

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE BAJA VERAPAZ

**CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA**

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y LA INCORPORACIÓN DE RASTROJO EN LA RETENCIÓN DE HUMEDAD Y EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA PAHOJ DEL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ.

MISSHEL NATALY DEL ROSARIO TIX IXTECOC

SAN MIGUEL CHICAJ B.V., AGOSTO 2025

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE BAJA VERAPAZ
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA

TRABAJO DE GRADUACION

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y LA INCORPORACIÓN DE RASTROJO EN LA RETENCIÓN DE HUMEDAD Y EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA PAHOJ DEL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ.

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO
UNIVERSITARIO DE BAJA VERAPAZ DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA

POR

MISSHEL NATALY DEL ROSARIO TIX IXTECOC

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN

EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

SAN MIGUEL CHICAJ B.V., AGOSTO 2025

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

M.A Walter Ramiro Mazariegos Biolis

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE

Lic. Orcelio Hernández García

SECRETARIO INTERINO

Lic. Wagner Heber Galiego Rodríguez

REPRESENTANTE DOCENTE

Lic. José Alfredo Aguilar Orellana

Dra. María Eunice Enríquez Cotón

REPRESENTANTE PROFESIONAL

Arq. Milton Giovanni Fuentes López

REPRESENTANTE ESTUDIANTILES

Sr. Elvis Enrique Ramírez Mérida

Sr. Julio Armando Saavedra González

COORDINADOR ACADÉMICO

Lic. Benjamín Ascencio Veliz

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Agr. Fredy Haroldo Milián

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR:

Ing. Agr. Fredy Haroldo Milián

SECRETARIO:

Ing. Agr. Lester Enrique Ivo Garrido Archila

VOCAL I:

Ing. Agr. Abner Dayrin Guzmán Balcarcel

ASESOR

Ing. Agr. Juan Carlos Galeano Fernández

San Miguel Chicaj B.V., agosto de 2025

Honorable Consejo Directivo

Honorable Tribunal Examinador

Carrera de Ingeniero Agrónomo e Sistemas de Producción Agrícola

Centro Universitario de Baja Verapaz CUNBAV -USAC

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y LA INCORPORACIÓN DE RASTROJO EN LA RETENCIÓN DE HUMEDAD Y EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA PAHOJ DEL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ.** ” como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

MISSHEL NATALY DEL ROSARIO TIX IXTECOC

Carnet. 201642642

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por darme vida y ser mi guía constante en cada paso de este camino, por darme la sabiduría y la fuerza necesaria en los momentos de duda, luz en la oscuridad y paz en la tormenta, por enseñarme que todo es posible cuando la Fe es más grande que el miedo.

MI MADRE

Feliza Ixtecoc por ser mi fuerza cuando no la encontraba, por tu amor incondicional y tus sacrificios, por creer en mí por ser ese impulso para culminar mi proceso de formación. Este logro lleva tu nombre, porque cada página está escrita con tu apoyo y amor.

MI PADRE

Francisco Tix, gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la honestidad y la constancia, por tu ejemplo y por demostrarme que los sueños se construyen con trabajo. Por los consejos de vida y el amor hacia mí. Este logro también es tuyo papá, porque crecí viendo como nunca te rendías.

MIS HERMANAS

Claudia, Gabriela, Heidy, Julissa, por estar siempre apoyándome incondicionalmente e impulsándome a lograr mis objetivos, con ustedes la vida es más liviana y más linda.

MI HERMANO

Jhonatan por demostrarme que todo es posible cuando luchamos por conseguirlo, por ser mi ejemplo a seguir, no solo por ser el hermano mayor, sino por tu capacidad de hacer frente a las dificultades con valentía.

A MIS CATEDRÁTICOS

Gracias por compartir sus conocimientos, su dedicación y pasión durante mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A:

Centro Universitario de Baja Verapaz (CUNBAV) mi casa de estudios, por permitirme recorrer sus salones y recibir la mejor educación

Ing. Agr. Juan Carlos Galeano Fernández mi asesor de tesis, por su valiosa orientación paciencia y apoyo a lo largo de este proyecto, le agradezco su guía profesional y su disposición para compartir su experiencia.

Ing. Agr. Lester Enrique Ivo Garrido Archila por su exhaustiva y valiosas observaciones para mejorar y perfeccionar este trabajo. Gracias por aportar una mirada crítica que permitió enriquecer y fortalecer mi investigación.

Ing. Agr. Fredy Haroldo Milián por su constante apoyo, por compartir sus conocimientos profesionales y facilitar los procesos necesarios para culminar mi proceso académico

Mis amigos Lesly, Anderson Daniel, Fabiola, Marlon, Adela, Gloria, por su amistad, cariño y apoyo, por ofrecerme palabras de aliento, una sonrisa o simplemente estar cuando lo necesitaba.

ÍNDICE GENERAL

TITULO	PÁGINA
RESUMEN	XI
CAPITULO I: DIAGNOSTICO RURAL PARTICIPATIVO EN LA ALDEA DE PAHOJ DEL MUNICIPIO DE RABINAL, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ. GUATEMALA. C.A	
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 General	4
1.3.2 Específicos.....	4
1.4 MARCO REFERENCIAL	5
1.4.1 Ubicación y localización.....	5
1.4.2 Fisiografía	6
1.4.3 Microcuenca.....	6
1.4.4 Suelos.....	7
1.4.5 Zona de vida y clima	7
1.5 METODOLOGÍA.....	8
1.5.1 Fase de gabinete inicial	8
1.5.2 Fase de campo	8
1.5.3 Fase final de gabinete.....	10
1.6 RESULTADOS	11
1.6.1 Lenguaje materno	11
1.6.2 Religión	11
1.6.3 Educación	11
1.6.4 Situación económica y social.....	12
1.6.5 Vivienda	12
1.6.6 Uso y tenencia de la tierra	12
1.6.7 Recurso forestal y áreas protegidas	13
1.6.8 Consumo de leña.....	13
1.6.9 Conservación de suelos.....	13

1.6.10	Agua	14
1.6.11	Producción agrícola	14
1.6.12	Producción pecuaria	15
1.6.13	Salud.....	15
1.6.14	Situación actual de Covid 19	15
1.6.15	Seguridad alimentaria y nutricional	16
1.6.16	Amenaza, Vulnerabilidad y riesgo.....	16
1.6.17	Organización local	16
1.6.18	Presencia institucional	16
1.6.19	Descripción y priorización de problemas	17
1.7	CONCLUSIONES.....	20
1.8	RECOMENDACIONES	22
1.9	BIBLIOGRAFÍA	23
1.10	ANEXOS	24
CAPITULO II: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y LA INCORPORACIÓN DE RASTROJO EN LA RETENCIÓN DE HUMEDAD Y EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L.) EN LA ALDEA PAHOJ DEL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ.		
2.1	INTRODUCCIÓN.....	35
2.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	37
2.3	JUSTIFICACIÓN	39
2.4	MARCO CONCEPTUAL.....	41
2.4.1	Aspectos generales del cultivo de maíz.....	41
2.4.2	Descripción de la planta.....	41
2.4.3	Fases de desarrollo del cultivo.....	41
2.4.4	factores edafoclimáticos	43
2.4.5	La importancia del contenido de humedad en el suelo para una agricultura eficiente44	
2.4.6	Uso de cobertura vegetal para conservar la humedad en el suelo	44
2.4.7	Disponibilidad e Infiltración de agua en el suelo	45
2.4.8	Cobertura del suelo y la evaporación.....	46

2.4.9	Manejo de rastrojo para la retención de humedad en el suelo	47
2.4.10	Prácticas para el manejo de humedad en el suelo	47
2.4.11	Capacidad de infiltración de agua en el suelo	48
2.4.12	Buenas prácticas de conservación de suelo	49
2.4.13	Suelo, erosión y prácticas de conservación de suelo	49
2.4.14	Métodos para determinar la humedad en el suelo	50
2.5	MARCO REFERENCIAL	54
2.5.1	Ubicación del área experimental.....	54
2.6	OBJETIVOS	56
2.6.1	General	56
2.6.2	Específicos.....	56
2.7	HIPÓTESIS	57
2.8	METODOLOGÍA.....	57
2.8.1	Material experimental.....	57
2.8.2	Características del material experimental	57
2.8.3	Prácticas de conservación a implementar	58
2.8.4	Modelo estadístico	60
2.8.5	Hipótesis estadística	61
2.8.6	Factores y niveles estudiados.....	62
2.8.7	Descripción de los tratamientos	62
2.8.8	Unidad experimental	63
2.8.9	Croquis o diseño parcelario	64
2.8.10	Parcela Neta	65
2.8.11	Variables respuesta	66
2.8.12	Manejo del experimento.....	67
2.8.13	Características de las prácticas de conservación de suelo.....	67
2.8.14	Manejo del cultivo maíz ICTA V-301.....	72
2.8.15	Recopilación de información	73
2.8.16	Cálculos para determinar el contenido de humedad en el suelo	75
2.9	ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	76
2.9.1	Análisis ANDEVA y POSTANDEVA.....	76

2.9.2	Análisis de económico	76
2.10	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
2.10.1	Porcentaje de Humedad	77
2.10.2	Días de germinación	79
2.10.3	Desarrollo Radicular	82
2.10.4	Biomasa Aérea	83
2.10.5	Rendimiento.....	84
2.11	ANALISIS ECONÓMICO.....	88
2.12	CONCLUSIONES.....	92
2.13	RECOMENDACIONES	94
2.14	BIBLIOGRAFÍA	95
2.15	ANEXOS	98
3	CAPITULO III SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA DE PAHOJ DEL MUNICIPIO DE RABINAL, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ	
3.1	INTRODUCCIÓN.....	116
3.2	OBJETIVOS	117
3.2.1	Objetivo general:.....	117
3.2.2	Objetivos específicos:	117
3.3	Servicio 1: CAPACITACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO EN EL PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO -KFW-.....	117
3.3.1	Presentación.....	117
3.3.2	Objetivos.....	118
3.3.3	Metas	118
3.3.4	Metodología	118
3.3.5	Materiales y equipo.....	119
3.3.6	Resultados.....	119
3.3.7	Anexos.....	120
3.4	Servicio 2: ENTREGA DE ÁRBOLES FORESTALES NATIVOS PARA LA RESTAURACIÓN COMUNITARIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	122
3.4.1	Presentación.....	122
3.4.2	Objetivos.....	122

3.4.3	Metas	122
3.4.4	Metodología	122
3.4.5	Material y Equipo	123
3.4.6	Resultados	123
3.4.7	ANEXOS	124
3.5	Servicio 3: ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOMBRICOMPOSTERAS A PRODUCTORES BENEFICIADOS CON EL PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO KFW	126
3.5.1	Presentación	126
3.5.2	Objetivos	126
3.5.3	Metas	126
3.5.4	Metodología	126
3.5.5	Materiales y equipo	127
3.5.6	Resultados	127
3.5.7	ANEXOS	128
3.6	Servicio 4: APOYO EN LA ELABORACIÓN DE PLANES DE FINCA A PRODUCTORES	130
3.6.1	Presentación	130
3.6.2	Objetivos	130
3.6.3	Metodología	130
3.6.4	Metas	131
3.6.5	Material y equipo	131
3.6.6	Resultados	131
3.6.7	Anexos	132

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1: Croquis de Aldea Pahoj.....	5
Figura 2A: Recorrido por la aldea de Pahoj.....	24
Figura 3A: Reunión con cocode de la aldea Pahoj.....	24
Figura 4A: Lluvia de ideas en grupos focales en la aldea	25
Figura 5A: Encuestas Domiciliares.....	25
Figura 6A: Croquis de la aldea Pahoj	26
Figura 7A: Problemas y necesidades en el sector económico, infraestructura y servicios	27
Figura 8A: Problemas y necesidades en el sector agrícola y pecuario	27
Figura 9: Croquis de la parcela.....	54
Figura 10. Curvas a nivel.....	58
Figura 11. Barreras vivas	59
Figura 12. Acequias de ladera.....	60
Figura 13. Croquis o diseño parcelario	64
Figura 14. Diseño de unidad experimental.	65
Figura 15. Limpieza del terreno	68
Figura 16. Medición de la pendiente.....	69
Figura 17. Medición de bloques.....	70
Figura 18. Estaqueado para marcar bloques.....	70
Figura 19. Marcado de Bloques con nylon.	71
Figura 20. Identificación de tratamientos.....	71
Figura 21. Pesado del rastrojo.....	72
Figura 22. Toma de muestra en campo.....	74
Figura 23. Selección de muestra para secar en el laboratorio de análisis de suelos en la FAUSAC	74
Figura 24. Horno de convección para secado de muestras (FAUSAC).....	75
Figura 25. Relación entre los niveles de rastrojo aplicados al suelo y el porcentaje de humedad.....	78
Figura 26. Días de germinación del cultivo de maíz Zea mays	81

Figura 27. Rendimiento del cultivo de maíz Zea mays aplicando dos factores de estudio.	87
Figura 28A. Productores que realizan prácticas de conservación de suelo en la aldea de Pahoj, Rabinal Baja Verapaz.....	98
Figura 29A. Mapeo de suelos en las microcuencas Xesiguán del municipio de Rabinal y en la microcuenca San Rafael del municipio de San Miguel Chicaj, del departamento de Baja Verapaz.Figura 30A. Mapa de clases texturales en la microcuenca Xesiguan	105
Figura 31A. Distribución del rastrojo dentro de los bloques	107
Figura 32A. Implementación de barreras vivas.	107
Figura 33A. Implementación de Acequias de ladera.	108
Figura 34A. Distribución del rastrojo dentro de los bloques	108
Figura 35A. Análisis de suelo realizado en el laboratorio de la Facultad de Agronomía.	109
Figura 36A. Análisis químico de rastrojo	110
Figura 37A. Siembra de Maíz	111
Figura 38A. Primera aplicación de fertilizante	111
Figura 39A. Mantenimiento de Acequias.....	112
Figura 40A. Corte del Pasto Cuba 22.....	112
Figura 41A. Cosecha de maíz	113
Figura 42A: Capacitación teórica sobre el uso del nivel tipo “A”.....	120
Figura 43A: Practica sobre el uso del Nivel tipo “A”	120
Figura 44A: Recolección de árboles en el vivero municipal	124
Figura 45A: Traslado de los árboles a la aldea de Pahoj	124
Figura 46A: Entrega de árboles a productores beneficiados.....	125
Figura 47A: Capacitación teórica sobre la implementación de lombricomposteras.....	128
Figura 48A: Material orgánico a utilizar (lombrices coqueta roja)	128
Figura 49A: Elaboración de una lombricompostera.....	129
Figura 50A: Gira de campo a finca modelo con producción tecnificada de lombricompost.	129
Figura 51A: Elaboración de planes de finca a productores beneficiados	132
Figura 52A: Recopilación de datos de productores beneficiados	132

Figura 53A: Reunión con productores para coordinar entrega de insumos.....	133
Figura 54A: Capacitación sobre el uso de variedad de maíz ICTA V-301.	133
Figura 55A: Entrega de semilla ICTA V-301 a productores beneficiados.....	134
Figura 56A: Entrega de Fertilizante a productores beneficiados.	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Calendario de las estaciones percibido por productores de la Aldea de Pahoj	14
Tabla 2: Síntesis de los problemas y necesidades identificadas en la aldea de Pahoj.	18
Tabla 3. Distanciamiento entre obras físicas de conservación de suelos según la pendiente.....	49
Tabla 4. Parámetros de medición de humedad al tacto.	51
Tabla 5. Capacidades usables de la humedad del suelo	52
Tabla 6. Descripción de los tratamientos.....	63
Tabla 7. Contenido de humedad del suelo después de haber aplicado las diferentes niveles de rastrojo al suelo, analizados en el laboratorio de la Facultad de Agronomía.	77
Tabla 8. Grado del ajuste del modelo experimental para la variable Días de germinación	79
Tabla 9. Análisis de varianza para la interacción de las variables: conservación de suelos con (curvas de nivel, acequias de ladera, barreras vivas días) y niveles de rastrojo de maíz sobre la variable días germinación	79
Tabla 10. Prueba de medias de LSD Fisher con un nivel de significancia de 0.05, para la variable respuesta “Días germinación” correlacionadas a los niveles de aplicación de rastrojo (factor 2).	80
Tabla 11. Grado de ajuste del modelo para la variable “Desarrollo Radicular”	82
Tabla 12. Análisis de varianza del efecto de la interacción entre las variables conservación de suelos (curvas de nivel, acequias de ladera, barreras vivas) y niveles de rastrojo para la variable respuesta “desarrollo radicular”.....	82
Tabla 13. Grado de ajuste del modelo para la variable “Biomasa Aérea”	83
Tabla 14. Análisis de varianza del efecto de la interacción entre las variables conservación de suelos (curvas de nivel, acequias de ladera, barreras vivas) y niveles de rastrojo para la variable respuesta “Biomasa Aérea”	83
Tabla 15. Grado de ajuste del modelo para la variable Rendimiento	84
Tabla 16. Análisis de varianza del efecto de la interacción entre las variables conservación de suelos (curvas de nivel, acequias de ladera, barreras vivas) y niveles de rastrojo para la variable respuesta “Rendimiento”.	85

