



Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria



CONSORCIOS REGIONALES DE INVESTIGACION AGROPECUARIA

– CRIA –

CADENA DE MAÍZ REGIÓN ORIENTE

**VALIDACION DE DOS TECNOLOGÍAS DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA
PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION DEL MAÍZ EN ÁREAS CON
SISTEMA MILPA, EN LA REGIÓN CHORTÍ DEL DEPARTAMENTO DE
CHIQUMULA**

Ing. Agr. Reynelio Donel Villela Jiménez

Ph.D. Eduardo René Solís Fong

Danny Alexis Valdés Guerra

Chiquimula, febrero 2023

“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”.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	5
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCION	8
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 La agricultura convencional o tradicional	9
2.2 La agricultura familiar	9
2.3 El sistema milpa	10
2.4 Impacto del cambio climático en la agricultura	10
2.5 La cosecha de agua de lluvia como medida de adaptación	11
2.6 La conservación de suelos y agua y la cosecha de agua	12
2.6.1 Acequias de ladera o zanjas a nivel	13
2.6.2 Barreras vivas	14
3. OBJETIVOS	15
3.1 General	15
3.2 Específicos	15
4. HIPÓTESIS	16
5. METODOLOGÍA	16
5.1 Tecnologías de cosecha de agua a evaluar	16
5.2 Localidad y época de establecimiento	17
5.3 Diseño Experimental	18
5.4 Modelo estadístico	18
5.5 Tamaño de la unidad experimental	19
5.6 Variable respuesta	20
5.7 Análisis de la información	21
5.8 Manejo del experimento	21
6. RESULTADO Y DISCUSIÓN	23
6.1 Rendimiento en Kg/Ha.	23
6.2 Análisis de satisfacción y aceptabilidad.	28
a. Nivel de Satisfacción en el uso de las tecnologías	28
b. Nivel de Cumplimiento de expectativas por el incremento de humedad en la parcela	29
c. Nivel de Cumplimiento de expectativas por el incremento de rendimiento en grano del cultivo de maíz	30
d. Uso de la Tecnología en el próximo ciclo de cultivo	31
e. Recomendaría usar la tecnología a otro productor	32

f. Ventajas y desventajas en el uso de las tecnologías	33
g. Jornales para el establecimiento de las tecnologías.	34
6.3 Análisis e interpretación de los resultados de análisis de suelos.	35
a. Clase Textural	35
b. pH de los suelos.	36
c. Materia orgánica	35
d. Elementos mayores	37
7. CONCLUSIONES	38
8. RECOMENDACIONES	39
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
10. ANEXOS	43

ACRÓNIMOS

CRIA	Consortios Regionales de Investigación Agropecuaria
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
USAC	Universidad San Carlos de Guatemala
CUNORI	Centro Universitario de Oriente
JICA	Agencia de Cooperación Internacional de Japón

**VALIDACION DE DOS TECNOLOGÍAS DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA
PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION DEL MAÍZ EN ÁREAS CON
SISTEMA MILPA, EN LA REGIÓN CHORTÍ DEL DEPARTAMENTO DE
CHIQUIMULA, 2022.**

RESUMEN EJECUTIVO

El maíz (*Zea mays*) es el grano básico de mayor consumo en el país, en la región Chortí comprendida dentro del corredor seco del país es considerado como un cultivo de importancia para la alimentación familiar. Sin embargo, la producción de maíz se ha vulnerado en los últimos años, debido al poco acceso a la tecnología, áreas degradadas, con bajos niveles de fertilidad y fuertes pendientes, áreas con bajos niveles de humedad en el suelo producto de la poca precipitación, son algunas de las causas que podemos mencionar que han afectado el potencial de rendimiento

Para la investigación se utilizaron dos tecnologías para la cosecha de agua en el suelo, estas tecnologías han sido utilizadas por la FAO, JICA, como alternativas para la cosecha de agua en el suelo. Las parcelas de validación de estas tecnologías se realizaron en las localidades de San Juan Ermita, Jocotán y Camotán, en un total de 20 comunidades distribuidas en las tres localidades, para determinar el incremento del rendimiento de maíz.

Dentro de los objetivos que busca el proyecto de validación es identificar la tecnología de cosecha de agua, zanjas de infiltración y barreras vivas (sorgo), que mejore la humedad del suelo y que contribuya en el rendimiento del cultivo de maíz. Ambas tecnologías se validaron en las parcelas de los agricultores con sistema milpa, consistente en una tarea para cada una.

Para la variable rendimiento existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de acuerdo a la prueba T, siendo el tratamiento 3 “Zanjas de Infiltración” con un rendimiento de 2,826.32 kg/Ha, superior a las barreras vivas y

sistema milpa tradicional, con rendimientos de 2,351.03 y 2,218.99 kg/Ha, respectivamente.

Los resultados del análisis estadístico indican las zanjas de infiltración muestran una significancia superior a las barreras vivas y el sistema convencional del agricultor en cuanto al rendimiento. Además, los productores locales que apoyaron al proyecto manifestaron un alto nivel de satisfacción y aceptabilidad, por lo que piensan seguir utilizando y recomendar la tecnología generado por el Programa CRIA en la región oriente.

VALIDATION OF TWO RAINWATER HARVESTING TECHNOLOGIES FOR INCREASING CORN PRODUCTION IN AREAS WITH MILPA SYSTEM, IN THE CHORTÍ REGION OF THE DEPARTMENT OF CHIQUIMULA, 2022.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays*) is the staple grain with the highest consumption in the country. For the Chortí region included within the dry corridor of the country, it is considered an important crop for family nutrition. However, corn production has been compromised in recent years, due to poor access to technology, degraded areas with low fertility levels and steep slopes, areas with low levels of soil moisture as a result of low rainfall, are some of the causes that we can mention that have affected the performance potential.

For the investigation three technologies were used for the harvest of water in the soil, these technologies have been used by the FAO, JICA, as alternatives for the harvest of water in the soil. The validation plots of these technologies were carried out in the towns of San Juan Ermita, Jocotán and Camotán, in a total of 09 communities distributed in the three municipalities, to determine the increase in corn yield.

Among the objectives sought by the validation project is to identify the technology for water harvesting, infiltration ditches and live barriers (sorghum), which improves soil moisture and contributes to the yield of the corn crop. Both technologies were validated in the plots of the farmers with the milpa system, consisting of a task for each one.

For the yield variable, there are statistically significant differences between treatments according to the T test, treatment 3 being "Infiltration Ditches" with a yield of 2,826.32 kg/Ha, higher than live barriers and the traditional milpa system, with yields of 2,351.03 and 2,218.99 kg/Ha, respectively.

The results of the statistical analysis indicate that the infiltration trenches show a higher significance than the live barriers and the conventional system of the farmer in terms of yield. In addition, the local producers who supported the project expressed a high level of satisfaction and acceptability, which is why they plan to continue using and recommending the technology generated by the CRIA Program in the eastern region.

1. INTRODUCCION

Ing. Agr. Reynelio Donel Villela Jiménez¹

M.Sc. Eduardo René Solís Fong²

Danny Alexis Valdés Guerra³

Según el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas – ICTA - de Guatemala, el maíz (*Zea mays*) es el grano básico de mayor consumo en el país, aunque es considerado un cultivo marginal, de importancia “social” más que económica, con limitado acceso a innovación tecnológica, producido en áreas marginales y de baja productividad, se realiza a través de diferentes sistemas de producción que involucra épocas de siembra y sistemas de siembra que incluye la práctica de asociar e intercalar con otros cultivos donde el mayor porcentaje de siembra (>80%) se establece en función del período de lluvia, incidiendo negativamente en el potencial de rendimiento del cultivo (ICTA).

En las zonas de secano, la disponibilidad de agua es el factor más limitante en el establecimiento y desarrollo de cualquier especie vegetal y el suelo por su alto nivel de degradación, no permite la acumulación de agua para que esté disponible por ello toma fuerza la idea acumular el agua, o extraer el máximo posible mediante diversos tipos de captaciones (ICTA).

Por lo descrito anteriormente, en el presente informe sobre la Validación de dos tecnologías de cosecha de agua de lluvia para el incremento de la producción del maíz con sistema milpa, en la región Chortí del departamento de Chiquimula, se hace una descripción metodológica donde se evaluarán dos tecnologías adaptables a la región donde se establecerá el estudio. Estas consisten en una tecnología agronómica y una mecánica de conservación de suelos.

¹ Investigador Principal

² Investigador Asociado

³ Tesista

Dicho estudio generará información acerca de su funcionalidad para tal propósito, la promoción y réplicas en otras áreas productivas de acuerdo a los resultados obtenidos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La agricultura convencional o tradicional

La agricultura convencional es un sistema productivo de carácter artificial, basado en el consumo de determinados insumos considerados externos, como es el caso de la energía fósil, químicos sintéticos, semillas de carácter tradicional, así como otras tratadas y mejoradas, etc. (Agroptina, s.f.).

La desventaja principal es la utilización de fertilizantes, productos fitosanitarios y químicos, así como determinadas labores incorrectas, que van originando un deterioro de la resistencia que tienen las plantas de forma natural a las plagas y a enfermedades muy variadas. Además, se causa un impacto ambiental negativo muy alto, alta contaminación del suelo, utilización de un arsenal de productos químicos de síntesis, técnicas erróneas de laboreo que destruyen la vida subterránea, etc. (Agroptina, s.f.).

