez	1308	860	1260
4	Alfonso Laínez	2634	2320	2471
5	Erminio Bautista	1875	1574	1352
6	Carmen López	1115	624	1322
7	Mario Fabián	2167	2129	2224
8	Mariano López	1424	1233	1463
9	Cirilo Lucas	1310	975	1011
10	Guadalupe Bautista Velásquez	2110	2079	2222
11	Faustino Ramírez Pérez	972	575	639
12	Gerardo Martín Mendoza	2340	1181	2365
13	Marina Gerónimo Calmo	2081	2033	2120
14	Álvaro Calmo	2180	1949	2102
15	Byron Tello	2367	1739	2280
Media de rendimiento		1732	1385	1654

Fuente: DVTT, CIALO, ICTA Huehuetenango, 2019

11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Las medias de rendimiento, se sometieron a un análisis estadístico, para establecer las diferencias que pudiera haber desde ese enfoque, cuyos resultados se pueden apreciar en los cuadros 5, 6 y 7, análisis basados en el análisis de la varianza y prueba de medias, con base en un diseño experimental de bloques completos al azar y una prueba de t para muestras pareadas. Se observa que al hacer las comparaciones entre las opciones validadas y el testigo y entre ellas, en ambos análisis, se encontró que al comparar el arreglo topológico de 0.3 m entre surcos * 0.3 m entre posturas, con tres semillas 333,333 plantas por hectárea, contra el de 0.4 m entre surcos * 0.3 m entre posturas, con tres semillas, 250,000 plantas por hectárea, no se encontró diferencia estadística significativa entre los rendimientos promedio de cada una de ellos. Por otro lado, al comparar cada uno de los arreglos topológicos mencionados, contra el testigo del agricultor, se encontró para ambos casos, diferencia estadística altamente significativa entre las medias de rendimiento.

Cuadro 5. Análisis de varianza

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	15261237.69	16	953827.36	25.14	<0.0001
Bloque	14263778.31	14	1018841.31	26.85	<0.0001
Tratamiento	997459.38	2	498729.69	13.14	0.0001
Error	1062428.62	28	37943.88		
<u>Total</u>	<u>16323666.31</u>	<u>44</u>			

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
<u>Rend. (kg/ha)</u>	<u>45</u>	<u>0.93</u>	<u>0.90</u>	<u>12.25</u>

Cuadro 6. Prueba de medias.

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=145.69894

Error: 37943.8794 gl: 28

Tratamiento Medias n E.E.

T1 (30*30) 1732.20 15 50.30 A

T2 (30*40) 1653.93 15 50.30 A

Testigo 1384.60 15 50.30 B

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

Fuente. DVTT, ICTA CIALO, Huehuetenango, 2020.

Cuadro 7. Prueba de T

<u>Obs(1)</u>	<u>Obs(2)</u>	<u>N</u>	<u>media(dif)</u>	<u>Media(1)</u>	<u>Media(2)</u>	<u>DE(dif)</u>	<u>LI(95%)</u>	<u>LS(95%)</u>	<u>T</u>	<u>Bilateral</u>
Trat 1 (30*30)	Trat 2 (43*41)	15	78.27	1732.20	1653.93	189.53	-26.69	183.23	1.60	
									0.1321	
Trat 1 (30*30)	Testigo	15	347.60	1732.20	1384.60	280.85	192.07	503.13	4.79	
									0.0003	
Trat 2 (30*40)	Testigo	15	269.33	1653.93	1384.60	335.95	83.29	455.38	3.11	0.0078