Tabla 17. Promedio de los rendimientos obtenidos relacionados con las prácticas de conservación y la incorporación de rastrojo.....	85
Tabla 18. Análisis económico por cada tratamiento	88
Tabla 19. Tasa de Retorno marginal para los tratamientos No dominados	90
Tabla 20A. Análisis económico para el tratamiento 1 Barrera viva 0 ton/Ha	98
Tabla 21A. Análisis económico para el tratamiento 2 Barrera Viva 2.5 ton/ha	99
Tabla 22A. Análisis económico para el tratamiento 3 Barrera Viva 5 ton/ha	99
Tabla 23A. Análisis económico para el tratamiento 4 Barrera Viva 10 ton/ha	100
Tabla 24A. Análisis económico para el tratamiento 5 Acequia 0 ton/Ha	100
Tabla 25A. Análisis económico para el tratamiento 6 Acequia 2.5 ton/Ha	101
Tabla 26A. Análisis económico para el tratamiento 7 Acequia 5 ton/Ha	101
Tabla 27A. Análisis económico para el tratamiento 8 Acequia 10 ton/Ha.	102
Tabla 28A. Análisis económico para el tratamiento 9 Curvas a Nivel 0 ton/Ha.	102
Tabla 29A. Análisis económico para el tratamiento 10 Curvas a Nivel 2.5 ton/Ha	103
Tabla 30A. Análisis económico para el tratamiento 10 Curvas a Nivel 5 ton/Ha	103
Tabla 31A. Análisis económico para el tratamiento 10 Curvas a Nivel 10 ton/Ha	104
Tabla 32. Listado de especies de árboles entregados a productores de la aldea Pahoj.	123

RESUMEN

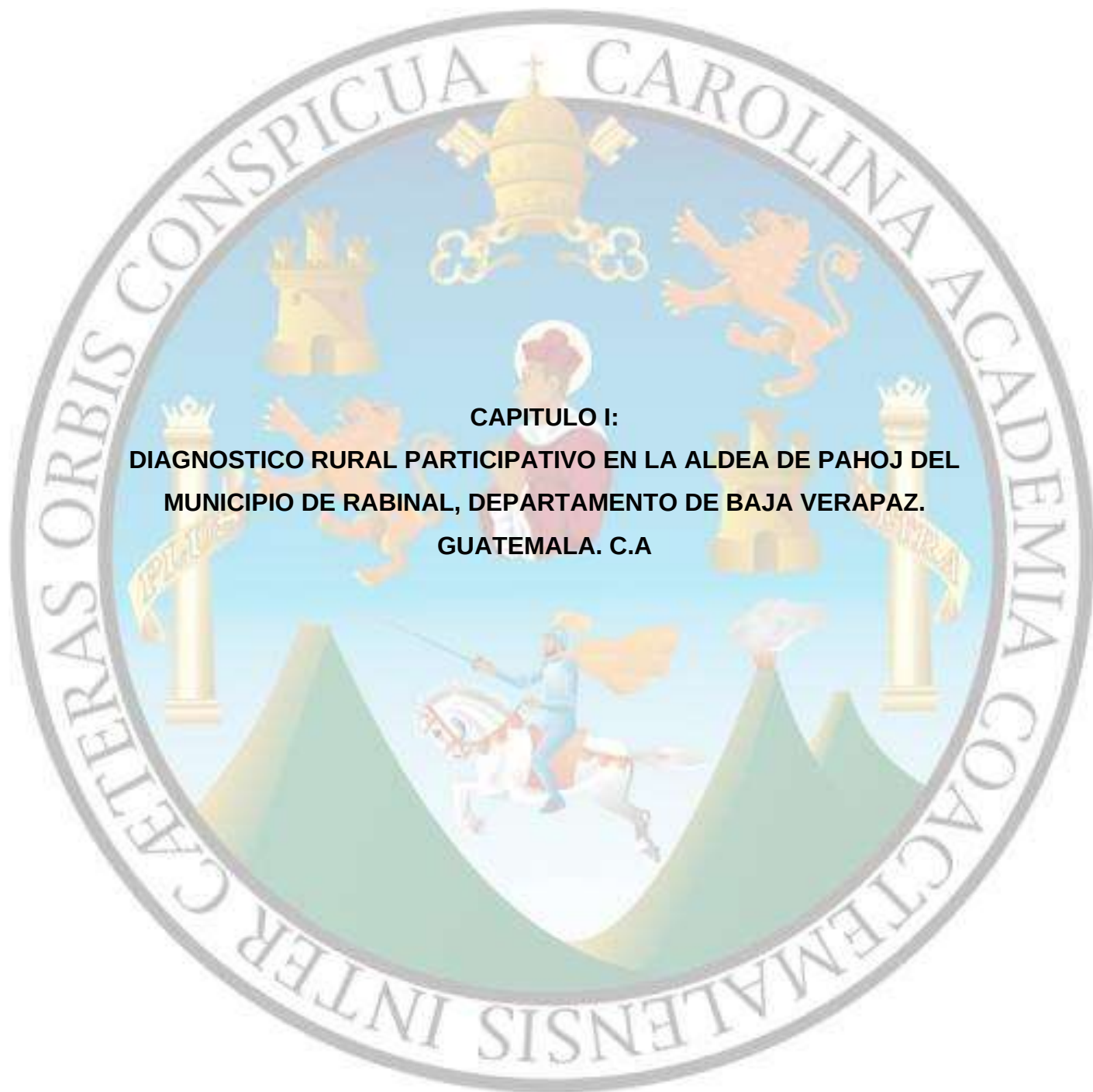
El Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Baja Verapaz CUNBAV de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, se realizó en el Proyecto de adaptación al cambio climático en el corredor seco de Guatemala en el municipio de Rabinal B. V. durante el periodo del 01 de febrero al 30 de noviembre del 2021. Este Proyecto fue financiado por el Banco de Desarrollo Alemán - KFW. El Proyecto se planteó como objetivo principal mejorar los sistemas productivos, el manejo del agua, el suelo y el bosque en las aldeas del Corredor Seco del municipio de Rabinal Baja Verapaz.

Como parte del EPS CUBAV-USAC, se desarrolló el Diagnostico Rural Participativo (DRP) en la aldea de Pahoj del municipio de Rabinal departamento de Baja Verapaz; con el diagnóstico se recolectó información relevante para identificar los problemas y necesidades de la aldea. Durante el desarrollo del diagnóstico se contó con la participación de los miembros de la aldea tanto hombres como mujeres quienes identificaron sus problemas, de los cuales resaltan principalmente, la falta de insumos agrícolas como semillas y fertilizantes, falta de fuentes de agua para la agricultura, falta de asistencia técnica, suelos poco fértiles, terreros con alto porcentaje de pendiente y erosionados. Estas condiciones agroecológicas, hacen que la agricultura especialmente de subsistencia se obtengan rendimientos bajos y condiciones precarias para su sostenibilidad como una fuente de ingreso a las familias.

Con los resultados obtenidos en el Diagnostico Rural Participativo (DRP) se planteó realizar la investigación para evaluar el efecto de prácticas de conservación de suelo y la incorporación de rastrojo en la retención de humedad y el desarrollo vegetativo del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la aldea de Pahoj del municipio de Rabinal Baja Verapaz. En la investigación se logró concluir que la utilización de la práctica de conservación de suelos Barreras Vivas con 10 ton/ha de rastrojo se obtuvieron mejores rendimientos en la producción de maíz, siendo estos 3, 211 kg/ha.

En la fase de servicios técnicos del EPS CUNBAV-USAC se realizaron cuatro servicios técnicos, con el objetivo de brindar capacitaciones y asistencia técnica a los productores agrícolas de la aldea de Pahoj. Para cumplir con el objetivo planteado, se elaboraron

planes de finca utilizando la metodología del Proyecto de adaptación al Cambio Climático en el Corredor Seco de Guatemala - KFW. Con estos planes se logró establecer bosques con especies forestales nativas, así como también se impartieron capacitaciones para la producción de abonos orgánicos de lombricompost y asistencia técnica para la implementación de prácticas de conservación de suelo.



CAPITULO I:
DIAGNOSTICO RURAL PARTICIPATIVO EN LA ALDEA DE PAHOJ DEL
MUNICIPIO DE RABINAL, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ.
GUATEMALA. C.A

1.1 INTRODUCCIÓN

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Baja Verapaz (CUNBAV) y la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) se desarrolló el Diagnóstico rural participativo (DRP) en la aldea de Pahoj, del municipio de Rabinal departamento de Baja Verapaz, con el objetivo de conocer la situación actual y recopilar información e identificar los problemas y las necesidades en la aldea principalmente en las áreas: agrícola, pecuario, economía, infraestructura y servicios básicos.

El diagnostico rural participativo (DRP) se desarrolló bajo un enfoque, inclusivo y participativo, lo que permitió que todos los miembros de la aldea pudieran involucrarse, compartiendo información valiosa desde sus propias vivencias y perspectivas. Para la recopilación de la información contenida en el diagnóstico, se emplearon diversas herramientas metodológicas de consulta secundaria, como encuestas, recorridos por la aldea, visitas domiciliarias y reuniones con grupos focales.

El diagnóstico nos permitió obtener información sobre los recursos con los que cuenta la aldea en distintos sectores tales como, agrícola, forestal, económico, social, pecuario, cultural, organizativo e institucional.

Los miembros de la aldea de Pahoj identificaron sus problemas, de los cuales resaltan principalmente, la falta de insumos agrícolas como semillas, y fertilizantes, falta de fuentes de agua para la agricultura, falta de asistencia técnica, suelos poco fértiles con porcentaje alto de pendiente y erosionados. Bajo estas condiciones agroecológicas hacen que la agricultura especialmente de subsistencia en la aldea de Pahoj tengan rendimientos bajos y condiciones precarias para su sostenibilidad como una fuente de ingreso a las familias de la aldea.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La aldea de pahoj, ubicada en el municipio de Rabinal departamento de Baja Verapaz, es una de las aldeas que se encuentra ubicada en la parte media del municipio, en donde los habitantes cuentan con terrenos con pendientes pronunciadas

De acuerdo con el sistema de clasificación de vida propuesta por Holdridge (2018), la aldea Pahoj se encuentra dentro de la zona de vida denominada “bosque seco premontano tropical (bs-PMT)”. Este ecosistema se caracteriza por presentar eventos pluviales escasos pero intensos, concentrado en cortos periodos del año, lo que provoca una distribución irregular del agua disponible para los cultivos. Estas condiciones afectan directamente la productividad agrícola, generando suelos con menor retención de humedad, erosión acelerada y un mayor riesgo de pérdida de cosechas debido a la variabilidad climática.

La importancia de este proceso radica en la necesidad de comprender, de manera integral, la situación actual que enfrenta la población. Para ello, se generó información contextualizada enfocada en el área agrícola, pecuario, económico, infraestructura y servicios básicos, lo que permitió obtener una visión más amplia y detallada de la aldea. A través de este diagnóstico, se establece una línea base que servirá como referencia para futuras intervenciones tanto institucionales como académicas, facilitando la planificación de acciones que respondan de manera pertinente a las realidades y potencialidades de la aldea.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

1. Conocer los problemas y las necesidades agrícolas, socioeconómicas, ambientales, pecuarias con los que cuenta la aldea de Pahoj del municipio de Rabinal departamento de Baja Verapaz.

1.3.2 Específicos

1. Obtener información con apoyo de los productores para desarrollar un diagnostico rural participativo, haciendo uso de herramientas como encuestas, fichas de campo y visitas a finca.
2. Identificar los problemas y necesidades más importantes con los que cuenta la población de la aldea.
3. Conocer las actividades agrícolas, pecuarias, culturales y socioeconómicas de la aldea de Pahoj.

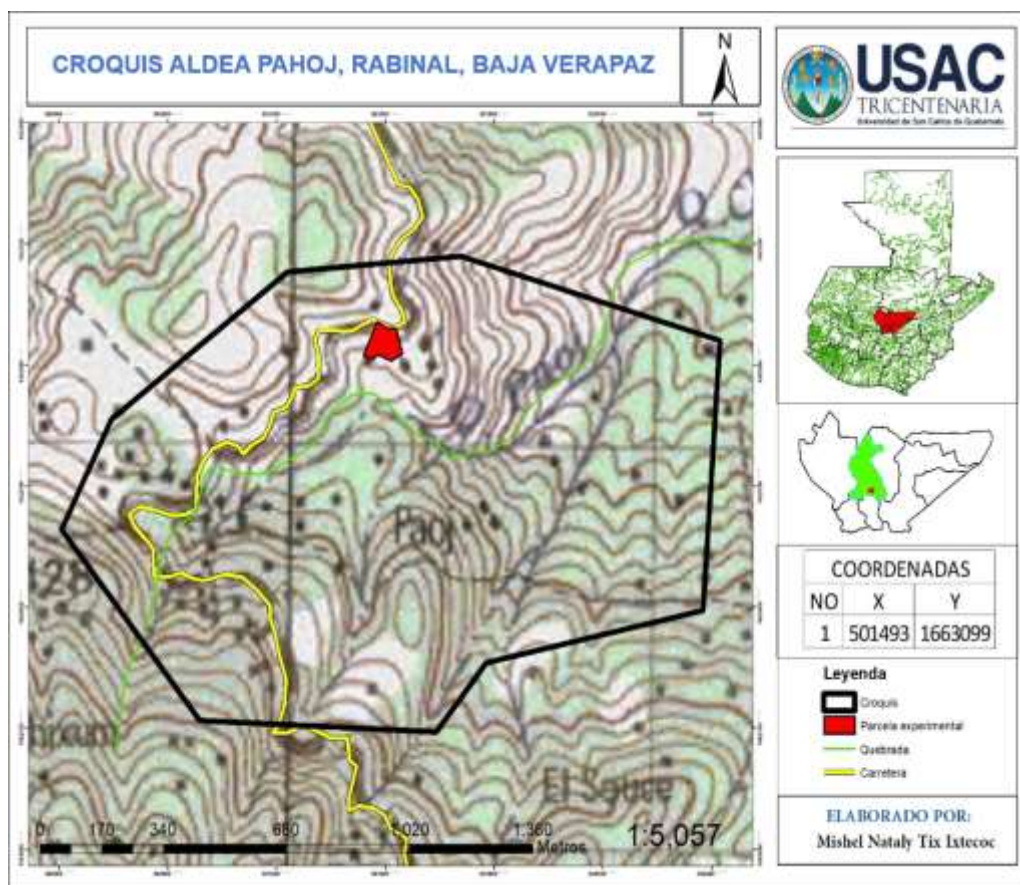
1.4 MARCO REFERENCIAL

1.4.1 Ubicación y localización

La aldea de Pahoj posee 1.5 Km² de extensión territorial y se encuentra situada en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, ubicada en el sur de la cabecera municipal. La carretera que da acceso a la aldea es de terracería a la cual se le da mantenimiento cuando es época seca puesto que cuando empieza la temporada de lluvia se deteriora.

La aldea de Pahoj limita al norte con la aldea Piedra de cal, al sur con la aldea de Balanché, al este con la aldea El Sauce y la Aldea Chuateguá, al Oeste: con la aldea de Chixim y la aldea Xesiguán, (Coloch, 2010)

Figura 1: Croquis de Aldea Pahoj



Fuente: Elaboración propia

1.4.2 Fisiografía

Según la secretaria de Planificación y Programación de la presidencia -SEGEPLAN- Fisiográficamente los suelos del municipio de Rabinal, pertenecen a la Altiplanicie Central aproximadamente un 90%, y un escaso 10% de clases misceláneas de terreno. La agrupación de los suelos es alrededor de un 55% de suelo poco profundo sobre serpentina y esquiso (series de Sholanimá y Chol), un 25% de suelos profundos sobre materiales sedimentarios y metamórficos (serie Marajuma), 10% de los suelos bien drenados sobre ceniza volcánica (serie Salamá, fase quebrada) y 10% de suelos de los valles, no son específicos. (Subuyuj Yoc, 2009)

1.4.3 Microcuenca

De acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal, la aldea de Pahoj forma parte de la microcuenca de Xesiguan, esta cuenta con una extensión de 18.6 kilómetros. Alrededor del 89% del área de la microcuenca tiene un grado alto a severo de susceptibilidad a la erosión; es decir, la capacidad de uso de estos suelos es de protección y no de utilización en la agricultura, ni siquiera de manejo forestal. Por el contrario, sólo un 2% (32 hectáreas) tiene un grado bajo de susceptibilidad, por lo que podrían ser utilizados en agricultura con prácticas de conservación de suelos y aguas para minimizar la erosión por surcos y laminar. El restante 9% del área de la microcuenca tiene un grado medio de susceptibilidad a la erosión por lo que sería para actividades de manejo agroforestal. En síntesis, alrededor de un 10% de los recursos naturales (bosque y suelo) de la microcuenca, debería estar siendo manejado y utilizado sosteniblemente y el restante 90% en conservación. La microcuenca provee de agua para realizar agricultura bajo riego y abastecimiento a la cabecera municipal de Rabinal y a las aldeas. (MDGIF, 2009)

Esta microcuenca cuenta con pendientes entre 12 y 22%, la profundidad efectiva va desde 100 centímetros (parte alta) hasta 40 centímetros la parte media, la parte baja aún no está definido; el drenaje en la parte alta es bueno, la parte media es excesivo y en la parte baja un no está definido. La erosión puede llegar a ser entre 30 ton/ha/año en la parte alta y media de la microcuenca y hasta 50ton/ha/año en la parte baja y es una de

explotación forestal y de conservación, de acuerdo a su capacidad de uso de la tierra. (Leal, 2017)

1.4.4 Suelos

En el municipio de Rabinal se hallan los horizontes del suelo tipo B y C (por la acumulación de arcillas que han sido arrastradas por el agua y subsuelo formado por la roca Madre fragmentada en proceso de descomposición respectivamente) en su mayor parte es de vocación forestal. Están catalogados como suelos bien drenados y mal drenados sobre ceniza volcánica, que son lo aptos para bosques y suelos poco profundos sobre material sedimentario y metamórfico que es cuando el material madre es serpentina de relieve escarpado a inclinado, con mal drenaje interior el mejor uso es para potreros, tomando las precauciones necesarias pueden ser utilizadas para cultivar. (Subuyuj Yoc, 2009)

1.4.5 Zona de vida y clima

La zona de vida la aldea es el bosque seco premontano tropical (bs-PMT), los territorios en los que se encuentra esta zona de vida, se registra una precipitación pluvial anual comprendida entre los 640y 1,200 mm, alcanzando un valor promedio de 1,133 mm. Por su parte los valores de temperatura promedio anual mínima y máxima se encuentran comprendidos entre los 18.3 y los 24 °C siendo el valor promedio para todo el ecosistema de 22.56 °C.