2.2 La agricultura familiar

La agricultura familiar es una forma de organizar la producción agrícola, es gestionada y administrada por una familia y depende principalmente del capital y la mano de obra de sus miembros, tanto mujeres como hombres, adultos y jóvenes y según la FAO, en Guatemala ocupa un tercio de la superficie cultivable del país, y produce la mayor cantidad de alimentos que llenan nuestras mesas. Se estima que entre el 60 y 70% de alimentos que consumimos provienen de las y los agricultores familiares (SESAN, 2019).

2.3 El sistema milpa

El sistema milpa es un agroecosistema mesoamericano cuyos principales componentes productivos son el maíz, el frijol y la calabaza (llamados a veces las tres hermanas o también milpa tradicional¹⁵) y según la FAO a través del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria –PESA- EN Guatemala, es un arreglo de componentes biofísicos, económicos y sociales conectados o relacionados de tal manera que forman o actúan como una unidad, como un todo cuyos objetivos son asegurar la disponibilidad de granos básicos en la alimentación de las familias y contribuir al manejo sostenible de los recursos naturales y minimizar los grados de vulnerabilidad de la población rural (FAO, 2007).

En el área Chortí, los cultivos característicos de este sistema son: maíz, frijol, maicillo, ayotes, ya sea en monocultivo o en forma de cultivos asociados; pero al mismo tiempo puede encontrarse una gran diversidad de plantas cultivadas que deliberadamente los campesinos y campesinas mantienen dentro de las parcelas, debido a que cumplen con una importante función dentro de la economía doméstica al ser utilizadas en alimentación o como materia prima para las artesanías. Este es el caso de la palma, el tul, el maguey, el carrizo, los frutales, el macuy o quilete, la muta y otras de interés local. Los productos obtenidos de estas plantas constituyen para muchas familias, el principal soporte de la subsistencia especialmente en época crítica de sequía (Dary, et, al. 1998).

2.4 Impacto del cambio climático en la agricultura

La falta de agua es el factor más limitante en la producción de maíz en las zonas tropicales. Cuando hay estrés hídrico o sequía durante las primeras etapas (15 a 30 días) de establecido del cultivo puede ocasionar pérdidas de plantas jóvenes, reduciendo así la densidad poblacional o estancar su crecimiento. Sin embargo, el cultivo puede recuperarse sin afectar seriamente el rendimiento. Cerca de la floración (desde unas dos semanas

antes de la emisión de estigmas, hasta dos semanas después de ésta) el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante este período. En general, el maíz necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo (Deras Flores, s.f.).

La importancia de analizar los efectos del cambio climático en Guatemala, tiene el propósito de disponer de información que permita en la lógica de la planificación, establecer orientaciones y criterios que de manera anticipada establezcan las medidas de adaptación que reduzcan el efecto de los fenómenos climáticos o hidrometeorológicos como el fenómeno de El Niño que induce a la irregularidad en las características de la temporada de lluvias desde el inicio del período lluvioso hasta su finalización que según el INSIVUMEH, existirán períodos de tiempo en los cuales puede haber aumento, es decir, que hay tendencia a una escasez de lluvia a largo plazo, con intervalos donde la lluvia se concentrará en tiempos más cortos, creando así lluvias más intensas en tiempos más cortos, ante este escenario la propensión es a sufrir inundaciones seguidas de sequías, en ambos casos con mayor intensidad (PNUD, 2020).

En un informe presentado por el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI, 2009), describe que los cambios en el rendimiento de los cultivos de secano son inducidos por los cambios en el régimen de lluvias y la temperatura y los efectos en el rendimiento de los cultivos de riego sólo consideran los cambios de temperatura por lo que sugieren recomendaciones para políticas y programas como la de apoyar las estrategias comunitarias de adaptación (Gerald C., et al. 2009).

2.5 La cosecha de agua de lluvia como medida de adaptación

La implementación de “cosecha y siembra de agua “como una práctica efectiva de un buen manejo de los recursos naturales partiendo de un

principio de desarrollo desde las propias capacidades y potencialidades de los actores locales en donde el intercambio de saberes y la participación social son pilares fundamentales en la implementación de esta alternativa. (JICA, 2015).

La siembra y cosecha de agua es el proceso de recolección (siembra) de agua de lluvia en el subsuelo para poder recuperarla tiempo después (cosecharla). Se realiza a través de la construcción de acciones como zanjas de infiltración, qochas (lagunas artificiales), conservación y recuperación de praderas, así como la forestación y reforestación. La idea es prepararse para tiempos de estiaje. Además, ha asegurado la actividad agrícola en zonas donde el agua escasea, o donde ya se sienten los efectos del cambio climático. Por su efectividad, la siembra y cosecha de agua ha sido replicada además en otros países donde desconocían esta técnica y ha sido materia de diversos estudios (SPDA, 2021).

2.6 La conservación de suelos y agua y la cosecha de agua

La conservación de suelos y agua-CSA puede definirse como el conjunto de acciones, medidas y estrategias, destinadas a evitar o mitigar la degradación de los recursos suelo y agua, así como a su mejoramiento y recuperación, de manera que rindan el mayor beneficio colectivo mediante el flujo sostenido de sus funciones básicas, optimizando y diversificando las opciones de desarrollo de las generaciones presentes y futuras (Rodríguez Parizca, s.f.).

El manejo del suelo puede afectar significativamente a la cantidad y calidad de agua disponible en una cuenca. El balance hidrológico se ve alterado producto de la deforestación, los cambios del uso del suelo y la cobertura vegetal, la sobre explotación de los acuíferos y el drenaje de cuerpos de aguas naturales (FAO).

En las zonas de secano, la disponibilidad de agua es el factor más limitante en el establecimiento y desarrollo de cualquier especie vegetal. El suelo, por su alto nivel de degradación, no permite la acumulación de agua para que esté disponible. Por ello, toma fuerza la idea acumular el agua, o extraer el máximo posible mediante diversos tipos de captaciones (Wambeke, J.V., et al. 2011).

Las prácticas de conservación de suelos y agua – CSA -, se pueden agrupar según su función, lo cual orienta específicamente sobre el tipo de impacto que tiene dicha práctica en modificar o alterar un proceso o atributo en el suelo o el agua. Se pueden clasificar según su naturaleza y función, las de captación de agua; que consisten en obras mecánicas o ingenieriles como las zanjas de infiltración y las de reducción de velocidad del escurrimiento que consisten en prácticas agronómicas como las barreras vivas (Rodríguez Parizca, s.f.).

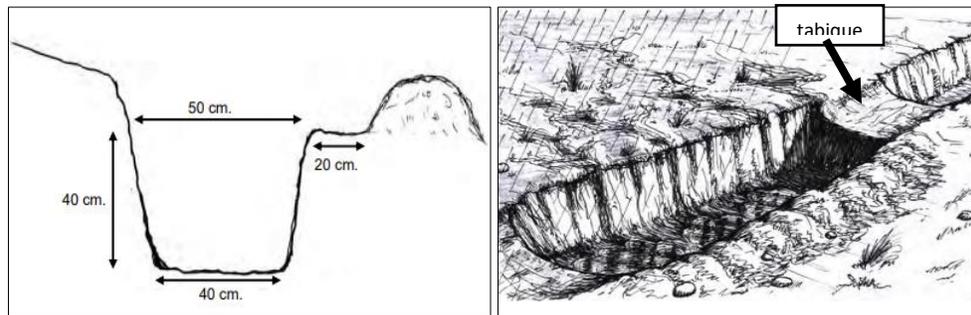
2.6.1 Acequias de ladera o zanjas a nivel

Son canales que se construyen a nivel, en dirección transversal a la pendiente, para retener, conservar y ayudar a infiltrar el agua de lluvia que cae sobre las laderas. Por esta razón se recomiendan para zonas con baja precipitación lluviosa: trópico seco y subtrópico seco. La distancia entre acequias depende del porcentaje de pendiente en la parcela de la siguiente manera: 0 hasta el 15% se construyen a cada 10 – 20 metros, de 15 a 30% se construyen a cada 8 - 10 metros y de 30 – 50% se construyen a cada 6 – 8 metros (10).

Ya determinado el porcentaje de pendiente del terreno, se procede a marcar las curvas a nivel (con un nivel en “A”), que servirán de guía para la construcción de las acequias. Las dimensiones de la acequia son: 2 metros de largo, 40 centímetros de ancho y 40 centímetros de profundidad. Para

evitar el derrumbe del talud, es necesario ensanchar la parte superior por lo menos 10 centímetros y un tabique de 40 centímetros entre cada acequia tal y como se muestra en la figura 1 (Cartilla 6, Proyecto JALDA).

Figura 1. Dimensiones de la acequia.



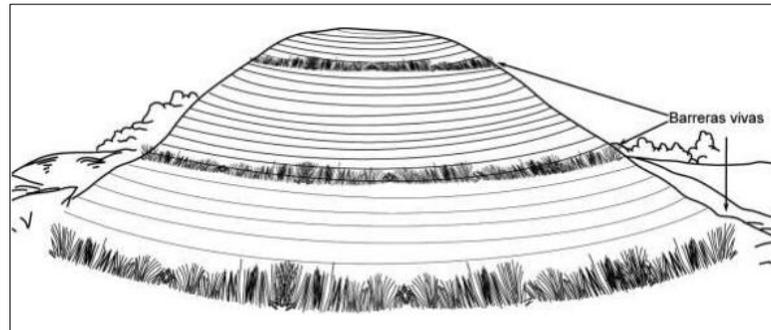
Fuente: Proyecto Jalda, cartilla 6.