Fuente: DVTT, CIALO, ICTA Huehuetenango, 2019

6.2 Curvas Estudentizadas.

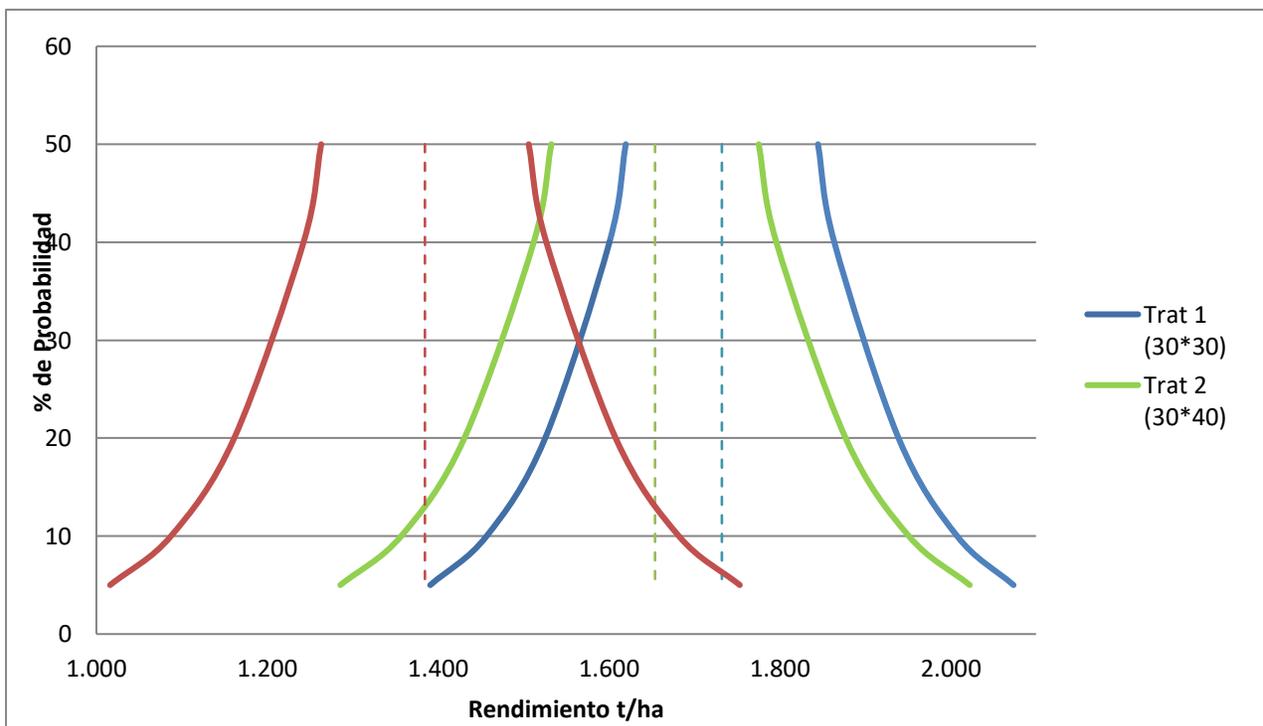
El análisis estadístico se complementa con las curvas estudentizadas y de estabilidad, tanto para las opciones validadas, como para el testigo del agricultor. En el primero de los casos, se observa en la figura 1, que ilustra desde ese enfoque la dispersión de los rendimientos obtenidos en cada sitio o localidad por cada tratamiento, en relación a sus respectivas medias, lo cual se interpreta como el riesgo que representa para el agricultor utilizar una u otra opción tecnológica, en este sentido se establece que una opción tecnológica que presente una dispersión de sus valores observados muy amplia, será de mayor riesgo utilizarla, en tal virtud, el arreglo topológico representado por las

distancias de siembra de 0.3 m *0.3 m, es el que presentó la menor dispersión o desviación estándar, sin embargo muy parecida a las de las otras dos opciones.

7. Análisis de estabilidad dinámica.

Esta aseveración del párrafo anterior, correlaciona con el análisis de estabilidad, que se muestra en la figura 2, ya que presenta una condición de ser más estable a través de todos los sitios en estudio, seguida muy de cerca por la otra opción validada de 0.4 m entre surcos por 0.3 m entre plantas, con tres semilla, también es importante acotar que ambas opciones de distancias de siembra, están por arriba del valor medio o vector medio, lo cual es una condición que puede revestir mucha importancia en la aceptación de alguna de ellas, por parte de los agricultores.

Figura 1. Curvas estudentizadas.



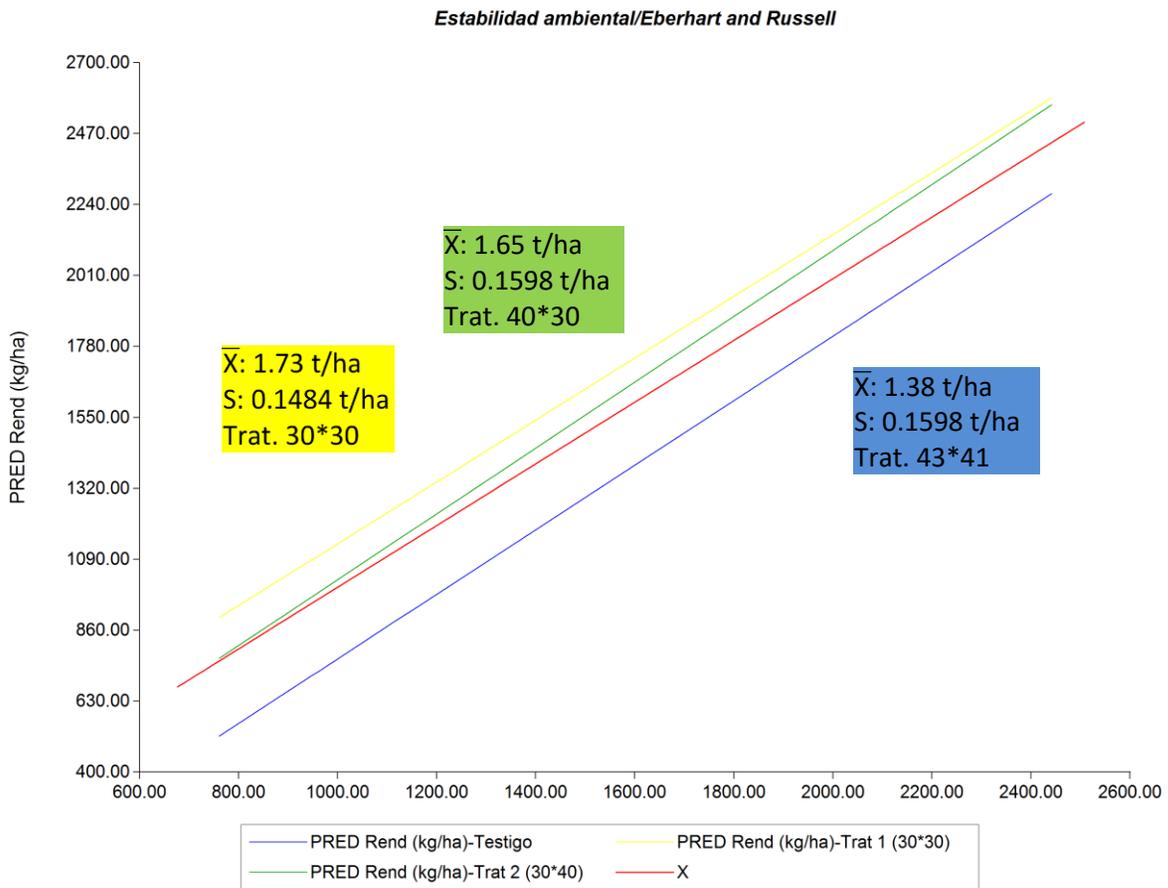
Cuadro 8. Estadísticos de las curvas estudentizadas.