Según el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra en 2014 el 50.46% del área que ocupa esta zona está cubierta por matorrales y arbustos, el 27.31% por granos básicos, el 10.13% por ganadería y el 8.78% por bosque. El café tan solo cubre el 0.5% de la zona y el azúcar solo llega a cubrir el 0.11%. El resto del territorio se encuentra destinado a otros usos de la tierra. (IARNA-URL, 2018)

1.5 METODOLOGÍA

El diagnóstico rural participativo desarrollado en la aldea de Pahoj se llevó a cabo mediante un enfoque cualitativo y participativo, orientado a recopilar información contextualizada sobre las condiciones sociales, económicas, productivas y ambientales del territorio. La metodología combinó la revisión de fuentes secundarias, la observación directa en el campo y la participación activa de miembros de la aldea, lo que permitió construir un panorama integral de la realidad local.

1.5.1 Fase de gabinete inicial

Se llevó a cabo una consulta bibliográfica en diversas fuentes con el objetivo de obtener una visión general sobre el contexto de la aldea de Pahoj, para ello, se revisaron documentos e información generada por instituciones como el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) a través de la oficina municipal agrícola, Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional –SESAN-, también se revisó información contenida en el Plan de Desarrollo Municipal de Rabinal Baja Verapaz disponible en la base de datos de la Secretaría de Planificación y Programación de la presidencia –SEGEPLAN-, 2011-2025, así como el informe de línea base sobre el estado de los recursos naturales de 6 microcuencas en los municipios del corredor seco de Baja Verapaz, Guatemala.

Adicionalmente, se analizaron otros documentos técnicos y estudios previos que contienen información relevante sobre las características biofísicas, sociales y productivas del territorio. Como complemento, se utilizó la herramienta Google Earth para observar las condiciones geográficas de la aldea y sus vías de acceso, facilitando así una mejor comprensión del entorno físico en el que se desarrolló el diagnóstico.

1.5.2 Fase de campo

En esta fase se llevaron a cabo actividades que servirían para recolectar información de la aldea con ayuda de las personas que viven en la misma, las cuales se hicieron con la autorización del COCODE, esto con el fin de seguir con el proceso de realización del diagnóstico. La información se recopiló mediante el desarrollo del Diagnóstico Rural Participativo –DRP- usando herramientas como:

1.5.2.1 Observación participativa

Para iniciar el proceso era necesario hacer una presentación ante las personas de la aldea, esto se llevó a cabo mediante la participación en reuniones realizadas por el MAGA con los grupos CADER de la aldea, en la cual se dio a conocer las actividades que se harían para realizar el diagnóstico.

1.5.2.2 Recorrido por la aldea de Pahoj

Tomando en cuenta las medidas de prevención establecidas debido a la situación sanitaria provocada por la COVID-19 en el municipio de Rabinal, se realizó un recorrido de campo en la aldea con el propósito de observar directamente las áreas de cultivo utilizadas por los productores, así como los sistemas de producción implementados. Durante la visita también se recolectó información relacionada con aspectos ambientales, socioeconómicos y el acceso a servicios básicos. Todos los datos obtenidos fueron registrados cuidadosamente en una libreta de campo, lo que permitió sistematizar las observaciones realizadas en el territorio.

1.5.2.3 Encuestas estructuradas

Se realizaron encuestas estructuradas durante el recorrido que se llevó a cabo en la aldea, en la cual se tomó en cuenta el número de familias para poder obtener información más detallada. Para calcular el tamaño de la muestra, tomando en cuenta que se conoce el tamaño de la población, se utilizó la siguiente fórmula:

En donde:

N = Tamaño de la Población

Z = Nivel de Confianza

p = Probabilidad de Éxito

q = Probabilidad de Fracaso

d = Precisión

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{(N - 1) * d^2 + Z_a^2 * p * q}$$

en base a la fórmula utilizada, se encuestaron a 30 personas de la aldea.

1.5.2.4 Diagnostico por transectos

Este se llevó a cabo mediante el apoyo de una boleta previamente elaborada y adaptada a las condiciones de la aldea. Dicha boleta, permitió recolectar datos respecto al clima en el que las variables fueron: meses de época lluviosa, meses de época seca, periodo de canícula. El Uso actual de la tierra, (topografía del terreno, susceptibilidad de erosión). Vegetación, (cultivos que produce, uso de leña como combustible, cuanta leña consumen al mes, entre otros). Agua, Amenaza, vulnerabilidad y riesgo, entre otros.

1.5.3 Fase final de gabinete

Para la última fase, se recopilaron todos los datos que se obtuvieron mediante las herramientas del Diagnostico Rural Participativo –DRP- para ser analizados e interpretados y así identificar los problemas y necesidades que están afectando a la aldea.

1.6 RESULTADOS

1.6.1 Lenguaje materno

En la aldea de Pahoj, la mayoría de los habitantes son hablantes nativos del idioma achí, una de las lenguas mayas que forma parte del patrimonio cultural del municipio de Rabinal y del departamento de Baja Verapaz. Sin embargo, además de su lengua materna, gran parte de la población también posee un dominio funcional del idioma español, especialmente en contextos escolares, institucionales o comerciales. Esta capacidad de bilingüismo permite a los miembros de la aldea interactuar tanto dentro como fuera de su territorio, facilitando el acceso a servicios, la participación en procesos organizativos y la vinculación con programas de desarrollo

1.6.2 Religión

En la aldea de Pahoj se encuentran presentes dos expresiones religiosas principales: la iglesia católica y la iglesia evangélica, las cuales desempeñan un papel importante en la vida espiritual y social de los habitantes. Ambas congregaciones cuentan con espacios propios donde se llevan a cabo actividades litúrgicas, encuentros comunitarios y celebraciones tradicionales. La iglesia católica, con una presencia histórica más prolongada en la región, conserva ciertas prácticas religiosas heredadas de generaciones anteriores, muchas de las cuales se entrelazan con expresiones culturales propias del pueblo achí. Por su parte, la iglesia evangélica ha ganado presencia en las últimas décadas, ofreciendo a sus miembros una forma distinta de vivencia religiosa, centrada en el estudio bíblico y en la organización de grupos de apoyo espiritual

1.6.3 Educación

La aldea cuenta con un centro educativo de nivel primario, al que asisten la mayoría de los niños y niñas del área. Sin embargo, al concluir este nivel, muchos estudiantes deben trasladarse a aldeas cercanas o al casco urbano de Rabinal para continuar con su educación básica y diversificada, lo cual representa una barrera debido a la distancia, los costos de transporte y las limitaciones económicas de muchas familias. A pesar de estas dificultades, existe un fuerte interés por parte de los padres de familia en que sus hijos

continúen estudiando, reconociendo la educación como una herramienta esencial para acceder a mejores oportunidades.

Debido a la situación del coronavirus, se está trabajando mediante “burbujas”, en la cual, se han formado grupos de trabajo y los niños asisten a la escuela en un horario ya definido, en donde se les brinda libros para estudio y cuadernos de trabajo.

1.6.4 Situación económica y social

La mayoría de las familias de la aldea dependen de la agricultura para generar ingresos económicos, al no contar con un trabajo estable algunos optan por vender su mano de obra, trabajando como jornaleros en las fincas cañeras, o bien fincas cafetaleras, o bien a la ciudad capital entre otros. Las mujeres se dedican a plantar hortalizas para venderlos en el mercado del municipio.

Debido a esto se puede notar que las personas de la aldea tienen grandes problemas y necesidades respecto a la seguridad alimentaria y nutricional.

1.6.5 Vivienda

La mayoría de las casas están construidas con materiales tradicionales como adobe, lámina, madera y piso de tierra, aunque algunas viviendas muestran mejoras con la incorporación de bloques de cemento o pisos de concreto. Las casas cuentan con dormitorios, cocina, patio, letrina, no todas tienen gallinero.

Una parte de las viviendas en la aldea de Pahoj se encuentra ubicada en zonas de ladera, lo que representa un riesgo significativo para sus habitantes, especialmente durante la temporada de lluvias. La inclinación del terreno y la inestabilidad del suelo aumentan la probabilidad de deslizamientos o derrumbes, poniendo en peligro tanto la integridad física de las familias como la seguridad de sus bienes.

1.6.6 Uso y tenencia de la tierra

El uso que las personas le dan a sus tierras es de uso agrícola, en el cual las personas siembran granos básicos. Así mismo cuentan con pequeñas áreas de terreno en la cual siembran algunos frutales, tales como el banano, níspero, mango entre otros. El café

también forma parte de los cultivos que las personas manejan. Los terrenos en donde realizan sus actividades agrícolas cuentan con pendiente estando entre el 25% y 35%. Algunas personas arrendan terrenos para poder cultivar.

1.6.7 Recurso forestal y áreas protegidas

Según cuentan las personas, las áreas de bosque en la aldea han ido disminuyendo con el pasar del tiempo, esto debido a diferentes factores, entre ellos y el más predominante es el avance de la frontera agrícola, aquellas áreas de vocación forestal ahora están siendo utilizadas para la agricultura. Otro factor importante es la tala de árboles, los cuales son usados como combustible para que los pobladores puedan cocinar sus alimentos.

Algunas especies de árboles que hay en la aldea son: Chalum (*Inga vera*), Cedro (*Cedrela odorata*.), Roble (*Tabebuia rosea*), Pino (*Pinus sp*), Cuxin (*Inga Michelliana*), Encino (*Quercus xalapensis*), Matilisqueate (*Tabebuia rosea*), Eucalipto (*Eucalyptus sp*), Guayaba (*Psidium guajava*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), Durazno (*Prunus pérsica*), Anona (*Annona squamosa*), Aguacate (*Persea americana*), entre otros.

1.6.8 Consumo de leña

Todas las familias usan la leña como combustible para cocinar sus alimentos, según las personas una mínima parte la obtienen recolectando en sus terrenos, sin embargo, esto no cubre por completo la demanda, es por ello que la compran, por ella pagan de Q 125.00 a Q 150.00 por tarea según las personas, una tarea de leña contiene 250 leñas.

1.6.9 Conservación de suelos

La aldea de Pahoj se encuentra en la parte media-alta del municipio de Rabinal por ello es importante que las personas al sembrar realicen prácticas de conservación de suelos, sin embargo, únicamente el 43.33% de los productores realizan estas prácticas, entre ellas: curvas a nivel, barreras vivas, barreras muertas y acequias. El 56.66% de los agricultores no realizan prácticas de conservación, esto representa una gran pérdida del recurso suelo, lo que ha provocado que el rendimiento de sus cultivos baje.

1.6.10 Agua

La aldea se abastece de agua mediante un sistema de agua potable, esta agua la obtienen de la aldea de Xesiguan y de la parte alta de la aldea de Chichupac. El agua es usada para consumo del hogar y algunas personas la utilizan para regar los pequeños huertos con los que cuentan.

1.6.11 Producción agrícola

Los cultivos que predominan en la aldea son el maíz y el frijol, siendo estos los granos básicos de mayor importancia para la alimentación y que forman parte de la dieta diaria del guatemalteco.

Los productores tienen establecido un periodo en el cual siembran para aprovechar la época de lluvia, la cual empieza en mayo y continua hasta finales del mes de octubre.

Tabla 1: Calendario de las estaciones percibido por productores de la Aldea de Pahoj

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Meses de época lluviosa					X	x	x	x	x	x		
Meses de época seca	x	x	x	x							x	x

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, la producción ha ido disminuyendo con el tiempo, desde el punto de vista de los productores, esto se ha dado debido a varios factores, entre los más importantes, la pérdida del suelo, al cambio climático y la falta de agua.

En la aldea también siembran hortalizas, entre ellas: cilantro (*Coriandrum sativum*), rábano (*Raphanus sativus*), cebollin (*Allium schoenoprasum*), colis, apio (*Apium graveolens*), chile pimiento (*Capsicum annuum*) y perejil (*Petroselinum crispum*). Esto para consumo y una pequeña proporción la venden en el mercado del municipio los días de plaza.

1.6.12 Producción pecuaria

La mayoría de las personas de la aldea de Pahoj cuenta con aves de traspatio a nivel familiar, y un porcentaje de las personas cuenta con bovinos y cerdos. El uso que las personas le dan al ganado, es únicamente para producción de leche.

1.6.13 Salud

En la aldea no hay puesto de salud, el más cercano se encuentra en la aldea de Chuategua sin embargo, si se cuenta con un centro de convergencia, en el cual se atiende cada quince días, es por ello que las personas prefieren ir al Centro de Salud cuando se encuentran mal o bien ir a una clínica privada.

Cuando se trata de enfermedades comunes y fáciles de controlar, hacen uso de algunas plantas medicinales que tienen a su alcance, como: Ruda (*Ruta graveolens*), Manzanilla (*Chamaemelum nobile*), Altamisa (*Ambrosia peruviana*), Epazote (*Dysphania ambrosioides*), Esencia de monte (*Levisticum officinale*), Llantén (*Plantago major*), Albahaca (*Ocimum basilicum*), Chilca (*Baccharis latifolia*), hoja de Limón (*Citrus sp*), hoja de Naranja (*Citrus sp*), Rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), Té de limón (*Cymbopogon citratus*), Verbena (*Verbena officinalis*), Rosa blanca (*Rosa × alba*), Hierbabuena (*Mentha spicata*), Hierba Mora (*Solanum nigrum*).

1.6.14 Situación actual de Covid 19

Rabinal es uno de los municipios del departamento de Baja Verapaz en los cuales el semáforo de casos de coronavirus se encuentra en color rojo es por ello que es muy importante tomar en cuenta la situación en la que se encuentra la aldea.

Actualmente se han realizado charlas a cerca del correcto lavado de manos por parte del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), en el cual las personas de la aldea han asistido, hacen uso de la mascarilla cuando van al mercado y usan desinfectante alcohol en gel.

1.6.15 Seguridad alimentaria y nutricional

Según los datos la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional –SESAN-, Pahoj es una de las aldeas en las cuales se han presentado casos de Desnutrición aguda, siendo Rabinal uno de los municipios que están priorizados por extrema pobreza a nivel nacional es un municipio en el cual se presenta una alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria y nutricional.

1.6.16 Amenaza, Vulnerabilidad y riesgo

Al ser una aldea que se encuentra en la parte alta del municipio, es susceptible a fenómenos geológicos, según las personas, cuando es época de lluvia se producen algunos derrumbes, además que las carreteras se deterioran y el acceso a la aldea es complicado para ellos.

1.6.17 Organización local

La aldea cuenta con un COCODE el cual está compuesto por un presidente, un vicepresidente, un secretario y un tesorero. También está compuesta por personas encargadas de coordinar temas que ayuden al desarrollo de la aldea, siendo estas: coordinador de educación, coordinadora de salud, coordinador de agua, coordinador ciudadano, coordinador de desastres, coordinadora nutricional, coordinadora de la mujer, coordinadora de la niñez y coordinadora del delito.

1.6.18 Presencia institucional

- Actualmente la aldea cuenta con el apoyo de instituciones que buscan el desarrollo de la misma. En Pahoj intervienen las siguientes instituciones:
- MAGA el cual ayuda a los productores mediante los grupos CADER en donde les dan asesoría sobre el cultivo de hortalizas y el manejo de los cultivos.
- Caritas está iniciando proyectos en la aldea, este año se tiene planeado iniciar con Escuelas de Campo Agrícolas y apoyarlos con incentivos económicos que están destinados para la compra de herramientas de trabajo.
- Corazón de Maíz, esta institución apoya a las personas de la aldea en el manejo agronómico del cultivo de café y la producción de pilones del mismo.

- MARN-KFW apoya a la aldea en torno al tema de conservación de suelos y el manejo de rastrojo, brindándole a los beneficiados semillas de maíz mejoradas y de pasto. En el caso de la aldea de Pahoj a algunas personas se les va a brindar tinacos para la recolección de agua para sus cultivos.

1.6.19 Descripción y priorización de problemas

Lluvia de ideas

Para priorizar los problemas con los que cuenta la aldea, se realizó una lluvia de ideas con grupos focales, en la cual las y los productores manifestaron las necesidades con las que cuenta la aldea enfocado en cuatro áreas que se consideraron las más importantes, siendo estas: agrícola, pecuario, económico e infraestructura y servicios básicos.