2.6.2 Las barreras vivas

La barrera viva es una práctica que ayuda a la conservación del suelo y del agua en la parcela. Las barreras vivas son cultivos que se siembran en curvas a nivel, principalmente en las laderas, con el propósito de controlar la erosión. Poseen la característica de que se manejan tupidas en los surcos, con alta densidad; por este motivo actúan como barreras (3) siendo una buena alternativa los zacates (Elefante, King Grass y Napier morado) o sorgo. Entre más cerca se establezcan entre sí, más protegerán los cultivos (JICA, s.f.).

Se combinan bien con otras técnicas como las acequias y reducen la velocidad del agua porque divide la ladera en pendientes más cortas, y la velocidad del viento (rompeviento). Sirven también como filtro, captando sedimentos que van en el agua de escurrimiento. Para lograr este resultado se colocan rastrojos o el material de poda de los árboles al lado superior de la barrera (IICA, s.f.), tal y como se describe en la figura 2.

Figura 2. Disposición de barreras vivas en el terreno



Fuente: Manual de laboratorio de conservación de suelos, Universidad Rural de Guatemala.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar alternativas tecnológicas de cosecha de agua que contribuyan al incremento de la producción por unidad de área del cultivo de maíz con sistema milpa en la región Chortí, del departamento de Chiquimula, Guatemala; a través de la validación de la cosecha de agua.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Evaluar comparativamente el rendimiento de maíz bajo el sistema milpa convencional y el sistema milpa con acciones de cosecha de agua dentro de la finca.
- ✓ Determinar el grado de aceptabilidad de los productores con relación a las labores de cultivo en el sistema convencional y con manejo de cosecha de agua.
- ✓ Determinar el nivel de aceptabilidad de los productores con relación a la producción mostradas por el cultivo, bajo el sistema convencional y con manejo de cosecha de agua.

4. HIPÓTESIS

Ha.: Las parcelas con técnicas de cosecha de agua en áreas de cultivo de maíz con sistema milpa, influyen significativamente en el rendimiento comparado con la utilizada tradicionalmente por el productor.

5. METODOLOGIA

La actividad se desarrolló, de acuerdo con el esquema metodológico de generación de tecnología del 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 por sí mismo, el valor de las tecnologías puestas a prueba. Lo importante es que es el agricultor mismo es quien conduce la parcela de prueba, y que cuente únicamente con la orientación del investigador.

5.1 Tecnologías de cosecha de agua a evaluar

5.1.1 Tratamiento 1: Sistema Milpa (sistema tradicional)

El sistema milpa es un agroecosistema cuyos principales componentes productivos son el maíz, el frijol y la calabaza (llamados a veces las tres hermanas o también milpa tradicional¹⁵), es un arreglo de componentes biofísicos, económicos y sociales conectados o relacionados de tal manera que forman o actúan como una unidad, como un todo cuyos objetivos son asegurar la disponibilidad de granos básicos en la alimentación de las familias y contribuir al manejo sostenible de los recursos naturales y minimizar los grados de vulnerabilidad de la población rural.

Tratamiento 2: Barreras vivas

Estas se establecieron siguiendo curvas a nivel, cuya distancia entre cada una dependerá del porcentaje de pendiente del terreno. Consistió en hacer una rayadura en el suelo con una piocha, no mayor de 5 centímetros de profundidad siguiendo las curvas a nivel establecidas donde se sembrará las semillas de sorgo al chorro, procurando colocar al menos 100 semillas por cada metro lineal.

5.1.2 Tratamiento 3: Zanjas de infiltración

Estas se construyeron siguiendo curvas a nivel, cuya distancia entre cada una dependerá del porcentaje de pendiente del terreno. Se construyeron de acuerdo a las especificaciones técnicas antes descritas. Los materiales a utilizar son cinta métrica, rafia, estacas, piocha y pala. El suelo resultante de las zanjas, se colocará en la parte inferior de la estructura a por lo menos 10 centímetros del borde.

5.2 Localidad y época de establecimiento

Las localidades se ubicaron en áreas de cultivo con sistema milpa porque son representativas del corredor seco de Guatemala y los productores practican el cultivo de maíz bajo un sistema tradicional de producción que se constituye como un medio de subsistencia.

Estas se localizaron en comunidades rurales de los municipios de San Juan Ermita, Jocotán y Camotán donde se establecieron 20 unidades experimentales (una por productor) distribuidas de la siguiente manera: 7 en San Juan Ermita, 7 en Jocotán y 6 en Camotán.

El número de productores fue igual al número de comunidades por municipio el cual se estableció de acuerdo a lista de productores propuesta por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación – MAGA – y la Unidad Municipal de Seguridad Alimentaria y Nutricional – UMSAN – de cada municipio.

La parcela por comunidad, cubrió un área total de 1,311 m² establecida en terrenos con condiciones biofísicas y edafoclimáticas similares y de secano y será manejada por parte del productor, mientras que los investigadores brindarán asistencia técnica para asegurar un buen desarrollo del cultivo.

Los trabajos de establecimiento de parcelas iniciaron en la segunda quincena del mes de abril y se finalizarán en el mes de septiembre del año 2022.

La construcción de las zanjas de infiltración (acequias de ladera) se realizó antes de la siembra del maíz. Por las condiciones escarpadas y con estructura firme y no suave de los terrenos en el área chortí, la construcción de éstas es un trabajo muy laborioso y no común que podría implicar al menos 9 jornales para cubrir 60 metros lineales de zanjas en una cuerda de terreno (437 m²) siguiendo curvas a nivel que son equivalentes a por lo menos 3 en una cuerda de terreno.

En el caso del establecimiento de las barreras vivas de sorgo, se realizó al momento de la siembra del maíz o un día posterior a esta actividad. Para el mejor establecimiento de la barrera viva es necesario sembrar la semilla de sorgo al chorro por lo que es necesario que con una piocha se haga un pequeño camellón (10 centímetros de altura) producto de excavar una pequeña zanca de 10 por 10 centímetros (ancho y profundidad) a lo largo de las curvas (60 metros lineales) a establecer en la parcela de validación con barreras vivas. El sorgo como sistema milpa o parte de éste en el área chortí

ya es poco común o no existe y mucho menos como una práctica agronómica de conservación de suelos (barrera viva).

5.3 Diseño experimental

Sin diseño experimental (se analizarán los datos de rendimiento con prueba T para observaciones pareadas).

5.4 Modelo estadístico

5.4.1 Para parcelas pareadas

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

$$T = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}} \sim T_{(n-1)}$$

Donde:

T = valor de t de Student.

n= número de pares de observaciones

con

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^n d_i$$

y

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

con d_i = diferencia entre las observaciones registradas en la i-ésima unidad muestral.

5.5 Tamaño de la unidad experimental

Las parcelas por comunidad, cubren un área total de 1,218 m² que es equivalente a 3 cuerdas de terreno (406 m² cada una) para establecer tres tratamientos de la siguiente manera:

Tratamiento 1 (T1): sistema milpa tradicional

Tratamiento 2 (T2): Sistema milpa + barrera viva

Tratamiento 3 (T3): Sistema milpa + zanjas de infiltración

Tanto las parcelas con la tecnología a validar como la parcela cultivada de la manera tradicional por el agricultor, contaron con un área experimental total de 406 m² cada una (una cuerda de terreno). La distribución de los tratamientos en la parcela por comunidad se realizao al azar, tal y como se expresa en la figura 3:

Figura 3. Distribución de tratamientos



Sin escala

5.6 Variables respuesta

5.6.1 Rendimiento del cultivo expresado en kilogramos por hectárea

Para determinar el rendimiento se procedió a pesar la totalidad del grano de cada tratamiento cuando este alcanzara un 14% de humedad, utilizando la siguiente fórmula:

$$PS=PH \cdot F$$

Donde:

- PS: peso seco del grano
- PH: peso húmedo del grano de cada tratamiento
- F: factor de corrección por humedad (ver anexos)

Una vez obtenidos los factores de corrección se procedió a estimar la cosecha final en kg/ha a 14% de humedad del grano mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento estimado (kg/ha)} = (10000/A) * PD * PS$$

Donde:

- A: área de la parcela del tratamiento
- PD: porcentaje o factor de desgrane
- PS: peso seco del grano

5.7 Análisis de la información

Los resultados de rendimientos de grano en kilogramos por hectárea, fueron sometidos al análisis estadístico por el método de t de Student para determinar existencia de diferencias entre el rendimiento en la parcela con las tecnologías propuestas para la validación y la técnica tradicional utilizada por el agricultor.

5.8 Manejo del experimento

El proyecto inicio con la selección de las comunidades y la identificación de los agricultores tomando como base las nóminas institucionales establecidas por la Unidad Municipal de Seguridad Alimentaria y Nutricional – UMSAN - por municipio y del Ministerio de Agricultura y Alimentación – MAGA – para posteriormente identificar y georreferenciar los sitios experimentales.