Promedio (t/ha)		
Trat 1 (30*30)	Trat 2 (40*30)	Testigo
1.73	1.65	1.38

Error Estándar de la Media (EEM)		
Trat 1 (30*30)	Trat 2 (30*40)	Testigo
0.1480	0.1598	0.1598

Fuente. DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetenango, 2,020

Figura 2. Curvas de estabilidad de las opciones validadas y el testigo.



Fuente. DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetenango, 2,020

7.1 Análisis financiero.

Este análisis se presenta en el siguiente cuadro, a través de la técnica de presupuesto parcial, que en su metodología de cálculo de los indicadores financieros, considera únicamente los costos variables y para este caso en particular los costos que variaron en función de la aplicación de los opciones tecnológicas, fueron los concernientes a la semilla y jornales necesarios para operativizar cada arreglo topológico, para el efecto también se calcularon los precios de campo de los insumos y rendimientos ajustados de cada opción tecnológica.

En este sentido, el análisis muestra que el arreglo topológico de 0.4 m entre surcos, 0.3 m entre plantas, con 3 semillas por postura, para una densidad poblacional de 250,000 plantas por hectárea, reportó la más alta Tasa Marginal de Retorno a Capital, con 8.91 unidades monetarias de ingreso por cada unidad invertida, lo cual la hace bastante atractiva para el productor para tomar la decisión de cambiar de su manejo de la densidad poblacional a esta que se validó en este estudio.

Cuadro. 9 Análisis de Presupuesto Parcial

TRAMIENTO	media de rendimiento (Kg/ha)	factor de ajuste	Rendimiento ajustado	(Q) Beneficios brutos en campo	CVT (Q)	IN (Q)	CAMBIO INGRESO NETO	CAMBIO COSTO VARIABLE	TMRC
30*30	1732	0.9	1558.8	19052	6283.05	12,768.95			
TESTIGO	1385	0.9	1246.5	15235	4852.72	10,382.28	2,386.67	1,430.33	1.67
40*30	1654	0.9	1488.6	18194	5151.29	13,042.71			
TESTIGO	1385	0.9	1246.5	15235	4852.72	10,382.28	2,660.43	298.57	8.91

Fuente. DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetenango, 2020

Precio del jornal Q 50.00

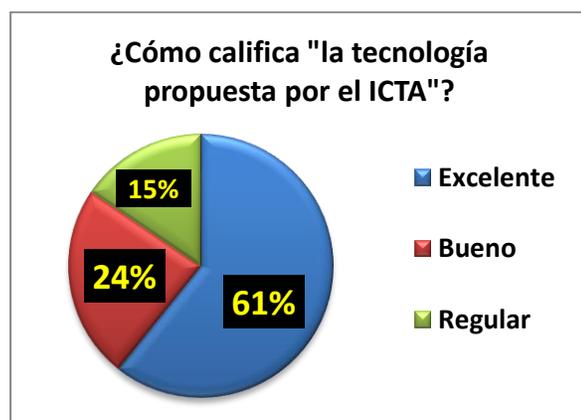
Precio de venta de grano comercial Q 11.00/kg.

Fuente: DVTT, CIALO, ICTA Huehuetenango., 2,019

7.2 Opinión de agricultores colaboradores

En cuanto a la parte social, del estudio, se recabó información a través de la boleta que aparece en el anexo 1, mediante entrevistas con agricultores colaboradores y un día de campo que se efectuó en el Municipio de Aguacatán, éste fue el único que se realizó, de los tres programados, por la entrada en vigencia de las restricciones sanitarias impuestas por el Estado de Guatemala, derivadas de la llegada al país del SARS-CoV 2. Los resultados obtenidos de esta información se observan y discuten por medio de las figuras 3 a la 12.

Figura 1. Calificación de la tecnología.