Según los datos recopilados en la reunión con grupos focales, los productores plantearon los problemas desde el punto de vista agrícola la principal problemática que tiene la aldea es la falta de agua, el cual afecta a sus cultivos provocando pérdidas irreparables; los eventos pluviales de corta duración pero con intensidad que provocan la erosión del suelo y perdidas en los cultivos, el deterioro de algunos sistemas de riego con los que cuentan enfocándose en la necesidad de mangueras para riego; no cuentan con semilla suficiente para poder sembrar; en torno a la crianza de aves de traspatio, manifestaban que año con año tienen muchas pérdidas de sus aves debido a las enfermedades como la viruela aviar y la new castle en donde resaltaban la necesidad de una jornada de vacunación mediante un plan profiláctico de aves.

Además, también se plantearon problemas y necesidades que afectan a la aldea como la falta de empleo, apoyo para la desparasitación en niños y niñas de la aldea, falta de puesto de salud, estufas mejoradas y el mejoramiento de las carreteras que conducen a la aldea

Las personas de la aldea enfatizaron en la urgente necesidad de establecer un sistema de tratamiento de las aguas grises, pues esto ha llegado a afectar a toda la aldea. En la

tabla 2, se muestra la síntesis de los problemas y necesidades que se identificaron en la aldea.

Tabla 2: Síntesis de los problemas y necesidades identificadas en la aldea de Pahoj.

Componente	Problemas/necesidades
Agrícola	Falta de semillas, escases de agua, las tuberías de los sistemas de riego existentes se encuentran deterioradas, falta de recursos económicos, los suelos están muy erosionados, falta de nutrientes, baja producción en granos básicos (maíz y frijol), no cuentan con fertilizantes para sus cultivos, falta de tinacos para la captación de agua. Deforestación por el avance de la frontera agrícola, incendios forestales
Pecuario	Enfermedades en aves de traspatio, enfermedades en bovinos, no tienen conocimiento en los planes profilácticos en aves, falta de recursos económicos, jornadas de vacunación. Capacitación sobre el manejo de desechos sólidos.
Económico	Falta de empleo, las personas de la aldea no cuentan con un trabajo fijo que los ayude a generar ingresos económicos en sus hogares, migración hacia países extranjeros o bien a otros departamentos, desempleo.

Infraestructura y servicios básicos	Mal manejo del recurso forestal, carreteras de acceso en mal estado, uso de estufas mejoradas, falta de puesto de salud, apoyo en la desparasitación de niños y niñas, mantenimiento y construcción de letrinas, tratamiento de las aguas grises, construcción de tuberías, mantenimiento de la carretera,
-------------------------------------	--

Fuente: Elaboración Propia

1.7 CONCLUSIONES

1. El principal problema con el que se enfrenta la aldea es el cambio climático, el cual ha llegado a afectar los cultivos reduciendo el rendimiento de los mismos hasta el punto de perder toda la cosecha. Constantemente los productores se enfrentan a panorama de incertidumbre pues no pueden prever cuando el periodo de canícula será prolongado pues los productores manifiestan que la sequía afecta masivamente en la producción de sus cultivos también cuando llegan heladas queman los cultivos.
2. La población de la aldea manifiesta preocupación debido a que la producción de sus terrenos disminuye aceleradamente con el pasar del tiempo, esto lo acreditan a que los nutrientes del suelo se han ido perdiendo debido a que constantemente se erosiona. Resaltando que las prácticas agrícolas que realizan las personas de la aldea constituyen una fuente generadora de ingresos en las familias de la misma y perder sus cosechas representa una gran pérdida económica. Las personas carecen de insumos agrícolas y no tienen acceso al uso de semillas mejoradas y fertilizantes. Algunas personas sacan 1 quintal por manzana, esto quiere decir que no es rentable el cultivo en la aldea.
3. La aldea carece de conocimientos acerca de los programas de incentivos forestales, en la región se ha observado que las áreas boscosas han ido disminuyendo con el tiempo, esto debido a que las personas hacen uso de la leña como combustible para cocinar sus alimentos, otro factor es el aumento de la frontera agrícola, en la que las personas usan las tierras de vocación forestal para sembrar sus cultivos.
4. En el ámbito pecuario, las personas no cuentan con un corral para sus aves manteniéndolas sueltas, expuestas a cualquier enfermedad.

5. Para generar ingresos económicos, las personas de la aldea emigran a otros departamentos para poder conseguir empleo en fincas cañeras, también venden su mano de obra trabajando como jornaleros en la misma aldea o bien de albañiles y otros trabajan en el extranjero.

6. Los instrumentos empleados en el diagnóstico facilitaron la socialización y recopilación de información, permitiendo identificar de manera conjunta las necesidades y problemas que afectan a la aldea. Las técnicas utilizadas, así como la organización de los grupos focales, se llevaron a cabo de manera participativa, asegurando que las opiniones y perspectivas de todos los participantes fueran consideradas de forma inclusiva.

1.8 RECOMENDACIONES

1. Promover las prácticas de conservación de suelo en la aldea para poder generar materia orgánica y así contribuir a que no se siga perdiendo el suelo y la producción no se pierda.
2. Capacitar a las personas sobre y uso y manejo de los bosques y brindar información acerca de los programas de incentivos forestales para que estas áreas no sigas disminuyendo debido a la deforestación.
3. Concientizar a las personas sobre el manejo de sus desechos sólidos.
4. Implementar proyectos que ayuden a generar ingresos económicos en la aldea.
5. Capacitar a los y las productoras sobre el manejo agronómico de los cultivos de maíz y frijol, así como de las hortalizas para lograr una buena producción de sus cultivos.

1.9 BIBLIOGRAFÍA

Coloch, V. D. (2010). Diagnóstico Institucional. En V. D. Coloch, *Módulo Pedagógico Los pulmones de nuestro planeta Escuela Rural Mixta, Aldea Pahoj, quinto grado primaria, municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz*. (pág. 11). Rabinal, Baja Verapaz.

IARNA-URL. (2018). Zonas de vida piso premontano. En I. d. Landivar, *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida* (págs. 64-65). Guatemala.

Leal, J. (2017). En J. Leal, *Informe línea base: Microcuencas Prioritarias Municipales del Departamento de Baja Verapaz, Guatemala*. Baja Verapaz, Guatemala.

MDGIF . (2009). Microcuenca río Xesiguan. En A. M. S.A, *Línea base sobre el estado de los recursos naturales en 6 microcuencas en los municipios del corredor seco de Baja Verapaz, Guatemala*. (pág. 34). Guatemala.

Subuyuj Yoc, J. M. (2009). Características Socioeconómicas de Rabinal Baja Verapaz. En J. M. Subuyuj Yoc, *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión* (pág. 4). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala .

1.10 ANEXOS

Figura 2A: Recorrido por la aldea de Pahoj



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3A: Reunión con cocode de la aldea Pahoj



Figura 4A: Lluvia de ideas en grupos focales en la aldea



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5A: Encuestas Domiciliares



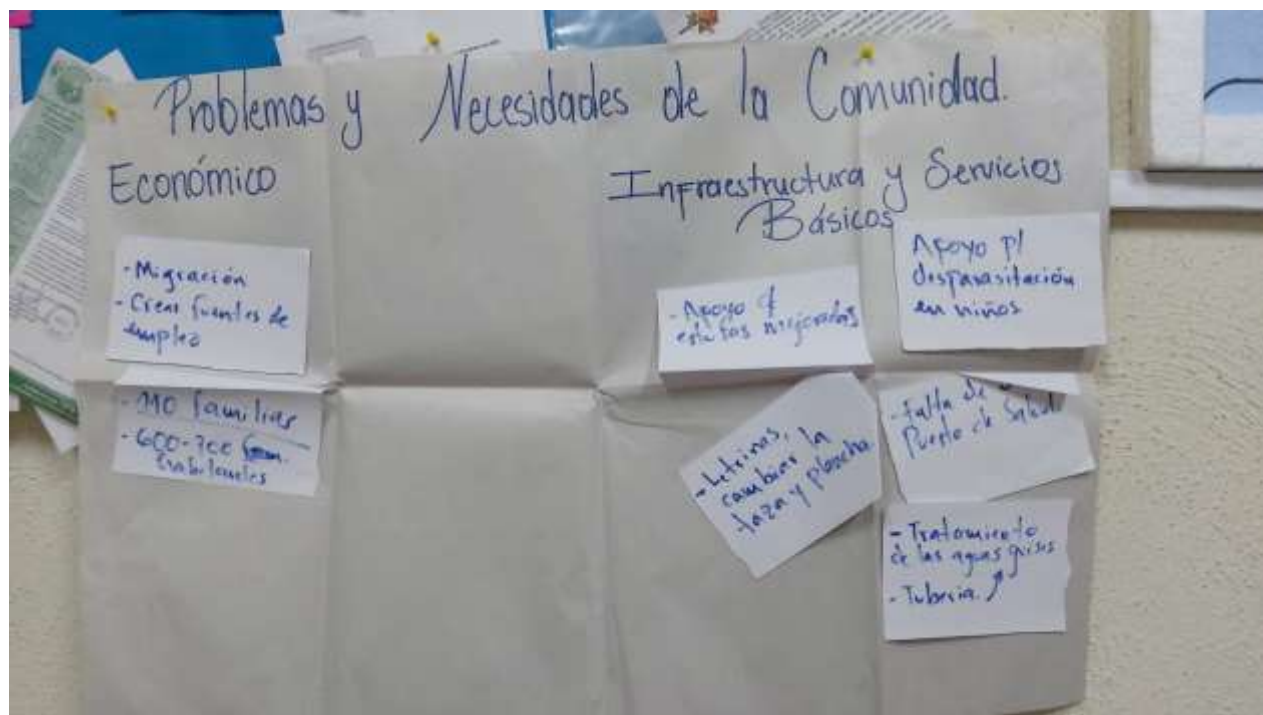
Fuente: Elaboración Propia

Figura 6A: Croquis de la aldea Pahoj



Fuente: Puesto de Salud de la aldea de Chuategua

Figura 7A: Problemas y necesidades en el sector económico, infraestructura y servicios



Fuente: Elaboración Propia

Figura 8A: Problemas y necesidades en el sector agrícola y pecuario



Fuente: Elaboración Propia

Boleta utilizada para realizar encuesta en la aldea de Pahoj

DIAGNOSTICO RURAL PARTICIPATIVO EN LA ALDEA DE PAHOJ, RABINAL BAJA VERAPAZ.

1. Datos del encuestado (a):

1.1 Nombre: _____

1.2 Sexo: Masculino: _____ Femenino: _____

1.3 Edad: _____

1.4 Nivel de escolaridad que posee: _____

1.5 De cuantos miembros está compuesta su familia: _____

1.6 Idioma que domina: _____

2 Fuentes de ingresos económicos

2.1 De donde obtiene sus ingresos:

Agricultura _____ Ganadería _____ Comercio _____ Jornalero _____

Empleado _____ otros _____

2.2 Cuantos meses al año trabaja en la agricultura: _____

2.3 Tiene hijos que trabajen: _____

2.4 Trabaja fuera de la aldea: sí _____ No _____ Donde _____

3 Uso y Tenencia de la tierra

3.1 Cuanta extensión de terreno tiene para siembra: _____

3.2 El área en donde realiza sus actividades agrícolas es:

Propia _____ arrendada _____ comunal _____

3.3 Qué uso le da al terreno que posee: agricultura _____ Ganadería _____

Frutales _____ Bosque _____ Otros _____

4 Organización social

4.1 Dentro de la aldea existen grupos de productores organizados: SI__ NO__

4.2 Cuáles: _____

5 Uso y manejo del bosque

5.1 En su casa utilizan leña para cocinar: SI ____ NO ____

5.2 Cómo la obtienen: Compran ____ Recolectan ____ Otros ____

5.3 Si la compra, cuánto paga: Por tarea ____ Por carga ____

6 Reforestación

6.1 Existen áreas protegidas por el inab en la aldea: SI ____ NO ____

6.2 Las áreas boscosas en su aldea han: Aumentado ____ Disminuido ____

Sigue igual ____

6.3 Si han disminuido, cuál cree que es la razón por la que ha sucedido y considera más importante: incendios forestales ____ corte de leña ____ Avance de la frontera agrícola ____ Otros ____

6.4 ¿Conoce usted o sabe acerca de los programas de incentivos forestales y cómo funcionan? SI ____ NO ____

6.5 Qué especies forestales y frutales hay en la aldea (encino, Pino, Pino montesina, Pino Oocrpa, entre otros.)

7 Agua

7.1 De donde se abastece de agua: Nacimiento ____ Sistema de agua potable ____

Pozo ____ Río ____ Otro ____

7.2 El nacimiento de agua es propio: SI ____ NO ____

7.3 ¿Conocen que es una zona de recarga hídrica? SI ____ NO ____

7.4 Han implementado en su aldea algún sistema de cosecha de agua:

SI ____ NO ____

8 Sistema de producción agrícola y pecuario

8.1 Qué cultivos siembra en su terreno

CULTIVO _____ ÁREA RENDIMIENTO _____
DESTINO _____ PRECIO _____ VENTA _____
CONSUMO _____

HORTALIZAS _____

8.1 Qué especies pecuarias cuenta a nivel familiar: Bovinos _____ Equinos _____
Caprinos _____ Cerdos _____ Aves _____ Otros _____

8.2 Qué uso le da al ganado: lechero _____ carne _____ doble propósito _____

1 Amenaza, vulnerabilidad y riesgo

8.3 ¿ocurren deslaves en la aldea?: SI _____ NO _____

8.4 Se destruye la carretera SI _____ NO _____

8.5 Ocurren inundaciones en época lluviosa: SI _____ NO _____

9 Conservación de suelos

9.1 Existe erosión de suelo en su terreno: SI _____ NO _____

9.2 La producción en su terreno ha ido disminuyendo con el tiempo: SI _ NO _ Por
qué: _____

9.3 Realiza alguna practica de conservación de suelo: SI _____ NO _____

9.4 Cuales: Acequias _____ Barreras vivas _____ Barreras Muertas _____ Curvas a
nivel _____

10 Salud

10.1 La aldea cuenta con puesto de salud: SI _____ NO _____

10.2 A donde acude cuando está enfermo: _____

10.3 A qué distancia se encuentra: _____

10.4 Utiliza plantas medicinales: _____

11 Situación actual de Covid 19

11.1 Han hecho capacitaciones en la aldea a cerca del correcto lavado de manos: SI _____ NO _____

11.2 Usa frecuentemente la mascarilla cuando va al mercado: SI _____ NO _____

11.3 Usa algún desinfectante: Alcohol _____ Alcohol en gel _____ Otro _____

11.4 En la aldea ha habido casos de coronavirus: SI _____ NO _____

12 Infraestructura y servicios básicos

12.1 Tipo de construcción: Madera _____ Adobe _____ Block _____ Bajareque _____

12.2 Cuenta con energía eléctrica: SI _____ NO _____

12.3 Cuenta con drenaje: SI _____ NO _____

12.4 Tipo de techado: Lamina _____ Teja _____

12.5 Tipo de piso: tierra _____ cemento _____ Otro _____

13 Desechos

13.1 Qué hace con los desechos sólidos que extrae de su vivienda:

Quema _____ Entierra _____ tira en terreno baldío _____ otro _____

14 Religión

¿Qué religión profesa? Católica _____ Evangélica _____ Otro _____

La aldea cuenta con iglesia: SI _____ NO _____

15 CAPACITACIONES

15.1 Les parece interesante participar en capacitaciones: SI _____ NO _____

15.2 Sobre qué tema le interesaría capacitarse:

16 Necesidades más urgentes de la aldea:

16.1 Desde su punto de vista, cuáles son las necesidades prioritarias de su aldea:

17 Conclusiones o apreciaciones del entrevistador

The seal is circular with a grey border. Inside the border, the Latin text "CAROLINA ACADEMIA COACTE MALENSIS INTER CÆTTERAS ORBIS CONSPICUA" is written in a serif font. The central image is a colorful illustration. At the top center is a golden dome with a cross on top, flanked by two golden keys. To the left is a golden castle tower, and to the right is a golden lion rampant. Below these are two golden columns. In the center, a figure in a red and white outfit is seated. At the bottom, a knight in blue and gold armor is riding a white horse, holding a lance. The background is a light blue sky with green hills at the bottom.

CAPITULO II

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y LA INCORPORACIÓN DE RASTROJO EN LA RETENCIÓN DE HUMEDAD Y EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA ALDEA PAHOJ DEL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ.

2.1 INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*) es el grano básico más importante y de mayor consumo en Guatemala, esto debido a que forma parte de la dieta alimentaria de la población. En este contexto, resulta indispensable aplicar un manejo agronómico adecuado a lo largo del proceso productivo del cultivo, con el objetivo de optimizar los rendimientos.

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Baja Verapaz CUNBAV de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, se planteó realizar la investigación, *“Evaluación del efecto de prácticas de conservación de suelo y la incorporación de rastrojo en la retención de humedad y el desarrollo vegetativo del cultivo de maíz (Zea mays L.) en la aldea de Pahoj del municipio de Rabinal Baja Verapaz”*; esto tomando en consideración las condiciones agroecológicas y topográficas de la aldea.