Después de seleccionar los sitios experimentales se procedió en cada uno a obtener una muestra de suelo, con el objetivo de enviarla al laboratorio para realizar que los respectivos análisis de fertilidad del suelo.

5.8.1 Cosecha

Al momento de la cosecha se tomaron en cuenta todas las mazorcas de la parcela neta, se pesaron las mazorcas. El peso registrado se ajustó con un factor de desgrane y un factor de humedad. Se midió el porcentaje de humedad de los granos cosechados con un medidor de humedad electrónico, con la finalidad de cuantificar los datos de rendimiento. Ver figura 4.

Figura 4. Delimitación de parcela neta



Sin escala

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados y la discusión de las variables rendimiento de maíz bajo el sistema milpa convencional y con acciones de cosecha de agua, el grado de aceptabilidad de los productores de las tecnologías propuestas en relación al sistema convencional, el costo de implementación de las tecnologías, acciones desarrolladas en la investigación.

6.1 Rendimiento del cultivo expresado en kilogramos por hectárea

El rendimiento es una variable de importancia para la presente investigación, pues determina el volumen en kilogramos por hectárea de cada uno de los tratamientos evaluados, determinados al final del ciclo de cosecha de cada uno. La toma de datos se realizó de 3,120 plantas que constituye cada tratamiento (una tarea).

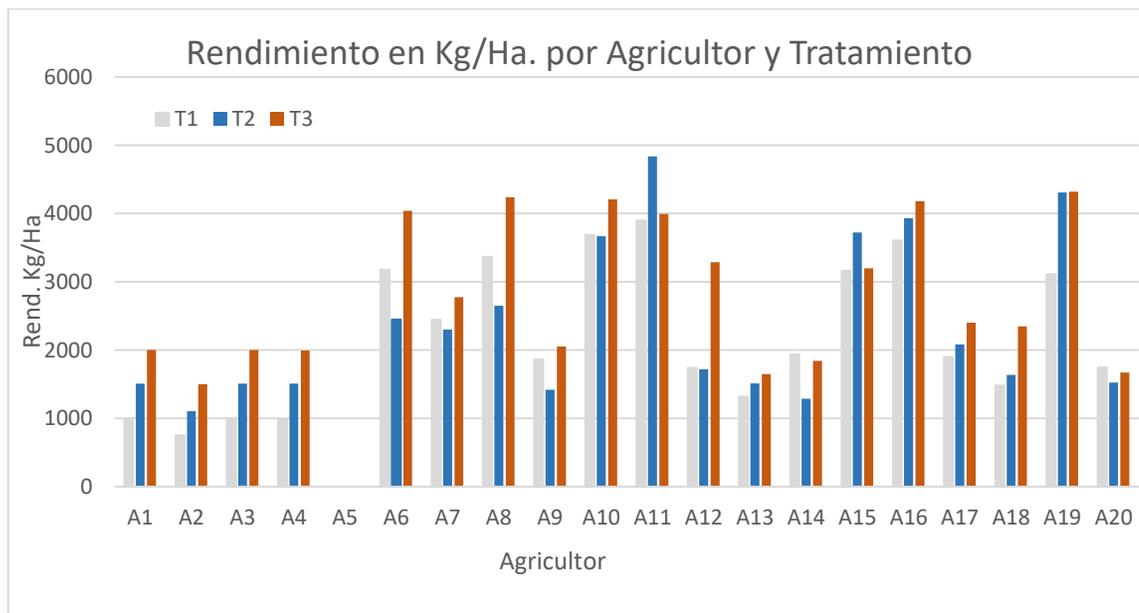
En el cuadro 1, se muestra los rendimientos del cultivo de maíz en kg/ha de las 20 parcelas bajo investigación en el proyecto de “Validación de dos Tecnologías de Cosecha de Agua de Lluvia para el Incremento de la Producción del Maíz en Áreas con Sistema Milpa, en la Región Chortí del Departamento de Chiquimula”, de las cuales fueron tomadas 19 para análisis debido a que una sufrió pérdida total por deslizamiento de tierras.

Cuadro 1. Listado de productores, localidades, materiales y rendimientos en Kg/ha obtenidos en las parcelas de prueba de la validación:

No. parcela	Nombre del Agricultor	Localidad	Municipio	Tratamientos	RENDIMIENTO EN kg/ha
A1	Mario Pérez Pérez	Caserío El Chucte, El Amatillo	Jocotán	T1	1001.14
				T2	1507.04
				T3	2002.29
A2	Adán Pérez Jerónimo	Caserío El Chucte, El Amatillo	Jocotán	T1	750.86
				T2	1105.16
				T3	1501.72
A3	Alba Luz Pérez Pérez de Pérez	Caserío El Chucte, El Amatillo	Jocotán	T1	1001.14
				T2	1507.04
				T3	2002.29
A4	José Herculiano Vásquez López	Quebrada Seca	Jocotán	T1	983.41
				T2	1507.04
				T3	1992.83
A5	Domingo Ramírez Ramírez	Quebrada Seca	Jocotán	T1	0.00
				T2	0.00
				T3	0.00
A6	Juan Francisco Pérez Ramírez	Tierra Blanca	Jocotán	T1	3178.60
				T2	2446.72
				T3	4041.50
A7	Víctor Hugo Pérez Ramírez	Tierra Blanca	Jocotán	T1	2442.82
				T2	2299.91
				T3	2774.91
A8	Miguel Angel Oloroso García	Shupa	Camotán	T1	3362.97
				T2	2649.13
				T3	4236.15
A9	William Arnoldo Pérez Amador	Shupa	Camotán	T1	1861.75
				T2	1420.81
				T3	2051.93
A10	Lucas Aldana Ramírez	Caparrosa	Camotán	T1	3687.80
				T2	3665.64
				T3	4208.35
A11	Emilio Aldana Ramírez	Caparrosa	Camotán	T1	3895.83
				T2	4834.33
				T3	3995.12
A12	Víctor Hugo Campos Vargas	Minas Abajo	San Juan Ermita	T1	1737.52
				T2	1716.84
				T3	3284.92

A13	Rigoberto Campos Vásquez	Minas Abajo	San Juan Ermita	T1	1317.69
				T2	1513.67
				T3	1649.82
A14	Irma Yolanda Campos de Pérez	Minas Abajo	San Juan Ermita	T1	1937.33
				T2	1288.27
				T3	1843.41
A15	Digma Gregorio García	Caulote	San Juan Ermita	T1	3162.91
				T2	3720.82
				T3	3198.22
A16	Neftaly de Jesús Roque	Caulote	San Juan Ermita	T1	3604.12
				T2	3931.18
				T3	4179.98
A17	Elder Rubén Hernández Pérez	Carrizal	San Juan Ermita	T1	1897.23
				T2	2085.03
				T3	2400.68
A18	Florencio Méndez García	Carrizal	San Juan Ermita	T1	1482.90
				T2	1638.24
				T3	2345.96
A19	Vitalino de Jesús Mancía Alonzo	Tasharja	San Juan Ermita	T1	3111.58
				T2	4308.35
				T3	4318.99
A20	Aurelio Ramos Escalante	Tasharja	San Juan Ermita	T1	1744.05
				T2	1522.46
				T3	1671.99

En el cuadro anterior se presentan los rendimientos obtenidos en kilogramos por hectárea de cada uno de los tratamientos. En la parcela A5 del agricultor Domingo Ramírez Ramírez, no se obtuvieron resultados por el deslizamiento de tierra producto de la alta precipitación provocada por la tormenta tropical Julia.

Gráfica 1: Rendimiento en kilogramos por hectárea por agricultor

En la gráfica 1 se muestra como el tratamiento 3 (T3), consistente en la tecnología zanjas de infiltración aplicada al sistema milpa de producción de maíz, en localidades de los municipios de San Juan Ermita, Jocotán, Camotán, del departamento de Chiquimula, presenta mayor rendimiento en la mayoría de localidades.

Para determinar el comportamiento de los tratamientos en las diferentes localidades se elaboró un análisis estadístico por medio de la Prueba T para la variable de rendimiento en kilogramos por hectárea del cultivo de maíz.

Cuadro 2. Resultados de la Prueba T para muestras independientes, para rendimiento en Kg/ha

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	T	Bilateral
T1	T2	19	-132.04	2,218.99	2,351.03	-1.08	0.2961
T1	T3	19	-607.33	2,218.99	2,826.32	-5.75	<0.0001
T2	T3	19	-475.29	2,351.03	2,826.32	-3.32	0.0038

De acuerdo con el resultado del análisis estadístico por medio de la Prueba de T con un nivel de significancia de 0.05 para la variable rendimiento de

grano en Kg/Ha, realizado utilizando como herramienta el programa InfoStat, se determina que se Acepta la hipótesis de investigación, ya que se manifiestan diferencias estadísticas significativas entre las parcelas con técnicas de cosecha de agua en áreas de cultivo de maíz con sistema milpa, específicamente el tratamiento usando zanjas de infiltración contra el sistemas tradicional usado por el productor.

Se obtuvo un valor de T (bilateral) de 0.0001 significativo para la comparación entre el T3 con un rendimiento de 2,826.32 kg/Ha que corresponde a las zanjas de infiltración, contra el T1 sistema tradicional del agricultor que representa 2,218.99 kg/Ha. Y un valor T bilateral de 0.0038, indicando que el tratamiento T3 es superior al T2, con lo que podemos observar que el T3 es superior a los otros dos tratamientos en la variable rendimiento.