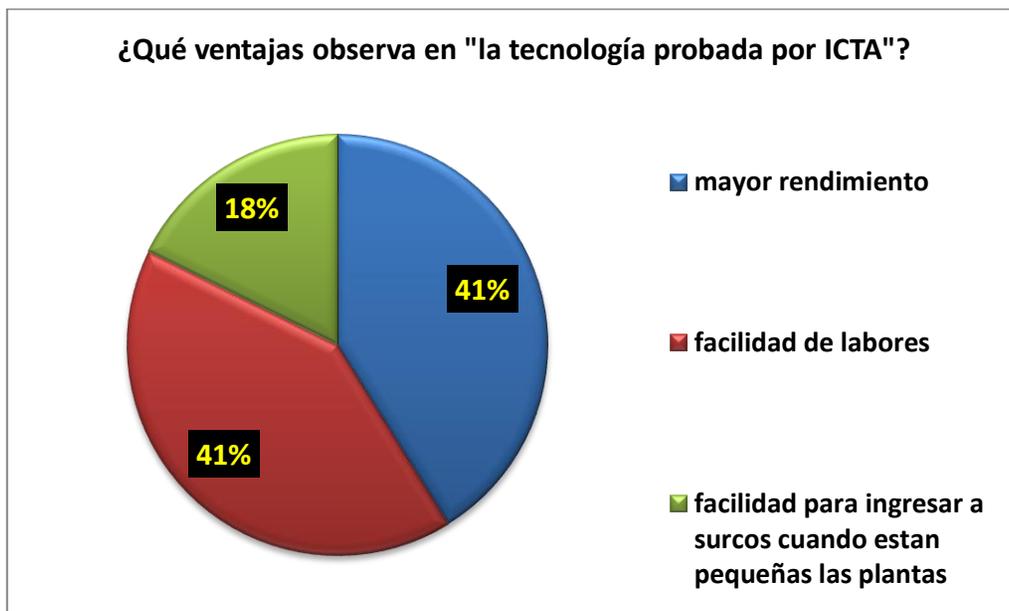
En la figura 3 se observa la opinión de los colaboradores respecto a la calificación de la tecnología; en cuanto a las distancias de siembra de las opciones validadas y el testigo, en este sentido el 61% lo califico como excelente el tratamiento de 40*30, 24% bueno el distanciamiento del tratamiento 30*30 y el 15 % regular en el tratamiento de 30*30, lo cual indica que al menos tres agricultores en términos generales no observaron mayor rendimiento con el primer tratamiento de 30*30.

Figura 4. Problemas o desventajas de la tecnología validada



En cuanto a la pregunta de problemas observados por los agricultores en la diferenciación de las distancias de siembra de los tratamientos validados y del testigo, las respuestas se observan en la figura 4, el 75% de colaboradores afirmó haber encontrado problemas en limpiezas, aplicación de producto de protección y pérdida de grano por pudrición o nacencia, en el arreglo topológico con 333,333 pl/ha, sin embargo, el 25% asevero no haber percibido algunos problemas,

Figura 2. Ventajas de la tecnología validada



En cuanto a la figura 5, que da respuesta a la pregunta sobre las ventajas observadas por los tratamientos validados, entre los aspectos valorados por los agricultores colaboradores, resaltan las de mayor rendimiento y facilidad de laboreo, con un 41% cada uno y también que permite el ingreso para aplicar algún producto de protección o fertilizante foliar, éstas son en referencia al arreglo topológico de 0.4 m entre surcos y 0.3 m entre posturas.

En la gráfica siguiente se muestran las desventajas que se presentaron las tecnologías aplicadas con los agricultores y que fueron predominantes: la filtración de luz solar fue observada por los agricultores; el grano cosechado fue más pequeño a comparación del otro tratamiento, sin embargo, fue bien aceptado en el incremento de cosecha. Por último, se observaron el incremento de presencia de mosca blanca, y mildiu polvoriento en el estado reproductivo de las plantas, por la saturación y conservación de agua de lluvia. Estas opiniones están referidas al arreglo topológico con más alta densidad poblacional de 333,333 plantas por hectárea, que corresponde al arreglo topológico de 0.3 m entre surcos, 0.3 m entre plantas y tres semillas por postura.

Figura 6. Desventajas observadas.