En la presente investigación se evaluaron prácticas de conservación de suelo, siendo estas; las barreras vivas, las acequias de ladera y las curvas a nivel; para ello se incorporó al suelo cuatro niveles de rastrojo de maíz, obtenidos de la cosecha anterior; los cuales fueron 0 ton/ha de rastrojo, 2.5 ton/ha de rastrojo, 5 ton/ha de rastrojo y 10 ton/ha de rastrojo. En la investigación se utilizó un experimento bifactorial bajo un diseño experimental en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con doce (12) tratamientos y tres (3) repeticiones provenientes del bifactorial 3 x 4 (3 prácticas de conservación y 4 niveles de rastrojo). Así mismo, se evaluó comportamiento del desarrollo vegetativo del cultivo de maíz. Para esta investigación se utilizó la variedad de La investigación se realizó con el objetivo de evaluar la retención de humedad en el suelo, haciendo así una curva de comportamiento de la humedad retenida. También se evaluó el desarrollo radicular (cm), los días de germinación, biomasa aérea (ton/ha), rendimiento del grano de la variedad ICTA V-301 (kg/ha), haciendo uso de manejo tecnológico recomendado por el ICTA para la variedad de maíz utilizada; en esta investigación se contó con la cooperación y participación productores de la aldea. Los resultados que se obtuvieron en la fase de campo fueron analizados estadísticamente y para ello se realizó un análisis de varianza ANDEVA a las diferentes variables establecidas y para las

variables que presentaron diferencia estadísticamente significativa se realizó una prueba de LSD de Fisher al 95% de confianza.

En conclusión, se logró determinar que, dentro de las variables evaluadas, estadísticamente el uso de rastrojo y prácticas de conservación de suelo pueden influir en la germinación de la semilla; esto debido a que los tratamientos a los cuales se le aplicó mayor cantidad de rastrojo presentaron un retraso en los días de germinación siendo estos 5 ton/ha y 10 ton/ha de rastrojo. Para las variables desarrollo radicular y biomasa aérea los resultados evaluados no presentaron diferencia estadísticamente significativa esto respecto a la interacción de las prácticas de conservación de suelo y los niveles de rastrojo. En cuanto a los rendimientos más altos obtenidos en kg/ha estos se obtuvieron al realizar la práctica de conservación barreras vivas con 10 ton/ha de rastrojo obteniendo un promedio de 3,211.11 kg/ha de maíz.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la aldea Pahoj, ubicada en Rabinal, departamento de Baja Verapaz, se realizó un diagnóstico Rural Participativo, en el cual, se identificó como problemática la erosión y falta de retención de humedad en el suelo.

Según encuesta realizada en el diagnóstico rural participativo a productores de la aldea, aproximadamente el 90% de los agricultores de la zona han estado cultivando mediante métodos convencionales, sin tomar en cuenta el cuidado del recurso suelo-agua, debido a eso el rendimiento de sus cultivos ha ido disminuyendo.

Según el estudio de los ecosistemas de Guatemala realizado por el IARNA la aldea de Pahoj se encuentra ubicada dentro del bosque seco premontano tropical (bs-PMT), en donde se registra una precipitación pluvial anual comprendida entre los 624 y 1200 mm (IARNA-URL, 2018), debido al aumento de la temperatura del ambiente en la región, la humedad del suelo no se mantiene por un tiempo prolongado, provocando pérdidas de cosecha del cultivo de maíz (*Zea mays* L)

Según la Asociación Nacional de Granos Básicos (ANAGRAB), en 2019, a nivel nacional se estimó que entre el 30 y el 40 por ciento del cultivo de maíz se perdió debido a la sequía, afectando aproximadamente 360,000 a 480,000 hectáreas. Por segundo año consecutivo, los agricultores de subsistencia en el Corredor Seco de América Central enfrentaron rendimientos deficientes según el Crop Monitor de Global Agricultural Monitoring (Geoglam). Este informe indica que, aunque la cosecha de maíz y frijol de primera se completó en septiembre, los rendimientos se vieron afectados negativamente por las condiciones climáticas irregulares al inicio de la temporada.

El informe de situación de Maíz blanco en Guatemala (2018), para el año 2017/2018 el MAGA reportó una producción de maíz en Baja Verapaz de aproximadamente 165,238 quintales, insuficiente para satisfacer la demanda local. El informe señaló que las cosechas experimentaron una notable disminución estacional entre marzo y agosto, con una escasez acentuada de mayo a julio. Durante estos meses, los mercados dependieron de las reservas de maíz almacenado y de las importaciones, lo que aumentó

la vulnerabilidad de los hogares frente a la inseguridad alimentaria debido a recursos limitados para la compra de maíz y al incremento de los precios en ese periodo.

En el 2020 el Catholic Relief Services realiza un lanzamiento de la alianza guatemalteca para el manejo de suelos, en donde especifica que en Guatemala las pérdidas anuales de suelo debido a la degradación y erosión en ciertas áreas supera las 1,200 toneladas por hectárea, en donde se estima que a nivel nacional existe una pérdida aproximada de 149 millones de toneladas de suelo fértil cada año. Este fenómeno afecta económicamente siendo esto un estimado de 66,000 millones de quetzales anuales en donde la población más afectada son las familias que practican la agricultura familiar, que en el país suman alrededor de 800,000 familias.

Por ello y debido a la importancia de este cultivo en la aldea de Pahoj, la falta de retención de humedad en los suelos, y la erosión que se produce, se hace necesario buscar tecnologías útiles y de fácil manejo para los productores; y de alguna manera lograr solucionar la problemática que existe. Es muy prescindible que los agricultores adopten nuevas tecnologías que les permitan mejorar las condiciones edáficas en sus parcelas para poder aumentar su producción, dándole un uso correcto al rastrojo, esto con el fin de aumentar la materia orgánica del suelo, así como la retención de humedad y en consecuencia el rendimiento de sus cultivos.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Los agricultores de la aldea de Pahoj del municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz muestran interés en aprender acerca de las diferentes prácticas de conservación suelo, así como el manejo de rastrojo para retener la humedad del suelo; esto debido a que sus parcelas productivas se encuentran en laderas con una pendiente promedio de 35%.

Esto hace que el suelo sea susceptible a la erosión, haciendo que con el tiempo se degrade; aunado a ello, algunos agricultores aun utilizan la práctica de la quema de rastrojo. El uso de estas prácticas conlleva a que el suelo se degrade haciendo que se vuelva menos productivo en consecuencia el rendimiento de los cultivos disminuye.

El cambio climático representa una amenaza para los pequeños agricultores que dependen de la agricultura de subsistencia es por ello que se debe fortalecer el uso de prácticas que les ayuden a mejorar sus medios de vida y diversificarlos para que puedan adaptarse y lograr contribuir a la mitigación del mismo.

Con la implementación de las prácticas de conservación de suelo, se pretende que el agricultor pueda recuperar la productividad en su parcela, invirtiendo la degradación del recurso suelo, el recurso agua y los microorganismos y así aumentar la producción en sus cultivos.

UICN y Acicafoc, (2019) asegura que la agricultura es uno de los sectores más afectados por el cambio climático, afectando los ciclos de cultivo, debido a las variaciones de precipitación y temperatura, alteraciones fisiológicas de los cultivos, degradación de los suelos e incendios, el cual va a variar de acuerdo a la región en donde se encuentre.

En la aldea de Pahoj al encontrarse dentro del el bosque seco premontano tropical, en donde los eventos de lluvia son erráticos, intensos y de poca duración, al implementar el manejo de rastrojo se pretende que el impacto de las gotas de lluvia no caiga directamente en el suelo evitando que se erosione, con ello el agua se infiltre de manera que el cultivo lo aproveche.

De acuerdo con lo anterior, la presente investigación tuvo por objetivo la evaluación de la retención de humedad y el desarrollo vegetativo en el cultivo de maíz (*Zea maíz L.*). Esto

con la finalidad de brindar a los agricultores, los cuales en su mayoría son de infra y subsistencia, una alternativa de producción y que puedan aumentar el rendimiento en sus cultivos y les ayude a mejorar su calidad de vida y poder garantizar la seguridad alimentaria y nutricional en las familias de la aldea.

2.4 MARCO CONCEPTUAL

2.4.1 Aspectos generales del cultivo de maíz

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) forma parte del grupo de los granos básicos que constituyen la dieta de la población guatemalteca por su alto contenido energético y de proteínas. En Guatemala, las principales especies de granos básicos son el maíz, frijol negro, arroz y sorgo; estos granos revisten una importancia especial por sus implicaciones culturales, socioeconómicas y alimentarias. (ICTA, 2002)

El maíz es uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental, la producción en el país se lleva a cabo mediante diversos sistemas de cultivo que incluyen diferentes épocas y métodos de siembra, en los cuales a menudo combinan el maíz con otros cultivos. En cuanto a la época de siembra, esta depende de la altitud de la región. A nivel nacional, el 80% de las siembras se realizan bajo condiciones de temporal, y estas varían según la altitud sobre el nivel del mar de cada localidad. Por lo general, las siembras se programan según el período de lluvias. (ICTA, 2002)

2.4.2 Descripción de la planta

El sistema radicular del maíz posee raíces seminales que se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad a la que ha sido sembrada. A medida que la plántula emerge sobre la superficie del suelo, el crecimiento de estas raíces se ralentiza y casi se detiene por completo cuando la plántula alcanza la etapa de tres hojas. Las raíces adventicias primarias comienzan a desarrollarse a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo. (CENTA, 2018)

El tallo de la planta es robusto, formado por nudos y entrenudos más o menos distantes, presenta de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadoras. Desde el punto donde nace el pedúnculo que sostiene la mazorca, la sección del tallo es circular hasta la panícula o inflorescencia masculina que corona la planta. (CENTA, 2018)

2.4.3 Fases de desarrollo del cultivo

Según Edmeades citado por Fuentes, Mario en 2002, para que una planta de maíz se desarrolle se requieren condiciones climáticas favorables que favorezcan el desarrollo

normal. Conocer las características fenológicas proporciona el marco temporal que determina el rendimiento y sus componentes. Los momentos clave de germinación, iniciación floral, floración y madurez fisiológica marcan las distintas fases vegetativas, reproductivas y de llenado de grano. La duración de cada una de estas fases está influenciada por el genotipo, el fotoperíodo y la temperatura las fases por las que pasa el cultivo de maíz son:

2.4.3.1 Fase vegetativa

Esta fase se inicia al momento de comenzar el proceso de germinación de la semilla y se establecen las plántulas; se expande el follaje y se forma la capacidad fotosintética del cultivo, la cual controla la producción de biomasa. La biomasa total producida por el cultivo está altamente correlacionada con el tamaño final de la mazorca y en promedio se estima que ésta ocupa el 40% del peso total; esta relación se conoce como el índice de cosecha (Bolaños & Barreto, 1991, citado en Fuentes, 2002).

2.4.3.2 Fase reproductiva

En esta fase se elabora el órgano de interés desde el punto de vista de la cosecha: la mazorca y el número de granos por mazorca que constituye la fracción cosechable de la biomasa. En el caso del maíz las flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal (espiga) y las flores femeninas en las axilas laterales (mazorcas), por lo que existe una distancia entre ambas y el polen debe viajar una corta distancia para fecundar a los estigmas. Dependiendo de la zona en donde se esté desarrollando el cultivo, existe un período que va de uno a dos días, entre la emisión del polen y la salida de los estigmas en la floración. Este período se puede alargar entre 5-8 días para las condiciones del altiplano. La polinización es una fase extremadamente sensitiva al efecto que puedan causar los estreses ambientales tales como la sequía, que puede afectar negativamente al rendimiento. (Bolaños & Barreto, 1991, citado en Fuentes, 2002).

2.4.3.3 Fase de llenado de grano

Esta etapa tiene comienzo después de la polinización y es clave para definir el peso final tanto del grano como de la mazorca. El peso del grano está vinculado con la duración y la cantidad de radiación solar que se absorbe durante esta fase, y puede verse

influenciado por el estrés hídrico y la falta de nutrientes. De acuerdo con Fuentes (2002) la fase de llenado está marcada por tres fases: 1) Fase de arresto que puede durar de 10 a 20 días; 2) Fase lineal que es la fase de acumulación de materia seca y tiene una duración aproximada 35 días para maíces del Trópico bajo; y 3) Fase de acumulación lenta con una duración de 7 a 14 días que concluye con la aparición de la capa negra y madurez fisiológica. Se denomina que el grano está en la etapa de capa negra”, cuando éste cesa de alimentarse de la planta, formándose una capa de color negro que evita la entrada de nutrientes al grano, aspecto que da nombre a esta fase. La madurez fisiológica se alcanza cuando el grano está cerca de los 32-35% de humedad

2.4.4 factores edafoclimáticos

El maíz es una planta dotada de una amplia capacidad de respuesta a las oportunidades que ofrece el medio ambiente, y tiene alto nivel de respuesta a los efectos de la luz. Actualmente existen diversidad de cultivares útiles para su cultivo bajo condiciones naturales muy distintas de la propias de su hábitat original. (Flores, 2021)

Suelo: El maíz puede adaptarse a diversos tipos de suelo en donde puede producir buenas cosechas, siempre que se utilicen variedades apropiadas y métodos adecuados de cultivo. Los suelos idóneos para el maíz suelen ser de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con alta capacidad de retención de agua. (Flores, 2021)

La mayor dificultad de desarrollo del cultivo se encuentra en los suelos excesivamente pesados (arcillosos), y los muy sueltos (arenosos). Los primeros por su facilidad a inundarse y los segundos por la tendencia a secarse excesivamente. (ICTA, 2002)

Agua: La escasez de agua constituye el principal factor que limita producción de maíz. En caso de estrés hídrico o sequía durante las primeras fases (de 15 a 30 días) después de la siembra, puede ocasionarse la pérdida de plantas jóvenes, lo que disminuye la densidad de la población o afecta el crecimiento de las plantas.

El principal efecto de la sequía en el periodo vegetativo es la reducción en el crecimiento de las hojas, de tal manera que la planta intercepta menos radiación solar. (Lafitte, 1994)

Sin embargo, el cultivo puede recuperarse sin afectar seriamente el rendimiento. Durante la fase cercana a la floración (dos semanas antes y dos semanas después de la emisión de estigmas), el maíz es altamente sensible al estrés por falta de agua, lo que puede causar una reducción considerable en el rendimiento del grano. En términos generales, el maíz requiere al menos entre 500 y 700 mm de precipitación bien distribuida a lo largo de su ciclo de cultivo. (CENTA, 2018)

2.4.5 La importancia del contenido de humedad en el suelo para una agricultura eficiente

Una cantidad específica de agua se presenta en forma de vapor de agua condensado, la cual varía según el clima, la topografía, el tipo de vegetación y las condiciones hidrogeológicas de una región específica. La precipitación se mide en milímetros (mm), y en una hectárea de terreno, pueden caer hasta diez toneladas de agua. Por lo tanto, es crucial que los agricultores optimicen la captación, el almacenamiento y la utilización eficiente de la humedad disponible.

Según EOSDA (2020), Todos los procesos físicos en la atmósfera y el entorno terrestre dependen de la presencia de agua en el planeta Tierra. La cantidad de agua en el suelo está determinada por factores como la lluvia, la intensidad de agua que las plantas consumen y la temperatura del aire, entre otros. Es importante que el suelo mantenga niveles adecuados de humedad para garantizar un buen rendimiento, ya que las plantas no pueden crecer ni desarrollarse correctamente si la humedad del suelo es insuficiente.

2.4.6 Uso de cobertura vegetal para conservar la humedad en el suelo

Una cantidad inadecuada e irregular de lluvia puede ser una gran limitante para la agricultura, provocando bajos rendimientos o incluso la pérdida completa de las cosechas. Esto es especialmente problemático en regiones con lluvias irregulares, como las áreas del corredor seco en Guatemala, donde la productividad de los cultivos se ve afectada por las canículas prolongadas.

La agricultura de conservación es una manera de mejorar el manejo de humedad del suelo. Según Benites y Castellanos, el manejo de humedad en el suelo es un factor clave

cuando se trata de mejorar la producción agrícola. El incremento de la cantidad de agua almacenada en el suelo puede dar por resultado:

- a. Rendimientos más altos (si también existen suficientes nutrientes).
- b. Reducción del riesgo de pérdidas debido a la sequía.
- c. Recarga del agua subterránea asegurando el nivel del agua en los manantiales y la continuidad de los flujos de ríos y cursos de agua.

Es importante enfocar las prácticas en mejorar la disponibilidad de agua en el suelo y la eficiencia de su uso. Esto implica aumentar la infiltración del agua en el suelo y reducir su pérdida por escorrentía y evaporación. Incrementar la cobertura del suelo y optimizar su manejo puede contribuir significativamente a este objetivo.

El uso de cobertura vegetal es una práctica que permite al agricultor proteger el suelo, así como conseguir un aporte de nutrientes al mismo. En cultivos anuales el terreno se trata de mantener cubierto a lo largo de todo el año bien por cultivos comerciales o implantados con la única finalidad de mantener el suelo cubierto, o bien con los restos de la cosecha del año anterior, que se dejan esparcidos sobre el suelo. (Climagri, 2014)

2.4.7 Disponibilidad e Infiltración de agua en el suelo

De acuerdo con Bolaños citado por Castillo, Iván (1995), la infiltración y captación de agua suelen ser mayores en suelos con labranza cero por diversas razones; la mayor macroporosidad causada por la estructura del suelo, la fauna y las raíces, lo que mejora la conductividad hidráulica; el menor encostramiento en la superficie; la presencia de cobertura que retiene una gran cantidad de agua que se filtra lentamente; y la reducción del escurrimiento.