Además, se puede observar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2.

Cuadro 3. Prueba de Tukey al 0.05% para la variable rendimiento en Kg/Ha.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=13.32962

Error: 282.5213 gl: 36

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T3	2,826.32	19	3.86	A	
T2	2,351.03	19	3.86		B
T1	2,218.99	19	3.86		B

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

Grupo A: Este grupo corresponde al tratamiento 3, zanjas de infiltración, que se diferencia y supera a los otros dos tratamientos, con una media de rendimiento de 2,826.32 kilogramos por hectárea.

Grupo B: Este grupo corresponde a los tratamientos 2 y 3 que obtuvieron una media de rendimiento de 2,351.03 y 2,218.89 kilogramos por hectárea, respectivamente.

Todos los tratamientos se sometieron a las mismas condiciones de manejo agronómico y condiciones agroclimáticas, precipitación, temperatura, humedad relativa, para cada una de las parcelas. El tratamiento 3, estructura consistente en zanjas de infiltración tiene una dimensión de 0.40*.40*2 metros, cumpliendo la función de recolección e infiltración de 0.32 metros cúbicos de agua por zanja, la cual se desplaza por anisotropía en el horizonte A a favor de la pendiente, siendo este aporte de humedad en el suelo que favorece las diferencias significativas del tratamiento 3 con respecto a los demás.

6.2 Análisis de satisfacción y aceptabilidad-

En el Anexo 1, se presenta el modelo de la boleta de satisfacción y aceptabilidad que se utilizó al fin del ciclo de la parcela de validación con los agricultores colaboradores, con la finalidad de conocer impacto de las tecnologías usadas para la cosecha de agua en el cultivo de maíz.

Con base a la información generada por 19 de los 20 agricultores que participaron en el proyecto de validación se sometieron a responder las preguntas básicas que se analizan a continuación.

a. Nivel de Satisfacción en el uso de las tecnologías

El nivel de satisfacción evaluado para la investigación radica en cuanto al uso de la tecnología zanjas de infiltración y barreras vivas (maicillo).

Gráfica 2: Niveles de satisfacción en el uso de la tecnología

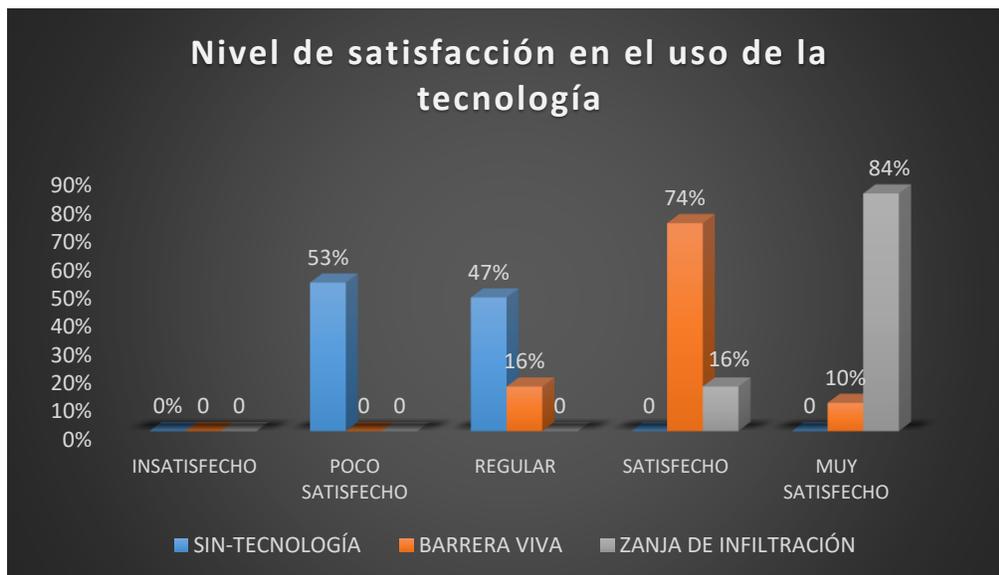


Figura: Nivel satisfacción en el uso de la tecnología

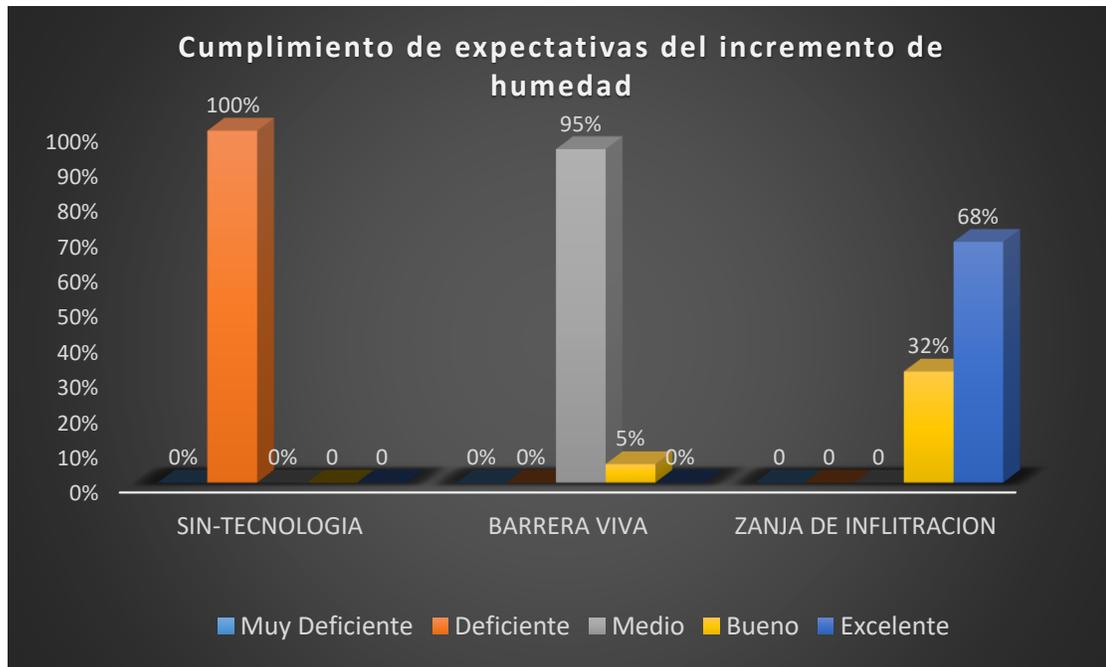
De acuerdo a la gráfica 2, el 84 % de los productores de la presente validación están **Muy Satisfechos** con el uso de la Tecnología Zanjas de Infiltración y el restante 16 % manifestaron estar **Satisfechos** con el uso.

Con respecto a las barreras vivas el 74 % de los productores manifiestan estar Satisfechos, el 16% manifiestan una satisfacción Regular y el 10% están Muy Satisfechos con el uso de esta tecnología.

b. Nivel de Cumplimiento de expectativas por el incremento de humedad en la parcela

El nivel de cumplimiento de expectativas evaluado para la investigación radica en cuanto al uso de la tecnología zanjas de infiltración y barreras vivas (maicillo), en el efecto de incremento de retención de humedad en el suelo.

Gráfica 3: Cumplimiento de expectativas en el incremento de humedad en el suelo



De acuerdo a la gráfica 3, el 68 % de los productores de la presente validación manifiestan un cumplimiento Excelente en las expectativas en el incremento de humedad en la parcela, con el uso de la Tecnología Zanjas de Infiltración y el restante 32 % manifestaron un cumplimiento Bueno con el uso de la misma.

Con respecto a las barreras vivas como alternativa para la retención de humedad en el suelo, el 95 % de los productores manifiestan un cumplimiento en un nivel Medio, y el restante 5% manifiestan un cumplimiento Bueno con el incremento de humedad.

c. Nivel de Cumplimiento de expectativas por el incremento de rendimiento en grano del cultivo de maíz

El nivel de cumplimiento de expectativas evaluado para la investigación radica en cuanto al uso de la tecnología zanjas de infiltración y barreras vivas (maicillo), en el efecto de incremento de rendimiento en grano del cultivo de maíz.