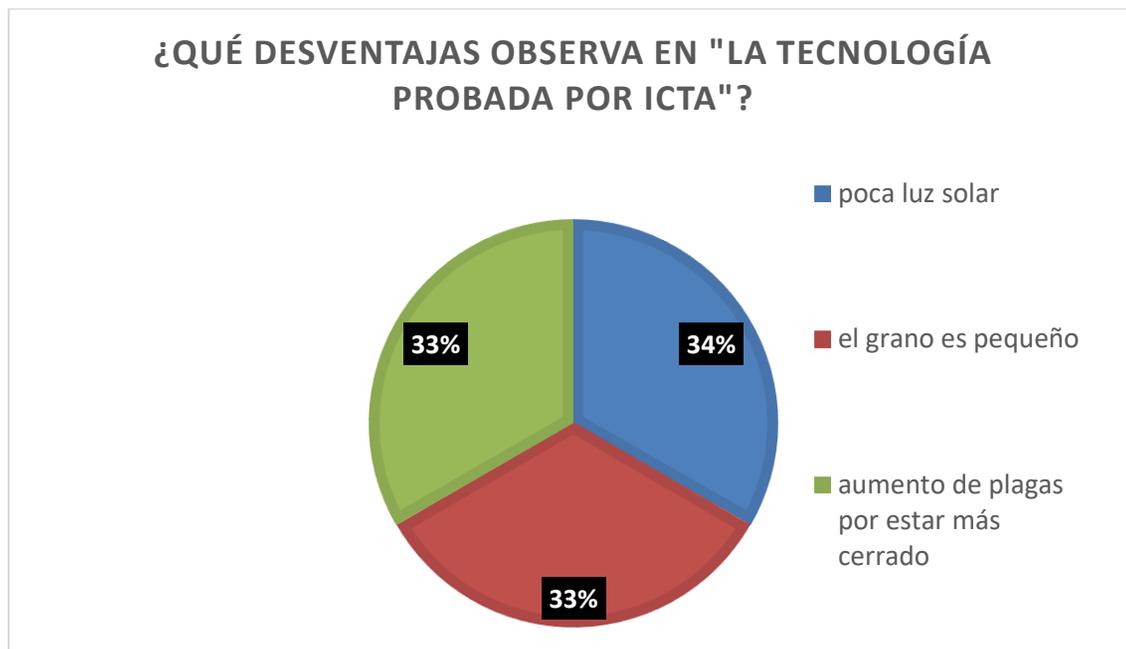
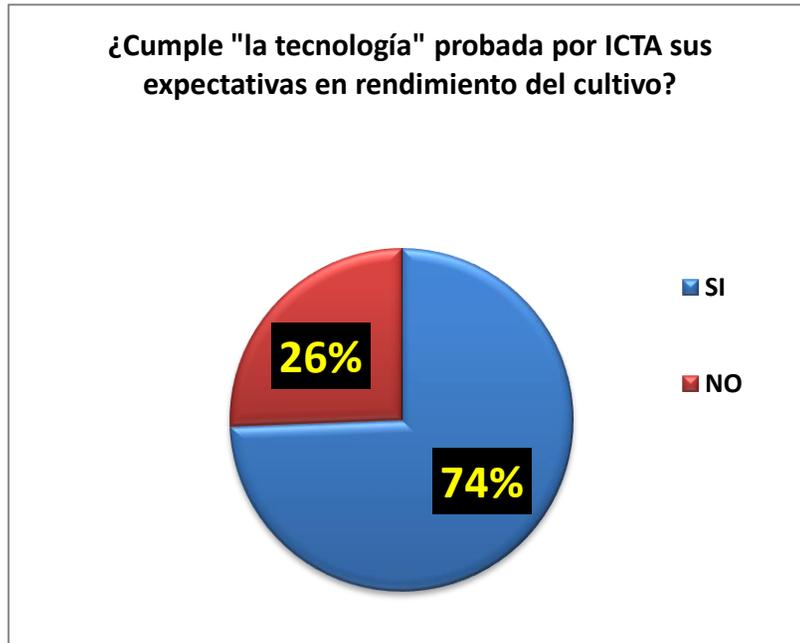
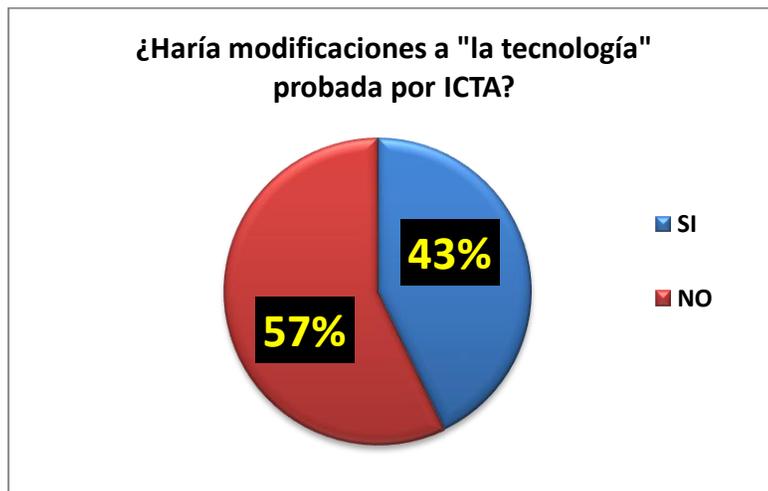


Figura 7. Cumplimiento de las expectativas de la tecnología validada



En relación a la toma de opinión de cumplimiento o satisfacción de las expectativas de los agricultores con los tratamientos validados expresándose que el 74 % respondió que sí a la aceptación lo cual se refiere a la opción de distancias de siembra de 0.4 m entre surcos por 0.3 m entre plantas, con tres semillas y el 26 % respondió que no, en cuanto al no cumplimiento con las respuestas a problemas derivados de las bajas temperaturas, falta del suministro de agua en épocas críticas por averías que sufrieron los sistemas de riego.