En muchas regiones tropicales, los suelos han sufrido degradación severa debido a sistemas de agricultura intensiva o semi-intensiva, especialmente en cuanto al deterioro de su estructura. Esto se ha manifestado en la pérdida de porosidad o de la continuidad porosa por compactación, particularmente de los macroporos, así como en la formación de costras superficiales y una capa dura de alta compactación en el subsuelo. Como resultado, las tasas de infiltración y la conductividad hídrica y gaseosa disminuyen, aumentando las pérdidas por escurrimiento superficial y, por ende, la erosión. La

capacidad de retención, almacenamiento y disponibilidad de agua del suelo se ven reducidos, y en suelos de textura fina pueden surgir problemas de inundación y mal drenaje. Todos estos fenómenos impactan negativamente en la productividad del suelo. (J, 1989)

2.4.8 Cobertura del suelo y la evaporación

Según Faminow 1998 citado por la revista IDESIA en 2018 establece que la degradación del suelo es un proceso inducido por el ser humano, que reduce la calidad del suelo con el tiempo debido a actividades como el sobrepastoreo, las prácticas agrícolas inadecuadas y las actividades industriales.

Cuando la superficie del suelo está expuesta a la luz solar sin cobertura vegetal, la evaporación del agua ocurre directamente del suelo, la cual consume cantidades significativas de agua. En regiones áridas o semiáridas, reducir la evaporación directa del suelo es uno de los métodos más efectivos para mejorar la eficiencia del uso del agua en los cultivos.

Hillel (1982) citado por Bolaños, aseguraba que la evaporación superficial depende de tres condiciones:

1. Debe haber un suministro constante de calor (580 cal/g) para la evaporación del agua.
2. La humedad del aire debe ser menor que la humedad de suelo para que haya una continua difusión de vapor hacia la atmosfera.
3. Debe haber un suministro constante de agua del suelo hacia la superficie para que el proceso de evaporación continúe.

En suelos con cobertura, la evaporación superficial se reduce significativamente al reducir la insolación y la energía incidente, ya que la cobertura actúa como un aislante, por una alta humedad relativa entre el mantillo y la superficie. La interacción de estos factores reducen notablemente la evaporación superficial y maximizan la eficiencia del uso del agua por parte del cultivo.

2.4.9 Manejo de rastrojo para la retención de humedad en el suelo

Bolaños (1989) expresaba que la cobertura del suelo con un mantillo vegetal aumenta la infiltración, reduce el escurrimiento, disminuye la evaporación directa y contribuye a incrementar la disponibilidad de agua. Además, los cambios en la estructura del suelo tienden a favorecer la infiltración y el almacenamiento de agua, gracias a la formación de una mejor agregación y porosidad, y a la eliminación de costras superficiales y capas duras del subsuelo.

El mismo autor Bolaños (1989) citado por Castillos (1995) establece que, en los trópicos, muchas lluvias son intensas y de corta duración, lo que provoca que gran parte de la precipitación no se almacene en el suelo, sino que se pierda por escurrimiento. Los sistemas de labranza que utilizan cobertura vegetal en el suelo mejoran significativamente la infiltración y reducen la evaporación, siendo, por lo tanto, ideales para situaciones de precipitación irregular, poca profundidad radicular y síntomas de sequía.

2.4.10 Prácticas para el manejo de humedad en el suelo

La necesidad de mejorar la producción agrícola a nivel mundial, con el objetivo de minimizar su impacto ambiental y aprovechar eficientemente los recursos naturales, especialmente el suelo y el agua, ha permitido la realización de diversos estudios y el aumento en la experimentación, validación y difusión de una amplia variedad de tecnologías. Estas tecnologías son ampliamente utilizadas por los productores agrícolas en todo el país, enfocándose especialmente en mostrarles la importancia de maximizar el uso de los recursos disponibles para aumentar el rendimiento de sus cultivos.

Existen diferentes estrategias que los productores pueden llegar a utilizar para prolongar la retención de humedad en el suelo; todas en conjunto forman un sistema integral de manejo de humedad del suelo en zonas secas. Estas prácticas tienen que ver con el sistema de manejo de rastrojo, la cobertura superficial del suelo, la siembra de cultivo, la cero labranza; y la siembra en asociación de cultivos. (FAO, 2005)

No quema con manejo de rastrojo: La tecnología de no quema implica abstenerse de utilizar fuego en el terreno que se va a cultivar. Esta decisión por parte de los productores incluye el manejo adecuado de los rastrojos, que consiste en aprovechar los residuos que quedan después de las cosechas de sus cultivos, esta práctica implica esparcir sobre la parcela más del 50% de los residuos de la cosecha y todos los residuos de las limpiezas realizadas antes y durante el desarrollo del cultivo. (FAO, 2005)

El manejo adecuado del rastrojo no solamente ayuda a proteger al suelo de la erosión y conservar la humedad, sino que también contribuye a la formación de materia orgánica a medida que esta se va descomponiendo además también favorece al control de malezas.

Labranza cero: Según la FAO (2005), en la práctica de cero labranza la siembra se realiza directamente en el suelo sin haber labrado la tierra antes, razón por la cual también se le conoce por el nombre de siembra directa; cuando el terreno tiene pendiente se debe de combinar con otras tecnologías para poder reducir el riesgo de erosión y aumentar la infiltración en el suelo, algunas prácticas que se pueden realizar son: la siembra al contorno, el manejo de rastrojo como cobertura, la no quema.

2.4.11 Capacidad de infiltración de agua en el suelo

La capacidad de infiltración del suelo es su habilidad para permitir la entrada y percolación del agua de lluvia; el agua que no se infiltra en el suelo forma parte de la escorrentía superficial. Un suelo con una alta capacidad de infiltración se caracteriza por una buena estabilidad de las partículas del suelo (de la estructura) en la superficie, por una baja tendencia de sellarse y una estructura no compactada dentro del suelo. (Raudes & sagastume, 2009)

La capacidad de infiltración está directamente relacionada e inversamente proporcional a la escorrentía. En suelos con baja capacidad de infiltración, se necesitan prácticas más rigurosas para controlar la escorrentía, como las barreras vivas.

Tabla 3. Distanciamiento entre obras físicas de conservación de suelos según la pendiente.

Distancia entre obras de conservación suelo-agua según la pendiente	Pendiente suave hasta 15%	Pendiente moderada 15-30%	Pendiente fuerte 30-50%
Barreras vivas	15-30 m	10-15 m	4-10 m
Barreras muertas	10-20 m	6-10 m	4-6 m
Acequias	10-20 m	8-10 m	6-8 m
Diques de 1m	4-12 m	2-4 m	1.3-2 m

Fuente: (Raudes & Sagastume, 2009)

2.4.12 Buenas prácticas de conservación de suelo

La producción de los cultivos se basa en la interacción suelo-agua-atmósfera; la variación de uno de estos componentes produce un desequilibrio entre ellos, perjudicando notablemente a las cosechas. El suelo, principal componente de este sistema, es el escenario en donde la planta a través de sus raíces extrae los nutrientes y el agua necesaria para poder cumplir con su ciclo biológico (Camacho, 2013)

La erosión del suelo es uno de los problemas que más ha causado la pérdida de fertilidad en millones de hectáreas de terreno en todo el mundo, resultando en su pérdida de uso agrícola. Esto representa una gran amenaza para los productores, Camacho (2013), establece que La pérdida del suelo constituye uno de los factores que limita gravemente, la producción agrícola y la posibilidad de aprovechamiento de la tierra. No es posible obtener ingresos económicos rentables únicamente mediante el uso de variedades mejoradas y prácticas agronómicas adecuadas, si no se mantiene y conserva el suelo con los nutrientes necesarios para su fertilidad.

2.4.13 Suelo, erosión y prácticas de conservación de suelo

Camacho (2013), explica que la erosión del suelo es la remoción de la capa superficial del terreno, causada por el viento, el agua u otros agentes. Los tipos de erosión y sus agentes causantes incluyen la erosión hídrica, la erosión eólica y la erosión geológica.

Con las prácticas de conservación de suelos se reduce en gran medida la pérdida del suelo por acción de la lluvia y el viento; además, se mantiene o se aumenta la fertilidad, y, por ende, la buena producción de los cultivos. Las prácticas de conservación de suelos se realizan principalmente, en suelos inclinados o de laderas, aunque también pueden aplicarse en suelos planos. Cuando se aplican estas prácticas en terrenos inclinados o de laderas es necesario hacer uso del nivel tipo "A", con el cual se trazan las curvas a nivel o a desnivel. (Camacho, 2013).

2.4.14 Métodos para determinar la humedad en el suelo

No toda la precipitación anual es almacenada en el suelo y está disponible para las plantas, esta puede ser almacenada en la zona radicular, drenada a zonas más bajas que la zona de raíces, usada por malezas y plantas oportunistas, evaporarse desde la superficie del suelo, caer como nieve o perderse como escurrimientos. (Muñoz, 2001)

Rojas (1972) y Aguilera (1996) citados por Muñoz (2001) establecen que en la actualidad existen varios métodos que permiten estimar la humedad del suelo en un momento dado, estos son:

Método al tacto: Miles, 1998. Citado por Muñoz, 2001. Señala que la sensación y el aspecto del suelo pueden indicar el estado de su humedad. Para determinar el contenido de humedad del suelo, se puede utilizar un tubo, un taladro o una pala espada para realizar un muestreo. Es importante tomar muestras del suelo en diferentes estratos a lo largo de la profundidad de la zona activa de la raíz. En la tabla 4 se muestran los parámetros a tomar en consideración al medir la humedad con el método al tacto y en la tabla 5 se muestran las capacidades usables de la humedad del suelo.

Tabla 4. Parámetros de medición de humedad al tacto.

Deficiencia de humedad del suelo	Textura gruesa	Textura media	Textura fina
0% (cap. Campo)	Cuando se comprime no sale agua del suelo, pero el contorno de la bola deja una huella húmeda en la mano.		
0-25%	La forma de la bola es débil, se rompe fácilmente cuando se hace saltar sobre la mano. *	Se forma la bola, es muy flexible, se resbala fácilmente. *	Fácilmente se hacen cintas hacia afuera entre el pulgar y el índice cuando se le amasa. *
25-50%	Se formará la bola, pero no suele mantenerse compacta. *	Forma la bola, es resbalosa bajo presión. *	Forma la bola, se forman cintas hacia fuera entre el pulgar y el dedo índice.
50-75%	Aparece seco, no formará la bola con presión. *	Desmenuzable, se mantiene junta debido a la presión.	Algo flexible, se formará la bola bajo presión. *
75-100/	Seco, flojo, se disgrega entre los dedos.	Polvoriento, se desmenuza fácilmente.	Duro. Difícil de romperse al oprimirla.
La bola se forma cuando se amasa con fuerza una muestra de tierra húmeda.			

Fuente: (Muñoz, 2001)

Tabla 5. Capacidades usables de la humedad del suelo

Textura	Humedad aprovechable cm/30 cm
Fina y Muy Fina (arcilla, arcilla limosa, arcilla arenosa, franco arcilla limosa, franco arcillosa)	4.064 – 635
Media (franco limosa, franco arcillo arenosa, franco, franco arenosa muy fina).	3.556 – 6096
Moderadamente grueso (franco-arenosa fina, franco arenosa)	2.54 – 4.064

Fuente: (Muñoz, 2001)

Método gravimétrico: Este método consiste en determinar el contenido de agua de una muestra de suelo mediante su desecación en un horno. Requiere el uso de equipos precisos para asegurar una determinación exacta.

Muñoz (2001), establece que el principio de este método se basa en la determinación de la masa de agua contenida en la masa de sólidos de una muestra de suelo. Este método se considera estándar o de referencia, pues con él se mide directamente el contenido de humedad del suelo, el cual se calcula por medio de la fórmula.

$$pw = \frac{m_w}{m_s} * 100 = \left(\frac{PSH - PSS}{PSS} \right) * 100$$

El procedimiento se inicia con la obtención de muestras de suelo representativas del área y condiciones que se desea evaluar. Las muestras se obtienen, mediante el uso de barrenas u otra herramienta apropiada, del perfil del suelo, a la profundidad programada, debe tenerse cuidado de no exponer al sol o al aire las muestras para no correr el riesgo de que pierdan la humedad por evaporación, para evitar esto se depositan en latas o frascos y se cierran herméticamente. (Muñoz, 2001)

En los trabajos de muestreo para medir la humedad del suelo, es crucial que todas las operaciones, incluida la transferencia a los recipientes y el pesaje de las muestras, se realicen lo más rápidamente posible para evitar pérdidas excesivas de humedad. Muchas

de las dificultades en la utilización de equipos de muestreo se pueden evitar manteniendo el equipo limpio, seco y libre de herrumbre.

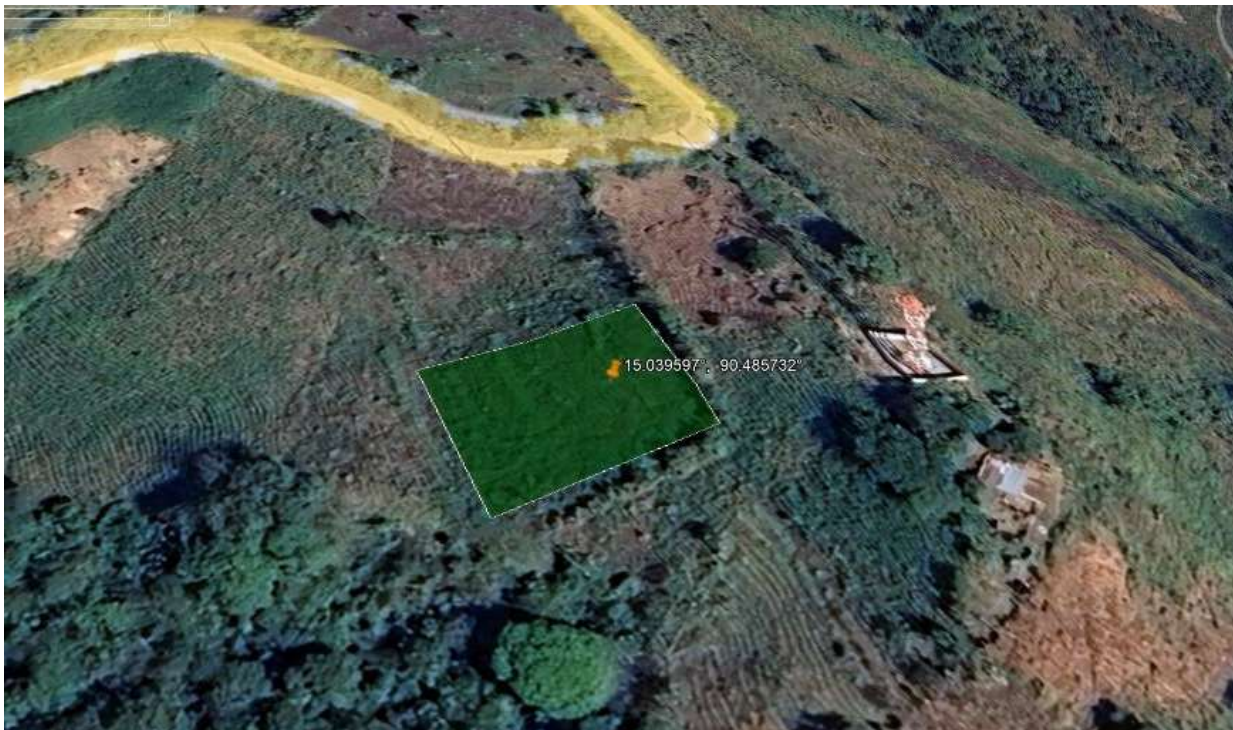
Para trasladar los recipientes o botes, es necesario usar cajas de madera adecuadas para que no queden sueltos. Además, deben protegerse contra golpes y la luz solar. Se recomienda cubrir las cajas con costales o una lona humedecidos cuando la temperatura ambiental sea muy alta.

2.5 MARCO REFERENCIAL

2.5.1 Ubicación del área experimental

La aldea Pahoj se encuentra ubicada en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz. La carretera de acceso es de terracería a 7 kilómetros del centro del municipio. Se localiza a una altura aproximada de 1400 msnm. La parcela utilizada para realizar la investigación se encuentra ubicada en las Coordenadas: UTM 15.039592, -90.485735.

Figura 9: Croquis de la parcela



Fuente: elaboración propia

2.5.1.1 Zona de vida:

La zona de vida en la que se ubica corresponde al bosque seco premontano tropical (bs-PTM) el cual posee un patrón de lluvia que varía de 600 a 1,200 mm. De precipitación anual.

2.5.1.2 Hidrografía:

La aldea se abastece de agua mediante un Sistema de agua potable proveniente de la aldea de Xesiguán y de la parte alta de la aldea de Chichupac.

2.5.1.3 Producción agrícola:

Los cultivos que predominan en la aldea son el maíz y el frijol, siendo los granos básicos de mayor importancia para la alimentación. Los agricultores también cultivan hortalizas y café.