Gráfica 4: Cumplimiento de expectativas en el rendimiento en grano



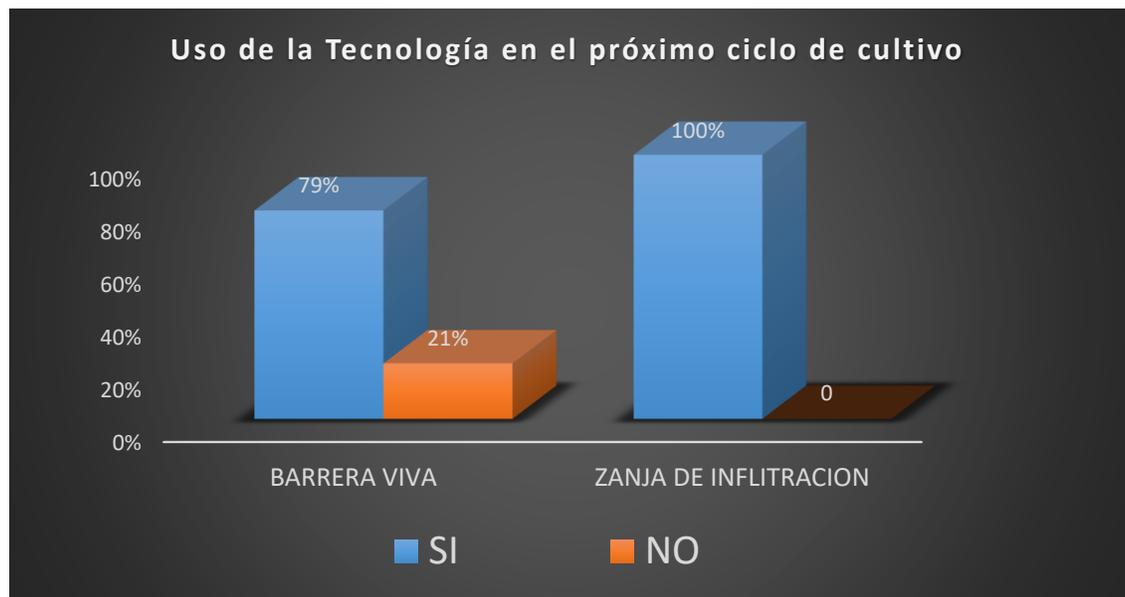
De acuerdo a la gráfica 4, el 79 % de los productores de la presente validación manifiestan un cumplimiento Excelente en las expectativas en el incremento de rendimiento en grano del cultivo de maíz en la parcela con el uso de la Tecnología Zanjas de Infiltración y el restante 21 % manifestaron un cumplimiento Bueno con el uso de la misma.

Con respecto a las barreras vivas como alternativa para el incremento de rendimiento en grano en el cultivo de maíz, el 74 % de los productores manifiestan un cumplimiento Bueno, un 26% manifiestan un cumplimiento Medio, y el restante 5% un cumplimiento Deficiente.

d. Uso de la Tecnología en el próximo ciclo de cultivo

El uso de la tecnología en próximo ciclo de cultivo para la investigación radica en cuanto al uso de la tecnología zanjas de infiltración y barreras vivas (maicillo), en el como alternativa de retención de humedad en el próximo ciclo de cultivo.

Gráfica 5: Uso de la tecnología en el próximo ciclo de cultivo.



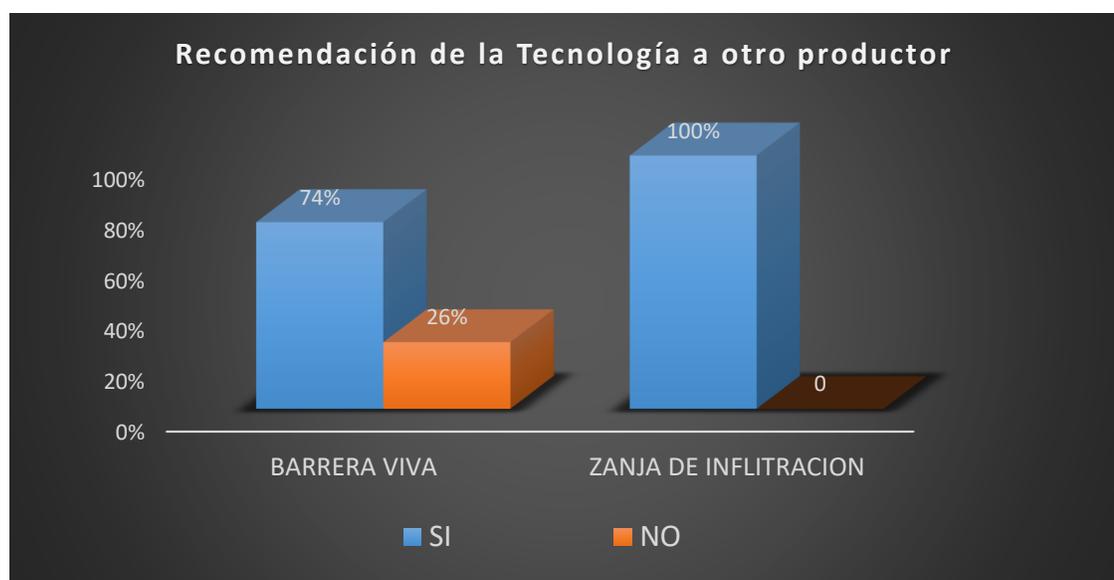
De acuerdo a la gráfica 5, el 100 % de los productores de la presente validación manifiestan que, SI utilizarán la tecnología Zanjas de Infiltración en el próximo ciclo de cultivo, debido a que retiene más humedad, incrementa el rendimiento, el abono no es arrastrado por la escorrentía, y las zanjas ya están hechas solo hay que darles mantenimiento (limpiarlas).

Con respecto a las barreras vivas el 79 % SI las utilizarían en el siguiente ciclo de cultivo y el 21 % NO. El porcentaje que las utilizará es debido a que genera un ingreso extra con venta de del pasto para alimento para ganado, produce alimento en grano (maicillo) y protege un poco el suelo.

e. Recomendaría usar la tecnología a otro productor

La recomendación del uso de la tecnología a otro productor para la investigación radica en cuanto a que si el productor sujeto de la investigación recomendaría el uso de la tecnología zanjas de infiltración y/o barreras vivas (maicillo), en el como alternativa de retención de humedad en las parcelas de producción.

Gráfica 6: Recomendación de la tecnología a otro productor



De acuerdo a la gráfica 6, el 100 % de los productores de la presente validación manifiestan que SI recomendaría la Tecnología Zanjas de Infiltración a otro productor, debido a que retiene más humedad, incrementa el rendimiento, el abono no es arrastrado por la escorrentía, protege los suelos.

Con respecto a las barreras vivas el 74 % SI las recomendaría usarlas a otro productor y el 26 % NO. El porcentaje que NO las recomienda por que compite con el maíz, por nutrientes, agua y sombra.

f. Ventajas y desventajas en el uso de las tecnologías.

- Zanja de Infiltración

VENTAJAS	DESVENTAJAS
a. Incremento el rendimiento en grano b. Retiene el suelo que es arrastrado por las lluvias c. Retiene el fertilizante que podría ser arrastrado por el agua de lluvia d. El agua de lluvia se retiene en la zanja lo que permite la infiltración en el suelo	El costo para realizarla El mantenimiento a realizar.

- Barreras Vivas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
a. Incremento un poco rendimiento en grano b. Retiene un poco de suelo que es arrastrado por las lluvias c. Venta del zacate para forraje	a. Compite con el maíz

g. Jornales para el establecimiento de las tecnologías.

Ambas tecnologías son muy económicas, debido a que solo se ocupas herramientas básicas (piocha, pala), y el pago de jornales. Para las actividades de elaboración de zanjas se obtuvieron los siguientes resultados

- Construcción de zanjas de infiltración en una tarea (437 mts²)

Tipo de Suelo	Actividad	Jornales	Costo aproximado por metro lineal
Franco Arcilloso	24 zanjas de (2*0.4*.04) m	9 jornales/tarea	Q 18.75
Franco Arenoso		7 jornales/tarea	

- Establecimiento de barrera viva en una tarea (437 mts²)

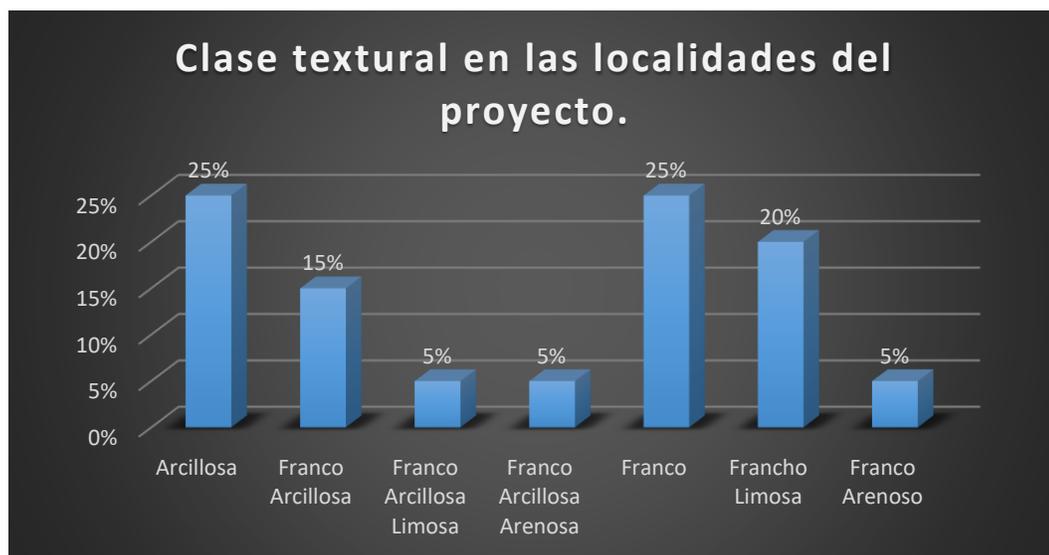
Tipo de Suelo	Actividad	Jornales	Costo aproximado por metro lineal
Indiferente	54 metros	1 jornales/tarea	Q 1.85

6.3 Análisis e interpretación de los resultados de análisis de suelos.

a. Clase Textural

De acuerdo a la gráfica 7, la textura de los suelos es una propiedad física que fluye en la velocidad de infiltración del agua en el mismo. La textura del suelo determina la velocidad a la que el agua se drena a través de un suelo saturado, el agua se mueve más libremente a través de suelos arenosos que a través de suelos arcillosos. Cuando alcanza la capacidad de campo, la textura del suelo también influye en la cantidad de agua disponible para la planta. Los suelos arcillosos tienen una mayor capacidad de retención de agua que los suelos arenosos.