Figura 8. Modificaciones a la tecnología probada por el ICTA

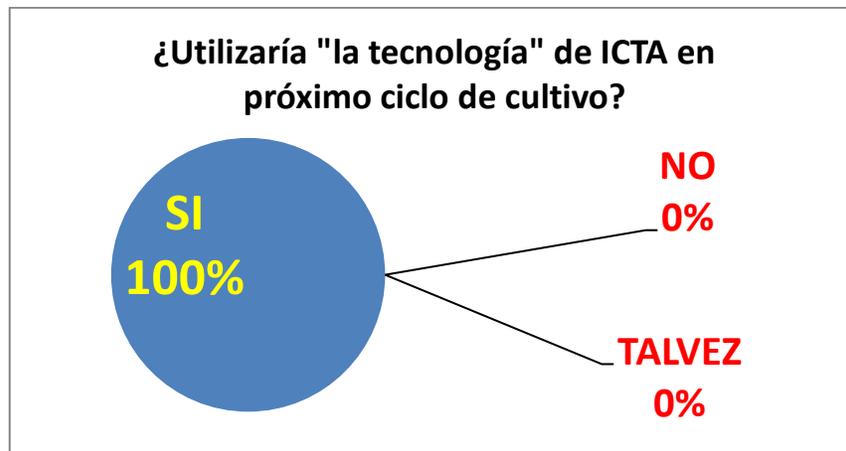


En cuanto a las preguntas 8 y 11 de la boleta de opinión del agricultor, cuyas respuestas se muestran en las figuras 8 y 11 también, que se refieren a modificaciones, observaciones o sugerencias que se podrían hacer a la tecnología en validación, más del 57 % sugirieron acciones para mejorar situaciones que están más en el ámbito externo o extrínsecos de los tratamientos, tales como definir épocas adecuadas de siembra mejorar los sistemas de riego.

Figura 9. Recomendación de la tecnología probada, a otro agricultor



Figura 10. Utilización de la tecnología del ICTA en el próximo ciclo de cultivo



En cuanto a las preguntas 9 y 10 de la boleta, manifestaron que si estaría dispuesto a recomendar a otros agricultores la opción tecnológica de 0.4 m entre surcos y 0.3 m entre plantas, con tres semillas y la otra opción la recomendarían siempre y cuando el agricultor esté en posibilidades de aplicar un herbicida preemergente. En cuanto a la perspectiva de utilización de una de las opciones tecnológicas validada, el 100 % de colaboradores expresaron que si utilizaran la tecnología en el ciclo de cultivo siguiente. Haciendo referencia del arreglo con 250,000 plantas por hectárea.

Figura 11. Observaciones a la tecnología validada por el ICTA

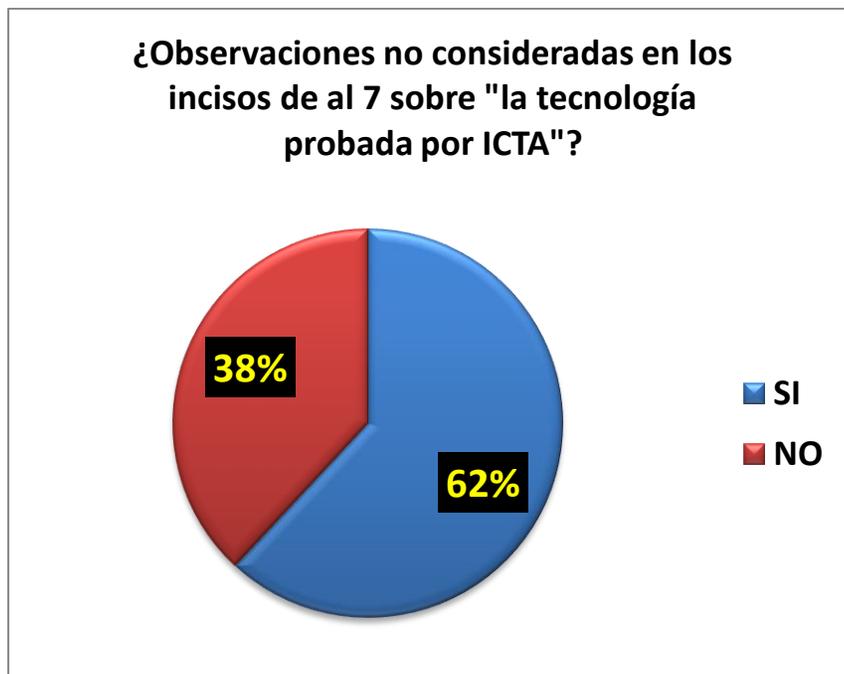


Figura 12. Diferencia entre los tratamientos de la tecnología validada por el ICTA



Un aspecto relevante y muy valorado en este estudio en validación, fue el incremento de rendimiento en comparación con el testigo, ya que en mayor área mayor número de plantas, este detalle se sometió a la apreciación de los productores, quienes respondieron que si lo habían observado y que apreciaron el desempeño del cultivar con los arreglos topológicos validados, que se ilustra en la figura 12 con una respuesta afirmativa del 100 % de los casos.

En términos generales, con base a lo observado y expuestos por los agricultores, se puede decir que existe aceptación del arreglo topológico que hace uso de 0.4 m entre surcos, 0.3 m entre plantas y tres semillas por postura, que puede convertirse en un buen aporte para mejorar la productividad del cultivo de frijol y eficiencia de los sistemas agrícolas propios de los agricultores, de la región donde se realizó el estudio.