2.5.1.4 Condiciones edáficas:

La topografía de los terrenos en la aldea en general es en ladera, los cuales cuenta con una pendiente que oscila entre 27 y 35%. Debido a esto el suelo es muy susceptible a la erosión.

2.5.1.5 Porcentaje de Materia Orgánica:

Según el mapeo de suelos en las microcuencas Xesiguán del municipio de Rabinal y en la microcuenca San Rafael del municipio de San Miguel Chicaj, del departamento de Baja Verapaz (2021) la Materia Orgánica presente en la Aldea es muy baja se encuentra en un rango de 0.15-3, siendo una de las principales causas en el bajo rendimiento de los cultivos producidos.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General

Evaluar el efecto de prácticas de conservación de suelo y la incorporación de rastrojo en la retención de humedad y el desarrollo vegetativo del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la aldea de Pahoj del municipio de Rabinal baja Verapaz.

2.6.2 Específicos

- Determinar la cantidad de rastrojo incorporado que retiene mayor cantidad de humedad en el suelo a través del método gravimétrico.
- Elaborar una curva de comportamiento de la humedad en el suelo en función de la cantidad de cobertura vegetal.
- Identificar el efecto de prácticas de conservación de suelo y humedad en el rendimiento del cultivo de maíz.
- Medir las principales variables días de germinación, desarrollo radicular, biomasa aérea y rendimiento y determinar si la interacción entre los niveles de rastrojo y prácticas de conservación intervienen en su desarrollo.
- Realizar un análisis de costos para el cultivo de maíz en base a las prácticas de conservación y cantidad de rastrojo incorporado.

2.7 HIPÓTESIS

Al implementar prácticas de conservación de suelos (barreras vivas, curvas a nivel, acequiar) e incorporación de niveles de rastrojo de maíz se obtiene mayor retención de humedad en el suelo y un aumento en el rendimiento del cultivo de maíz en la aldea de Pahoj, Rabinal Baja Verapaz.

2.8 METODOLOGÍA

2.8.1 Material experimental

Los tratamientos evaluados fueron: prácticas de conservación siendo estas, curvas a nivel, acequias y barreras vivas, usando como material vegetativo pasto cuba 22 y cuatro niveles de rastrojo de maíz, el cual se obtuvo de la cosecha anterior. En tal sentido, se realizarán tres repeticiones o bloques por cada tratamiento

2.8.2 Características del material experimental

2.8.2.1 Variedad de maíz ICTA V-301

Esta es una variedad mejorada del cultivo de maíz, el grano es de color blanco dentado, con un ciclo de siembra a cosecha de 190 días. Tiene una altura de planta de 2.35 metros y de mazorca de 1.35 meros. El rendimiento del cultivo es de 60 a 70 quintales por manzana, dependiendo del manejo agronómico y condiciones agroclimáticas en la zona. (ICTA, 2002).

2.8.2.2 Pasto Cuba OM-22

Martinez (2009) citado por, Peralta y otros, en 2019 establece que este pasto pertenece al género Pennisetum, y se caracteriza por presentar altos rendimientos, digestibilidad de sus componentes y contenido proteico. Este pasto se considera un excelente forraje, de rápido crecimiento y aumento de densidad poblacional de tallos, hojas anchas, además de que es capaz de soportar los cambios climáticos. (Peralta, y otros, 2019)

2.8.2.3 Cantidad de rastrojo

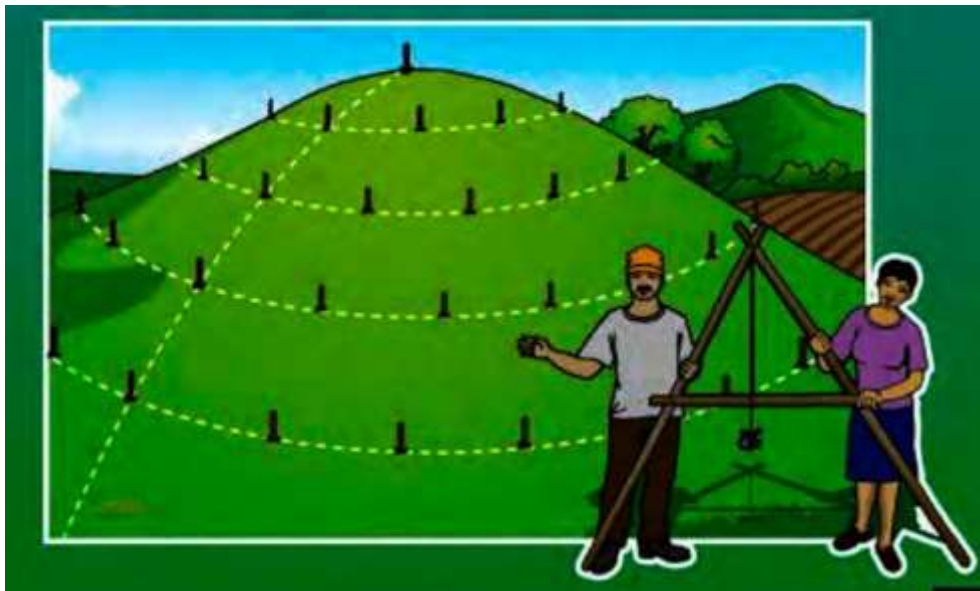
Según la investigación del uso de rastrojo de Maíz como mantillo superficial y sus implicaciones en la economía del nitrógeno realizado en el periodo de 1993 y 1994 en Jutupa, Cuyuta y San Andrés, editado en el 2014 asegura que cuando existe limitación de humedad, el uso de rastrojo como mantillo superficial tuvo efectos positivos sobre el rendimiento de maíz (70 a 80 kg grano por ton mantillo aplicados) esto hipotéticamente a una mayor retención de humedad en el suelo. El Programa Regional de Maíz (PRM) impulsó la utilización de residuos de cosechas anteriores (especialmente maíz y/o sorgo) como mantillo superficial, reportando 12 ensayos regionales evaluando distintos niveles de mantillo (0, 2.5, 5 y 10 ton/ha).

2.8.3 Prácticas de conservación a implementar

2.8.3.1 Curvas a nivel

Las curvas a nivel en laderas de cultivo son líneas o trazos imaginarios que tienen la misma altura en cualquier punto de la pendiente. Para trazar estas curvas es necesario hacer uso del instrumento Nivel en "A", una vez hechas con ellas se pueden trabajar la mayoría de las Prácticas de conservación de suelo y agua (CSA). (PASOLAC, 1999).

Figura 10. Curvas a nivel



Fuente: IICA, SICTA (2016), Guía de conservación de suelos y agua.

2.8.3.2 Barreras vivas

La FAO (2005) establece que las barreras vivas son hileras de plantas que duran más de un año (cultivo permanente); tienen un crecimiento denso y son resistentes a la fuerza de la escorrentía y a la sequía. Se siembran siguiendo las curvas a nivel con el fin de evitar la erosión. La distancia entre curvas va a depender de la pendiente y del tipo de suelo.

Las barreras vivas reducen la velocidad del agua porque divide la ladera en pendientes más cortas, y la velocidad del viento. También sirven 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. (PASOLAC, 1999).

Figura 11. Barreras vivas



Fuente:

IICA, SICTA (2016), Guía de conservación de suelos y agua

2.8.3.3 Acequias 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. Cada zanja requiere la siembra de barreras vivas en el borde superior

de su estructura, para que el agua de escorrentía, el suelo erosionado y otros sedimentos arrastrados por la lluvia no la destruyan. Cuando sea necesario, al final de cada acequia se pueden abrir pozos para infiltración de los excedentes de agua. (PASOLAC, 1999)

Figura 12. Acequias de ladera



Fuente: IICA, SICTA (2016), Guía de conservación de suelos y agua

2.8.4 Modelo estadístico

Experimento bifactorial con diseño en bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

siendo:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk - ésima unidad experimental

μ = Media general

β_j = Efecto del j - ésimo bloque

α_i = Efecto del i - ésimo nivel del factor A

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j - ésimo bloque, que es utilizado como residuo de parcelas grandes y es representado por error(a).

ρ_k = Efecto del k - ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k - ésimo nivel del factor B.

ε_{ijk} = Error experimental asociado a Y_{ijk} , es utilizado como residuo a nivel de parcela pequeña, y es definido como: Error(b)

Supuestos

- Las suposiciones que validan el análisis de varianza son:
- Los errores son independientes y están normalmente distribuidos con media cero y varianza constante: $E_{ij} \sim N(0; \sigma^2)$
- Existe homogeneidad de varianzas entre los tratamientos: $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$.
- La varianza de los resultados del tratamiento 1 (σ_1^2) es igual a la varianza de los resultados del tratamiento 2 (σ_2^2).
- El modelo es lineal y de efectos aditivos: $Y_i = \mu + E_i$
- La observación i-ésima es una observación de la media (μ), pero está sujeta a un error de muestreo (E_i) que actúa en forma aditiva sobre ella.

2.8.5 Hipótesis estadística

- H_0 : todos los tratamientos producen el mismo efecto, obteniendo el mismo resultado en la retención de humedad en el suelo en el cultivo de maíz.
- H_a : por lo menos una de las interacciones entre práctica de conservación de suelo y cantidad de rastrojo en ton/ha de rastrojo presentará un resultado diferente sobre la retención de humedad en el suelo.

2.8.6 Factores y niveles estudiados

Para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo y manejo de rastrojo de maíz sobre la retención de humedad en el suelo se evaluaron dos factores, el factor 1 contiene tres prácticas de conservación de suelo, el factor 2 cuatro niveles de rastrojo, lo que hace un total de doce tratamientos.

Factor 1 (Parcela grande)

Corresponde a los tratamientos con prácticas conservación de suelo. En donde las prácticas que se utilizaron fueron:

Niveles

- N1: barreras vivas
- N2: Acequias
- N3: curvas a nivel

Factor 2. (Parcela pequeña)

Corresponde a los tratamientos suelo con cobertura y sin cobertura. El material que se utilizó como cobertura para conservar la humedad en el suelo fue el rastrojo de maíz de la cosecha anterior. Se fraccionó en tres niveles en donde las proporciones de rastrojo variaron, siendo estas:

Niveles

- N1: cero rastrojo
- N2: 2.5 ton/ha
- N3: 5 ton/ha
- N4: 10 ton/ha

2.8.7 Descripción de los tratamientos

En el experimento se evaluaron 12 tratamientos con tres repeticiones de cada uno, provenientes del bifactorial 3 x 4 basados en tres prácticas de conservación y cuatro niveles de rastrojo de maíz. Las Prácticas de conservación y los niveles evaluados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Código de interacción	Práctica de conservación	cantidad de rastrojo de maíz
1	F1N1 X F2N1	Barreras vivas	0.00 ton de rastrojo por ha.
2	F1N1 X F2N2	Barreras vivas	2.5 ton de rastrojo por ha.
3	F1N1 X F2N3	Barreras vivas	5.0 ton de rastrojo por ha.
4	F1N1 X F2N4	Barreras vivas	10.0 ton de rastrojo por ha.
5	F1N2 X F2N1	Acequias	0.00 ton de rastrojo por ha.
6	F1N2 X F2N2	Acequias	2.5 ton de rastrojo por ha.
7	F1N2 X F2N3	Acequias	5.0 ton de rastrojo por ha.
8	F1N2 X F2N4	Acequias	10.0 ton de rastrojo por ha.
9	F1N3 X F2N1	Curvas a nivel	0.00 ton de rastrojo por ha.
10	F1N3 X F2N2	Curvas a nivel	2.5 ton de rastrojo por ha.
11	F1N3 X F2N3	Curvas a nivel	5.0 ton de rastrojo por ha.
12	F1N3 X F2N4	Curvas a nivel	10.0 ton de rastrojo por ha.

Por cada tratamiento se realizaron tres repeticiones o bloques

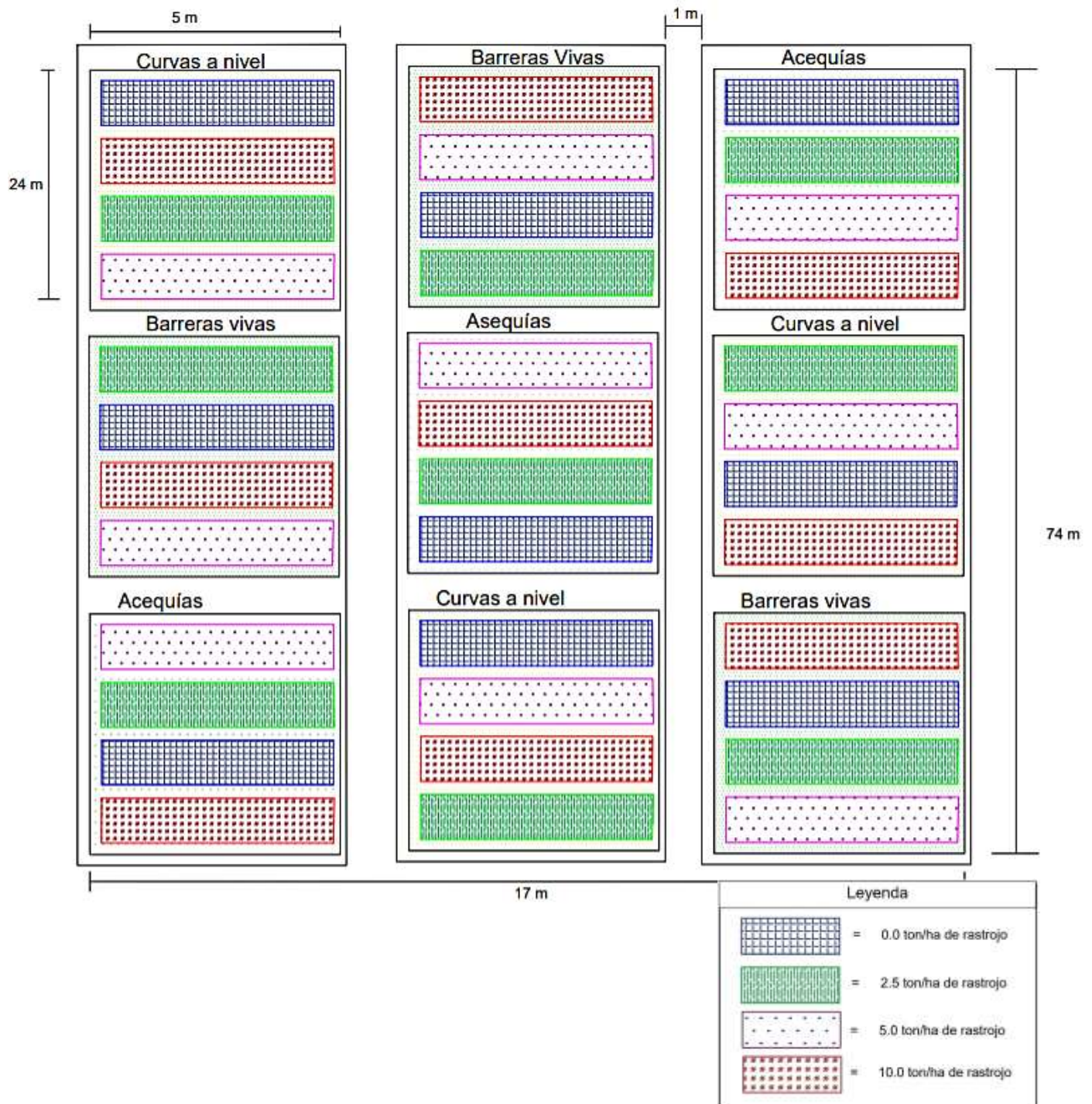
2.8.8 Unidad experimental

Las unidades experimentales, se basaron en seis surcos por tratamiento, tomando como efecto de borde los surcos de la orilla y los surcos del medio la parcela neta.

Las dimensiones de las tres parcelas grandes correspondieron a 120 metros cuadrados (5 x 24 m) las cuales corresponden a las estructuras de las prácticas de conservación de suelos, a la vez divididas en 4 parcelas pequeñas de 30 metros cuadrados (5 x 6 m) en donde se aplicaron los distintos niveles de rastrojo, haciendo un total de doce unidades experimentales; la separación entre calles y bloques en el experimento fue de 1 m haciendo un total de 1,258 metros cuadrados (observar las figuras 13 y 14 del diseño experimental)

2.8.9 Croquis o diseño parcelario

Figura 13. Croquis o diseño parcelario

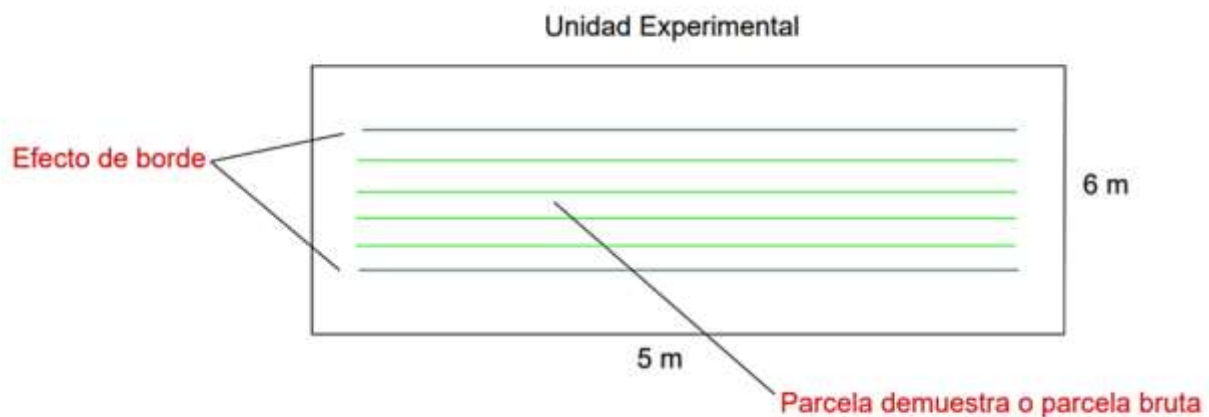


Fuente: Elaboración Propia

2.8.10 Parcela Neta

Cada unidad experimental constó de cinco surcos en donde para la cosecha se trabajó con la parcela neta, dado que una de las variables de interés a evaluar fue el rendimiento del grano, con dimensiones de 30 metros cuadrados (6.0×5.0 m) se cosecharon los tres surcos centrales los cuales median cinco metros de largo en donde se dejó 1 metro por borde (2 surcos)

Figura 14. Diseño de unidad experimental.