Gráfica 7. Clase Textural de los suelos de las 20 parcelas experimentales

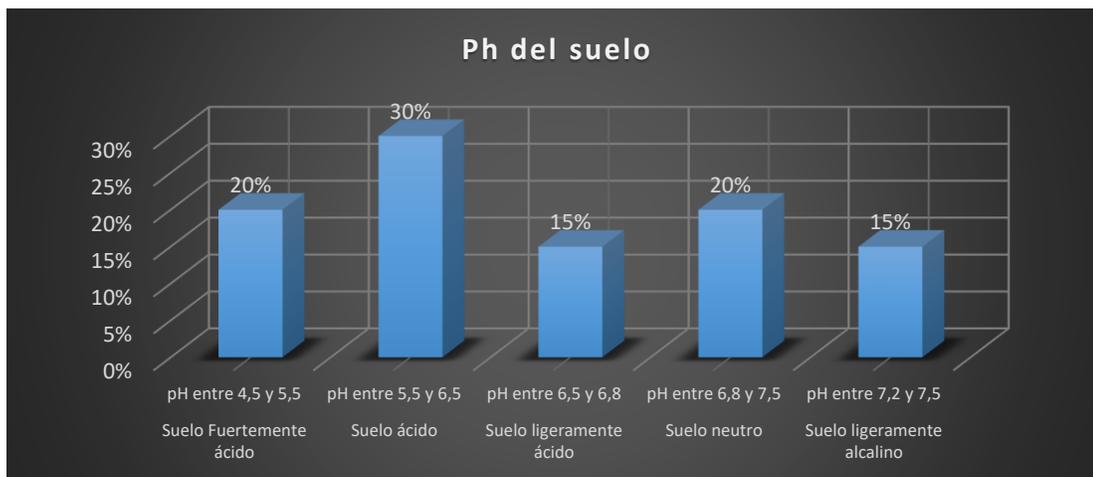


El 40 % de los suelos se encuentran en la clase textural de arcillosa, franco arcilloso y franco arcilloso limosa, que presentan una velocidad de infiltración menor a 5 mm/hora, entre 5-10 mm/hora respectivamente, lo que indica que son suelos que retienen humedad muy lentamente, y que encuentran mayor tiempo disponible para la planta. Existe un 25 de suelos francos que presentan una velocidad de infiltración entre 10-20 mm/hora.

b. pH de los suelos.

De acuerdo a la gráfica 8, el maíz se puede cultivar con buenos resultados en suelos que presenten pH de 5.5 a 8, aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez (pH entre 6 y 7). Como se observa en la figura un 65 % de los suelos se encuentran dentro de los rangos de suelos ácidos a neutros. El 35 % restantes se encuentran en los extremos fuertemente ácidos y ligeramente alcalinos, estos que se encuentran fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Con un pH inferior a 5.5, a menudo hay problemas de toxicidad por Al y Mn, con carencias de P y Mg. Las sales retrasan la nacencia de las semillas, sin afectar sus porcentajes de emergencia.

Gráfica 8. Ph de los suelos de las 20 parcelas experimentales



c. Materia orgánica en las 20 parcelas experimentales

Entre las características especiales de la materia orgánica en el suelo, destacan el almacenamiento de nutrientes, mejora de la estructura y mejoran la capacidad de retención de nutrientes y agua de suelos; siendo el porcentaje bajo menor al 2%, medio del 2 al 5% y el porcentaje óptimo de 5 a 10%

En cuanto al análisis de materia orgánica en las 20 parcelas experimentales, se puede establecer que el 65% de éstas, se encuentra en el rango medio, y esto se debe a que los productores no realizan actividades que conserven y mejoren este elemento importante en el suelo.

d. Elementos Mayores

Los rangos de referencia en partes por millón (ppm) para Fósforo y Potasio son 35 a 70 ppm y 150 a 305 ppm respectivamente y de acuerdo a los resultados del análisis físico – químico de las 20 muestras de suelo, se puede constatar que el Fósforo en el 100% de las muestras de suelo analizadas, están por debajo de los rangos preestablecidos y en cuanto al Potasio, el 40% de las muestras de suelo analizadas se encuentran en los parámetros preestablecidos, por lo tanto se recomienda como opción para suplir las necesidades de estos elementos, se utilice un fertilizante 15-15-15 mezcla física o química.

7. CONCLUSIONES

- La tecnología de cosecha de agua en el suelo, zanjas de Infiltración aplicado en el sistema milpa, manifestó un rendimiento en kg/ha superior y significativo en comparación con las barreras vivas y el sistema tradicional del agricultor.
- La tecnología de cosecha de agua en el suelo, zanjas de Infiltración presenta mejores beneficios en la retención de humedad en el suelo, reflejado en el incremento de rendimiento en Kg/Ha
- Las zanjas de Infiltración presentan mejor eficiencia y eficacia tecnológica de siembra y cosecha en áreas de cultivo de maíz.
- Las zanjas de Infiltración aplicado en el sistema milpa, es la tecnología que satisface y cumple con las expectativas del productor en la retención de humedad y rendimiento.
- La tecnología zanja de infiltración aplicado en el sistema milpa, además de la retención de humedad, ofrece otros beneficios, retiene el suelo erosionado, retiene la materia orgánica (hojarasca, ramas,), retiene el fertilizante aplicado y que no es absorbido por la planta.

8. RECOMENDACIONES

La tecnología de siembra y cosecha de agua de lluvia en el suelo Zanja de Infiltración, es una tecnología que debe considerarse e incorporarse en los paquetes tecnológicos agrícolas, para el incremento del rendimiento en los sistemas agrícolas, en áreas del corredor seco.

De acuerdo a los resultados del análisis físico químico de las muestras de suelo de los 20 productores participantes del proyecto, es necesario promover e implementar medidas de manejo, conservación y de mejoras con acciones agroecológicas para evitar la disminución, pérdida o degradación y desertificación del recurso suelo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- , Cartilla 6. Zanjas de infiltración. Proyecto JALDA. Bolivia. 8 p. Citado mar 22. Disponible en: https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/green/green72-6_1-16.pdf
- Agroptina blog. Sin año de pub. Agricultura convencional. Web site. Citado mar 22. Disponible en: <https://www.agroptima.com/es/blog/agricultura-convencional/#:~:text=En%20su%20concepto%2C%20la%20agricultura,qu%C3%ADmicos%20que%20sean%20sint%C3%A9ticos%2C%20etc.>
- García, G. 2011. Colección “Buenas Prácticas”. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Alimentación (FAO). Guatemala. 8 p. Citado mar 22. Disponible en: <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/10/13195641664990/barrerasfinal.pdf>
- Dary, C., Et.al. 1998. Estrategias de sobrevivencia campesina en ecosistemas frágiles: los c'hortí' en las laderas secas del oriente de Guatemala. Principales sistemas agrícolas en la región ch'ortí, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales –FLACSO-. Guatemala. 353 p. Citado mar. 22. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/46066.pdf>
- Deras Flores, H. -----, Guía técnica, El cultivo de maíz. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA -. Costa Rica. 42 p. citado mar 22. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- FAO. -----, Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe. Recursos elementales para la seguridad alimentaria y los servicios ecosistémicos. Web site. Informe de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Citado en mar 22. Disponible en: <https://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>
- FAO. 2007. Guía Metodológica La milpa del siglo XXI. Colección de Guías Metodológicas del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA)

- de Guatemala. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO-. Web site. Guatemala. 66 p. Citado mar. 22. Disponible en: <https://www.fao.org/3/at750s/at750s.pdf>
- Gerald C., N. et.al. 2009. Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Informe de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Esatos Unidos de América. 30 p. citado mar 22. Disponible en: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf
- ICTA. -----. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Programa de maíz. Investigación para el desarrollo. Web site. Guatemala. Citado mar 22. Disponible en <https://www.icta.gob.gt/maiz>
- IICA. -----. Obras de conservación de suelos y agua en laderas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. 20 p. Citado mar 22. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/b3470e/b3470e.pdf>
- JICA. -----. Barreras vivas. Guía técnica 7. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). El Salvador. 4 p. Citado mar 22. Disponible en: https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_07.pdf
- JICA. 2015. Guía Técnica para cosechar el agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en la Sierra. Agencia de cooperación Internacional (JICA). Ecuador. 24. Citado mar 22. Disponible en: https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water_harvest_sp.pdf
- PNUD. 2020. Informe de pérdidas y daños por efecto del cambio climático en Guatemala. Gobierno de Guatemala. Guatemala. 35 p. citado mar 22. Disponible en: https://www.segeplan.gob.gt/nportal/phocadownload/2021/Informe_Guatemala.pdf
- Rodríguez Parizca, O. S. -----. Conservación de Suelos y Agua. Una premisa del Desarrollo Sustentable. Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

Venezuela. 26 p. citado mar 22. Disponible en: <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2018/CT%202018/222224338.pdf>