12. CONCLUSIONES.

- Los arreglos topológicos validados en parcelas de prueba, produjeron rendimientos de grano estadísticamente iguales.
- Los dos arreglos topológicos bajo estudio, superaron en rendimiento al testigo, cuyo diferencial estadístico es altamente significativo.
- El arreglo topológico con 250,000 plantas por hectárea, produjo la mejor Tasa Marginal de Retorno a Capital con 8.21 unidades monetarias.
- El arreglo topológico de 250,000 plantas por hectárea mostro la mayor preferencia por parte de los agricultores colaboradores.

13. RECOMENDACIONES.

- En la promoción y transferencia de tecnología agrícola sobre distancias de siembra, con este cultivar y bajo el sistema de riego prevaleciente, recomendar el arreglo topológico de 0.4 m entre surcos, 0.3 m entre plantas, con tres semillas por postura.
- Complementar esta recomendación con estudios de nutrición balanceada, acordes a los suelos de la Región.
- Considerando lo aseverado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, que en los próximos veinte años, se deberán de aumentar significativamente los rendimientos por unidad de área de los cultivos, especialmente los relacionados con la alimentación, se recomienda a los programas de Fitomejoramiento e Investigación del ICTA, desarrollar estudios de evaluación de saltas densidades poblacionales de sus materiales genéticos, vinculados a otras prácticas de manejo agronómico, especialmente lo que se refiere a la nutrición mineral, pero no solo macro y micronutrientes, sino que también otros compuestos que participan en este proceso, tales como, la rizobiota, aminoácidos, polisacáridos y otros.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Gonzales, M. (2016). Identificación de puntos críticos y temas para la formulación de proyectos de investigación en la Agro-cadena de frijol, Occidente, Guatemala.
- ✓ ICTA. (Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas). (1981). Guía Técnica para Investigación Agrícola. Guatemala. 50 p.
- ✓ ICTA (Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas). (2010). Manual Técnico Agrícola, Producción comercial y de semilla de Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L). Quetzaltenango, Guatemala.
- ✓ INE. (Instituto Nacional de Estadística) (2004). IV Censo Nacional Agropecuario de la República de Guatemala. Número de fincas censales y superficie cosechada de cultivos anuales. Tomo II.
- ✓ MAGA/DIPLAN. (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación/Dirección de Planificación) (2015). Informe Situación del Frijol. Guatemala. 75 p.
- ✓ Pedroza, H. (2007). Enfoque integrado de investigación y extensión en sistemas agropecuarios, enfoque IESA, Managua, Nicaragua. 138 p.
- ✓ SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia) (2011). Dirección de planificación territorial, plan de desarrollo departamental de Huehuetenango. 145p.

15. ANEXOS

7.3 Boleta de evaluación

Evaluación de parcelas de prueba de tecnología del cultivar ICTA Hunapú Precoz, para el altiplano Huehuetenango y San Marcos, abril y mayo 2019.

Nombre y apellidos: _____ Fecha: _____

Localidad: _____

INSTRUCCIONES. Observe las diferentes clases de frijol que se presenta ante usted e indique el carácter de agradable o desagradable en la escala, marcando una X.

CULTIVAR	NO ME GUSTA	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME GUSTA
Testigo local	 NO ME GUSTA ME GUSTA NI ME DISGUSTA	 NI ME GUSTA	 ME GUSTA
Hunapú precoz	 NO ME GUSTA DISGUSTA	 NI ME GUSTA NI ME ME GUSTA	 ME GUSTA

7.4 Boleta de participación de colaboradores

	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS		Fecha					
			Día	Mes	Año			
Departamento	Municipio	Localización						
Nombre del Agricultor	Tecnología probada	Latitud			Longitud			
		Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos	
Responsable	Centro de Investigación							

1	¿Cómo califica "la tecnología propuesta por ICTA?"	Excelente	Observaciones
		Bueno	
		Regular	
		Malo	
		Muy malo	
2	¿Qué problemas o desventajas presentó para usted "la tecnología" probada en su sistema de cultivo?		
3	¿Qué ventajas observa en "la tecnología probada por ICTA?"		
4	¿Cumple "la tecnología" probada por ICTA sus expectativas en rendimiento del cultivo?	Sí	
		No	
	¿Por qué?		
5	¿Haría modificaciones a "la tecnología" probada por ICTA	Sí	
		No	
	¿Por qué?		
6	¿Le recomendaría "la tecnología" probada a otro productor?	Sí	
		No	
	¿Por qué?		
7	¿Utilizaré "la tecnología" de ICTA en su próximo ciclo de cultivo	Sí	
		No	
		Talvez	
	Observaciones		
8	Observaciones no consideradas en los incisos del 1 al 7 sobre "la tecnología" probada por ICTA		

7.5 Resumen de valores de análisis de suelo respectivas a las parcelas de prueba

				INDICADORES DE LA FERTILIDAD DEL SUELO										
MUESTRA	MUNICIPIO	LOCALIDAD	AGRICULTOR COLABORADOR	pH	%	pp	Meq/10	Meq/10	Meq/10	Meq/10	pp	Pp	pp	pp
						m	0g	0g	0g	0g	m	m	m	m
				M.O.	M.	P	K	Mg	Ca	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
1	Aguacatán	Ojo de Agua	Manuela Hernández	8.4								N/		
				3	2.26	2	0.7	0.7	9.3	0.1	0.1	D	2.2	D
2	Aguacatán	Cantón Aguacatán	Florencia Rodríguez	5.9	16.0							N/		
				2	3	2.5	0.5	0.1	1.3	0.1	9.3	D	5.7	2.5
3	Aguacatán	Ojo de Agua	Victoriano Mejía			25.						15.	N/	49.
				5.6	3.28	5	1.3	0.1	1.1	0.05	7	D	5	D
4	Aguacatán	Cantón Aguacatán	Lorenzo Rodríguez	6.2								N/	14.	
				9	2.94	4	0.7	0.3	2.8	0.04	2	D	2	0.1
5	San Sebastián H.	Pueblo viejo	Alfonso Laínez	7.5								N/	14.	N/
				7	2.38	3	0.6	0.5	4.1	0.1	0.5	D	9	D
6	Todos Santos Cuchumatán	Tuipat	Erminio Bautista	5.5		13.						11.	N/	12.
				1	2.98	5	2.9	0.1	1.7	0.05	1	D	7	0.5
7	San Juan Ixcoy	Tixap	Mateo Vargas	5.4	19.1							11.	N/	11.
				4	9	26	1.9	0.1	1.5	0.1	4	D	4	D

8	Aguacatán	La Barranca	Carmen López	5.2 9	12.5 8	2	1.1	0.02	0.6	0.1	12	N/ D	7.3	N/ D
9	San Juan Ixcoy	Centro del Pueblo	Marta Lidia López	5.6 7		5	2.5	0.2	3.4	0.1	4.3	N/ D	26. 3	N/ 6.7
10	San Sebastián H.	Sipal	Mario Fabián	4.5	6.1	5	0.9	0.1	0.5	0.1	18. 4	N/ D	9.8	N/ D
11	Huehuetena ngo	Valle de la Estancia	Rosa Hernández	4.5 2		22. 5	0.9	0.1	1	0.1	22. 5	N/ D	19. 5	N/ 0.4
12	Chiantla	Hierba Buena Baja	Mariano López	4.8 6	15.5 8	2	2.1	0.1	1	0.1	30. 7	N/ D	5.8	N/ D
13	Chiantla	Hierba Buena Baja	Cirilo Lucas	7.6 6		17	0.7	0.1	0.7	0.1	0.3	N/ D	7.9	N/ D
14	Todos Santos Cuchumatán	Tuipat	Guadalupe Bautista Velásquez	7.9 6		50	0.7	0.3	6	0.1	4.4	N/ D	28. 3	N/ 9.2
15	Todos Santos Cuchumatán	Chanjón	Faustino Ramírez Pérez	7.2 6		40	0.3	0.2	1.7	0.1	17. 4		37. 7	16. 2
16	Todos Santos Cuchumatán	Tuipat	Gerardo Martín Mendoza	5.6 7	13.8 6	5	1.9	0.2	2.3	0.1	10. 7		6	12. 9

17	Todos Santos Cuchumatán	Villa Alicia	Marina Gerónimo Calmo	5.0	12.1												13.	
				1	2	2	1.7	.		1	0.1	5.8	0.6				5	1.4
18	Todos Santos Cuchumatán	Villa Alicia	Álvaro Calmo	7.6													37.	
				9	1.86	30	0.5	0.2	4.1	0.1	1.8	0.6					2	2.3
19	Todos Santos Cuchumatán	San Martín	Byron Tello															

Fuente: DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetanango, 2020.

7.6 Resumen de costos variables totales por tratamiento.

30-30	C.V.T.			
insumos y jornales	cantidad Kg/ha	Jornales/ Ha	precio unitario (Q)	costo (Q)
semilla	27.78		17.82	Q 495.05
M.O Siembra		28.94	50	Q 1,447.00
M.O. fertilizar		28.94	50	Q 1,447
M.O. cosecha		57.88	50	Q 2,894
TOTAL				6283.05

Fuente: DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetanango,2,020.

40*30	C.V.T			
insumos y jornales	cantidad Kg/ha	Jornales/ Ha	precio unitario (Q)	costo (Q)
semilla	20.83		17.82	Q 371.29
M.O Siembra		23.90	50	Q 1,195.00
M.O. fertilizar		23.90	50	Q 1,195
M.O. cosecha		47.80	50	Q 2,390
TOTAL				5151.29

Fuente: DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetanango,2,020.

TESTIGO	C.V.T			
insumos y jornales	cantidad Kg/ha	Jornales/ Ha	precio unitario (Q)	costo (Q)
semilla	14.1803744		17.82	Q 252.72
M.O. Siembra		23.00	50	Q 1,150.00
M.O. fertilizar		23.00	50	Q 1,150
M.O. cosecha		46.00	50	Q 2,300
TOTAL				4852.72

Fuente: DVTT, ICTA, CIALO, Huehuetanango, 2020.



MINISTERIO DE
AGRICULTURA,
GANADERÍA
Y ALIMENTACIÓN



Programa de consorcios de Investigación Agropecuaria