Sánchez Morales, P.; Hernández Ortiz, P. 2014. Sistema milpa. Elemento de identidad campesina e indígena. 1ª. Ed. Programa de Intercambio, Diálogo y Asesoría en Agricultura Sostenible y Soberanía Alimentaria – PIDAASSA -. México. 26 p. Citado mar. 22. Disponible en: <http://gvgtlaxcala.org/wp-content/uploads/2019/05/MANUAL-SISTEMA-MILPA-PHO-Y-PSM-PIDAASSA.pdf>

SESAN. 2019. Decenio de la Agricultura Familiar 2019-2028. Web site. Guatemala. Citado mar 22. Disponible en: <https://portal.sesan.gob.gt/2019/07/11/decenio-de-la-agricultura-familiar-2019-2028/>

SPDA. 2021. ¿Qué es la siembra y cosecha de agua y a quiénes favorece esta actividad? SPDA Actualidad Ambiental. Web site. Perú. Citado mar 22. Disponible en: <https://www.actualidadambiental.pe/siembra-y-cosecha-de-agua/>

Wambeke, J.V., et al. 2011. Prácticas de Conservación de Suelos y Agua para la Adaptación Productiva a la Variabilidad Climática. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Chile. 33 p. citado mar 22. Disponible en: <https://www.fao.org/3/as431s/as431s.pdf>

10. ANEXOS

Anexo 1: Análisis Físico – Químico de Suelos



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS



RESULTADOS ANALISIS FISICO - QUIMICO DE SUELO

Resultados del Proyecto: VALIDACIÓN DE DOS TECNOLOGÍAS DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DEL MAÍZ EN ÁREAS CON SISTEMA MILPA, EN LA REGIÓN CHORTÍ DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.

No.	Productor	Localización	pH unidades	Materia Orgánica (%)	Fosforo PPM	Potasio PPM	Calcio meq/100g	Magnesio meq/100g
1	Digma Gregorio García	Caulotes, San Juan Ermita	6.97	4.92	18.36	170.70	15.70	4.68
2	Víctor Hugo Campos	Minas Abajo, San Juan Ermita	7.00	6.59	7.02	140.41	15.70	3.90
3	Neftaly de Jesús Roque	Caulotes, San Juan Ermita	7.35	3.84	2.28	106.83	15.33	1.52
4	Florencio Méndez	Carrizal, San Juan Ermita	5.68	2.97	5.09	77.58	5.15	1.01
5	Víctor Hugo Pérez	Los Vados, Jocotán	7.38	5.79	2.28	30.73	15.75	0.58
6	Vitalino de Jesús Mancía	Tasharja, San Juan Ermita	6.91	3.04	4.27	59.34	9.38	1.06
7	Miguel Ángel Oloroso	Shupá, Camotán	6.86	4.13	10.25	316.18	9.14	5.35
8	Francisco Pérez	Los Vados, Jocotán	6.47	3.26	7.47	211.16	10.80	5.16
9	Rubén Hernández Pérez	Carrizal, San Juan Ermita	6.61	4.42	9.30	159.75	10.33	5.50

10	Domingo Ramírez	Quebrada Seca, Jocotán	6.69	1.09	54.75	138.64	7.86	7.40
11	William Arnoldo Pérez	Shupá, Camotán	5.91	3.40	5.72	181.35	7.17	3.66
12	Aurelio Ramos	Tasharja, San Juan Ermita	7.47	3.40	3.66	65.44	16.54	0.89
13	Mario López	El Amatillo, Jocotán	5.15	3.84	9.54	90.91	8.71	5.87
14	José Vásquez	Quebrada Seca, Jocotán	6.70	2.32	27.68	257.98	7.04	6.06
15	Lucas Aldana	Caparrosa, Camotán	6.08	4.35	9.77	126.84	7.48	5.23
16	Emilio Aldana	Caparrosa, Camotán	5.78	5.50	7.02	188.69	7.40	5.31
17	Adán Pérez	El Amatillo, Jocotán	6.29	3.91	5.51	60.81	11.41	4.04
18	Rigoberto Campos	Minas Abajo, San Juan Ermita	4.65	6.74	5.09	146.34	5.80	5.45
19	Irma Yolanda Campos	Minas Abajo, San Juan Ermita	4.85	6.81	9.77	204.79	6.28	8.19
20	Alba Luz Pérez	El Amatillo, Jocotán	5.39	1.30	12.76	75.85	5.42	2.69

Anexo 2: Análisis Físico – Químico de Suelos



CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS

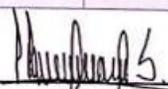


RESULTADOS ANALISIS FISICO - QUIMICO DE SUELO

Resultados del Proyecto: VALIDACIÓN DE DOS TECNOLOGÍAS DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DEL MAÍZ EN ÁREAS CON SISTEMA MILPA, EN LA REGIÓN CHORTÍ DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.

No.	Productor	Localización	Hierro PPM	Cobre PPM	Manganeso PPM	Zinc PPM	Textura			Clase Textural
							Arcilla %	Limo %	Arena %	
1	Digma Gregorio García	Caulotes, San Juan Ermita	36.5	2.8	38.9	3.0	27.43	31.95	40.62	Franco Arcillosa
2	Víctor Hugo Campos	Minas Abajo, San Juan Ermita	32.2	2.2	34.6	3.4	35.95	27.69	36.36	Franco Arcillosa
3	Neftaly de Jesús Roque	Caulotes, San Juan Ermita	28.6	2.0	33.5	3.0	44.47	25.56	29.97	Arcillosa
4	Florencio Méndez	Carrizal, San Juan Ermita	38.9	2.8	42.0	3.5	48.73	17.04	34.23	Arcillosa
5	Víctor Hugo Pérez	Los Vados, Jocotán	31.5	1.8	28.9	3.0	27.43	53.25	19.32	Franco Arcillosa Limosa
6	Vitalino de Jesús Mancía	Tasharja, San Juan Ermita	32.0	1.9	32.6	3.2	57.25	17.04	25.71	Arcillosa
7	Miguel Ángel Oloroso	Shupá, Camotán	36.5	2.5	38.6	3.4	42.34	27.69	29.97	Arcillosa

8	Francisco Pérez	Los Vados, Jocotán	38.9	3.2	42.6	3.5	48.73	14.91	36.36	Arcillosa
9	Rubén Hernández Pérez	Carrizal, San Juan Ermita	42.6	3.0	42.6	3.8	35.95	29.82	34.23	Franco Arcillosa
10	Domingo Ramírez	Quebrada Seca, Jocotán	36.7	3.3	46.8	4.5	10.39	27.69	61.92	Franco Arenosa
11	William Arnoldo Pérez	Shupá, Camotán	46.8	3.3	52.9	4.9	12.52	51.12	36.36	Franco Limosa
12	Aurelio Ramos	Tasharja, San Juan Ermita	32.6	2.8	34.2	2.8	10.39	74.55	15.06	Franco Limosa
13	Mario López	El Amatillo, Jocotán	52.6	3.8	47.9	4.9	10.39	55.38	34.23	Franco Limosa
14	José Vásquez	Quebrada Seca, Jocotán	35.8	2.9	42.6	3.0	12.52	36.21	51.27	Franco
15	Lucas Aldana	Caparrosa, Camotán	52.6	3.3	45.6	4.2	12.52	36.21	51.27	Franco
16	Emilio Aldana	Caparrosa, Camotán	48.9	3.0	39.8	3.8	16.78	36.21	47.01	Franco
17	Adán Pérez	El Amatillo, Jocotán	36.4	2.9	42.5	3.6	10.39	66.03	23.58	Franco Limosa
18	Rigoberto Campos	Minas Abajo, San Juan Ermita	56.9	4.2	62.5	5.6	21.04	36.21	42.75	Franco
19	Irma Yolanda Campos	Minas Abajo, San Juan Ermita	52.9	3.8	48.9	4.6	23.17	25.56	51.27	Franco Arcillosa Arenosa
20	Alba Luz Pérez	El Amatillo, Jocotán	45.3	3.6	52.1	4.8	10.39	42.60	47.01	Franco


 Ph.D. Rodolfo A. Chicas Soto
 Coordinador del Laboratorio de Suelos



Fase 1 : Establecimiento e identificación de las parcelas

Calibración del Nivel en “A” y establecimiento de curvas a nivel



Recolección de agua de primeras lluvias

Supervisión de la germinación de maicillo (barrera viva)



Efectos preliminares de las zanjas de infiltración, altura y vigor de las plantas cercanas a la zanja. El Amatillo, Jocotán



Primera Fertilización.



Monitoreo de Plagas y Enfermedades.



antenimiento de Zanjas de Infiltración



Identificación y rotulado de las parcelas experimentales



Dia de campo





**Estado fenológico del maíz y frijol (Sistema Milpa), en parcela de Caparrosa
8/9/2022**



Maíz doblado, al fondo barrera viva



Zanjas de Infiltración recolectando agua de lluvia, suelo erosionado, materia orgánica.

Revisión de la parcela de don Domingo, daños por deslave.



Dobla en parcelas



Tapisca, identificación y acarreo de maíz de los tratamientos



Secado y desgrane



Pesado de cada uno de los tratamientos.



Determinación de % de humedad en el grano de maíz



Llenado de la Boleta (encuesta)



Compartiendo la refacción



Desarrollo de Seminario Taller: Presentación de resultados.



Visita de campo en el taller presentación de resultados