Fuente: Elaboración Propia

2.8.11 Variables respuesta

A. Porcentaje de humedad retenida en el suelo

Se realizó una calicata en el área del experimento en cada bloque, con dimensiones de 0.20 metros de profundidad y 0.30 de ancho posterior a ello se extrajo la muestra para pesarla en campo y evitar que sufriera alguna alteración durante el transporte a laboratorio para el secado.

B. Rendimiento en kg/ha del cultivo

Se extrajeron las mazorcas de la planta de la parcela neta en cada unidad experimental, todo lo cosechado se deshojó para luego desgranarlo, posteriormente se pesó realizando las respectivas anotaciones de los datos que se necesitaron para evaluar los resultados.

C. Desarrollo radicular en centímetros de longitud vertical

Durante la ejecución del experimento se realizó una vez en el periodo de producción la medición radicular se realizó a los 40 días posterior a la siembra con una cinta métrica.

D. Días de germinación del cultivo

Se realizó un monitoreo a los cuatro días posterior a la siembra para verificar el tiempo de germinación de la semilla en cada uno de los bloques.

E. Costo de producción

Durante la evaluación del experimento se llevó un control de los gastos realizados durante el proceso de producción anotando las diferentes actividades en todo el proceso y los costos que implicaron.

Con los datos generados se determinó el costo de producción para cada tratamiento evaluado.

2.8.12 Manejo del experimento

Condiciones del diseño

Aldea: Pahoj

Microcuenca: Xesiguan

Pendiente del terreno: varía de 27% a 35%

Textura: la textura de suelo presente en la aldea de Pahoj es arcillosa.

2.8.13 Características de las prácticas de conservación de suelo

El diseño del establecimiento de las prácticas de conservación, de acuerdo con las condiciones de diseño, se obtienen las siguientes medidas

- **Curvas a nivel**

Distancia entre curvas: 0.9 m

Total, de curvas a nivel en 120 metros cuadrados: 24

- **Barreras Vivas**

Distancia entre barreras: 4 m

Total, de barreras vivas en 120 metros cuadrados: 6

- **Acequias**

Base: 0.30 m.

Base superior de la acequia: 0.50 m

Profundidad: 0.40 m.

Distancia entre acequias: 6 m

El manejo del experimento se realizó con agricultores que mostraron interés en participar en las actividades realizadas durante el proceso de investigación, se realizó de esta forma para que se integraran en el proceso y formaran parte del mismo.

A. Preparación del terreno

Se realizó una limpieza en el terreno previo a iniciar el trazo de los bloques la cual se hizo de forma manual utilizando machete y azadón la segunda se realizó a los 45 días después de la siembra del maíz.

Figura 15. Limpieza del terreno



Fuente: Elaboración propia

B. Medición de la pendiente

Utilizando Nivel tipo A y cinta métrica se determinó la pendiente promedio del terreno, en donde se tomaron cinco puntos aleatorios dentro de la parcela, posterior a ello con los datos obtenidos se calculó el promedio para así obtener el porcentaje de pendiente.

Figura 16. Medición de la pendiente



Fuente: Elaboración propia

C. Trazado de bloques

De acuerdo con los tratamientos utilizados se realizó el trazado de los bloques y unidades experimentales utilizando estacas, pita y cinta métrica, las cuales fueron utilizadas para delimitar las parcelas experimentales, una vez realizado se implementaron las estructuras de conservación de suelo. Posterior a ello cada bloque se dividió en cuatro sub-bloques en donde se aplicaron los diferentes niveles de rastrojo.

Para la siembra del maíz, se trazaron los surcos de acuerdo al distanciamiento recomendado por el ICTA. Procediendo a la identificación de las unidades experimentales de acuerdo con el tratamiento correspondiente a cada unidad experimental, utilizando material de madera.

Figura 17. Medición de bloques



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Estaqueado para marcar bloques



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Marcado de Bloques con nylon.



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Identificación de tratamientos



Fuente: Elaboración propia

D. Colocación de la cobertura

Luego de haber trazados los bloques, se procedió a colocar el rastrojo de maíz, en donde primero se realizó una limpieza en cada bloque tratando la manera de dejarlos sin rastrojo, para posteriormente medir la cantidad que correspondía para cada uno y así aplicarlo lo más homogéneamente posible; siendo las cantidades ya establecidas en la metodología.

Figura 21. Pesado del rastrojo



Fuente: Elaboración propia

2.8.14 Manejo del cultivo maíz ICTA V-301

- A. Preparación del suelo:** Se realizó una limpieza en el terreno de forma manual utilizando machete e incorporando el rastrojo de maíz en el proceso.
- B. Siembra:** Luego de haber preparado el terreno se realizó la siembra, dejando un distanciamiento de 0.9 metros entre surco y 0.8 metros entre planta colocando dos granos por postura, la cual fue tratada previamente.

- C. Fertilización:** Se aplicó fertilizante a los ocho días posterior a la siembra, realizando una aplicación 5 a 10 centímetros de la planta (enterrado); a los cuarenta días después se realizó la segunda aplicación, usando la misma cantidad en cada planta.
- D. Control de maleza:** Se verificó el crecimiento de la maleza por lo cual la primera limpieza se realizó antes de realizar la segunda aplicación de abono para el aprovechamiento del miso, esta se hizo de forma manual.
- E. Control de plagas y enfermedades:** El control de los insectos que puedan dañar la producción es muy importante esto debido a que las presencias de estos afectan a la planta. Se aplicó un insecticida piretroide de amplio espectro de nombre comercial Karate, media medida de Bayer (25 cc) más krisol el cual es un insecticida que contiene Acetamiprid y Cipermetrina el cual es un ovicida para el control del gusano cogollero, aplicando tres cuartos de medida Bayer por bomba de 16 litros, se realizaros dos aplicaciones.
- F. Cosecha:** se realizó de forma manual, tomando en consideración los datos que se obtuvieron de la parcela neta para el análisis de la información en base a las prácticas de conservación, el rendimiento que se obtenga.

2.8.15 Recopilación de información

A. Muestreo de Humedad en el suelo

Para verificar el comportamiento de la humedad en el suelo, durante el periodo de duración del experimento se utilizó el método Gravimétrico, el cual, por ser un método de medición directo, se tomaron muestras cada quince días para ser llevadas a laboratorio posteriormente.

Figura 22. Toma de muestra en campo



Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Selección de muestra para secar en el laboratorio de análisis de suelos en la FAUSAC



Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Horno de convección para secado de muestras (FAUSAC)



Fuente: Elaboración propia

2.8.16 Cálculos para determinar el contenido de humedad en el suelo

Luego de tomar los datos del peso del suelo húmedo, las muestras fueron llevadas para secarlas a horno de convección a una temperatura de 105 °C durante toda una noche, posterior a ello se volvieron a pesar y se anotaron los datos para poder hacer los cálculos correspondientes. Las fórmulas que se utilizaron para el análisis son:

$$H_p = \left(\frac{PSH - PSS}{PSS} \right) * 100$$

Hp: Humedad ponderal en %

PSH: Peso de suelo humedo

PSS: Peso de suelo seco

2.9 ANÁLISIS DE LOS DATOS

2.9.1 Análisis ANDEVA y POSTANDEVA

Para el análisis de la información se realizó un análisis de varianza (ANDEVA o modelos lineales generales y mixtos) en las variables respuesta rendimiento de maíz en kg por hectárea, desarrollo radicular en cm y biomasa aérea, correspondiente al experimento bifactorial en diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, provenientes del bifactorial 3 x 4 (3 prácticas de conservación y 4 niveles de rastrojo) para evaluar la retención de humedad en el suelo, según los tratamientos y las repeticiones.

Se utilizó el software estadístico INFOSTAT en el cual, al determinarse diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se aplicó una prueba múltiple de medias de LSD de FISHER con 95% de confianza para determinar qué tratamiento es mejor de acuerdo con las variables respuesta

Se realizó un análisis descriptivo de la retención de humedad en el suelo haciendo una curva de comportamiento para evaluar cual tratamiento retuvo mayor cantidad de humedad.

2.9.2 Análisis de económico

Se llevó a cabo un análisis económico detallado de los tratamientos, utilizando el enfoque de análisis de costo marginal, con el objetivo de evaluar la eficiencia económica de cada uno. Este análisis se basó en los costos totales de producción asociados a cada tratamiento, calculados de manera individual para cada unidad experimental. A través de este enfoque, se pudieron identificar los costos adicionales involucrados en la producción de cada unidad, permitiendo comparar el comportamiento económico de los diferentes tratamientos. El análisis de costo marginal se centró en determinar cuál de los tratamientos generaba la mejor tasa de retorno marginal, es decir, en cuál de ellos los beneficios adicionales obtenidos por unidad de costo eran más altos. Esto proporcionó una visión clara de qué tratamiento ofrecía la mayor rentabilidad en función de los costos adicionales, contribuyendo así a tomar decisiones más informadas sobre la selección de la opción más eficiente desde el punto de vista económico.

2.10 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.10.1 Porcentaje de Humedad

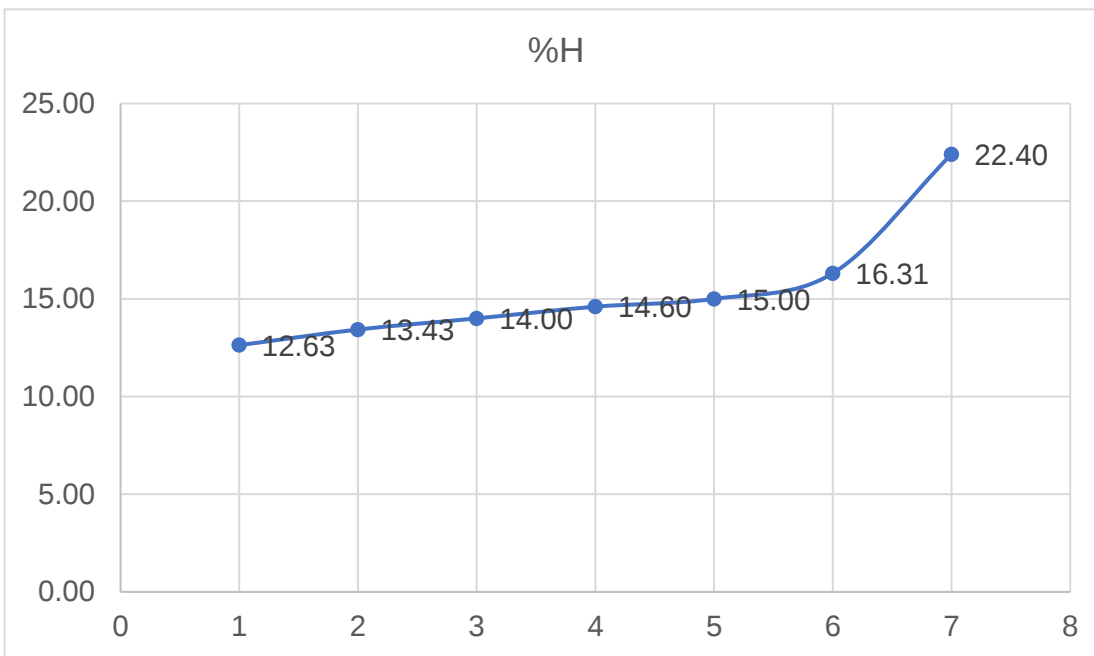
Tabla 7. Contenido de humedad del suelo después de haber aplicado las diferentes niveles de rastrojo al suelo, analizados en el laboratorio de la Facultad de Agronomía

Tratamientos	%H
0 t/ha	12.63
2.5 t/ha	13.43
5 t/ha	14.00
10 t/ha	14.60
20 t/ha	15.00
40 t/ha	16.31
60 t/ha	22.40

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio, los porcentajes de humedad de los tratamientos evaluados muestran una tendencia clara: a medida que se incrementa la cantidad de rastrojo en los tratamientos, se observa un aumento en la retención de humedad. Este comportamiento indica que el rastrojo tiene un efecto significativo en la capacidad de retener agua en el material evaluado. Este fenómeno se puede visualizar con mayor claridad en la figura 25, donde se presentan los datos de manera gráfica, permitiendo comparar de forma directa cómo varía la retención de humedad en función de la cantidad de rastrojo utilizado en cada tratamiento. Este patrón sugiere que el rastrojo podría desempeñar un papel importante en la mejora de las propiedades de retención de agua, lo que puede tener implicaciones prácticas para optimizar los tratamientos en función de las necesidades específicas de retención de humedad.

Figura 25. Relación entre los niveles de rastrojo aplicados al suelo y el porcentaje de humedad.



Fuente: Elaboración Propia

Según la figura se observa el comportamiento de la humedad en el suelo con los diferentes niveles de rastrojo de maíz utilizados en campo siendo estos 0 ton/ha, 2.5 ton/ha, 5 ton/ha, 10 ton/ha, en donde también se tuvo la oportunidad de evaluar a nivel de laboratorio los niveles de 20 ton/ha, 40 ton/ha y 60 ton/ha en donde se puede observar que la curva de comportamiento es ascendente conforme aumenta el nivel de rastrojo. Tomando en consideración las características del suelo de la aldea de Pahoj, nos podemos dar cuenta que son suelos que retienen mucha humedad, lo cual también se le puede atribuir al lugar, el cual se encuentra en la parte media-alta del municipio;

Sin embargo, dentro del análisis de las demás variables respuesta se observa que hay un nivel de rastrojo que apoya no solo la conservación de humedad sino el correcto desarrollo de la planta, en donde se observó que, entre más cantidad de rastrojo, este llega a repercutir en el desarrollo de la misma.

Como lo indican F. Shaxson y R. Barber. (2005) también puede haber beneficios percibidos por la incorporación de residuos vegetales (brosa o cobertura vegetal) sobre

suelos erosionados y de baja porosidad pueden ser limitados, por lo tanto, es aconsejable aumentar la recuperación de los suelos realizando la labranza de estos, seguido de periodos de barbechos con cultivos de cobertura.

La incorporación de prácticas de conservación de suelos como la no quema ha reportado resultados positivos en agricultores de Guaymango, El Salvador, quienes empezaron a adaptarlas a sus labores productivas en 1973 como medida para la reducción de la erosión, sin embargo, como efecto añadido se encontró una mejora en la conservación, lo cual se evidenció en 1997 con la fuerte sequía asociada al periodo del Niño de ese año, manteniendo los rendimientos productivos respecto al año anterior, sin verse afectado por la sequía (F. Shaxson; R. Barber. 2005).

2.10.2 Días de germinación

Tabla 8. Grado del ajuste del modelo experimental para la variable Días de germinación

Medidas de ajuste del modelo							
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
36	103.14	120.81	-36.57	0.82	0.37	0.43	0.44
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							

Nota: Datos obtenidos del análisis de “Modelos lineales generales y mixtos” en el programa Infostat vinculado con R.

Tabla 9. Análisis de varianza para la interacción de las variables: conservación de suelos con (curvas de nivel, acequias de ladera, barreras vivas días) y niveles de rastrojo de maíz sobre la variable días germinación

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)				
	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	18	1156.49	<0.0001
Conserv	2	4	0.16	0.8573
Rastrojo	3	18	3.55	0.0354
Conserv:Rastrojo	6	18	0.71	0.6444

Nota: Datos obtenidos del análisis de “Modelos lineales generales y mixtos” en el programa Infostat vinculado con R.

Los resultados del modelo estadístico del experimento bifactorial con diseños en bloques al azar con arreglo en parcelas dividida, según la (Tabla 9) y el “P-value” nos indica que la variable “D. germinación (días de germinación)” con relación al “factor 2” niveles de rastrojo presenta un “P-value” de 0.0345 por lo tanto existe diferencia estadísticamente significativa porque es <0.05 ; respecto a las demás variables de respuesta el “P-value” nos indica que no presentan diferencia estadísticamente significativa debido a que los valores son mayores el valor de significancia de 0.05.

Tabla 10. Prueba de medias de LSD Fisher con un nivel de significancia de 0.05, para la variable respuesta “Días germinación” correlacionadas a los niveles de aplicación de rastrojo (factor 2).

Rastrojo	Medias	E.E.		
N4	7	0.3	A	
N3	7	0.3	A	
N2	6	0.3	A	B
N1	5	0.3		B

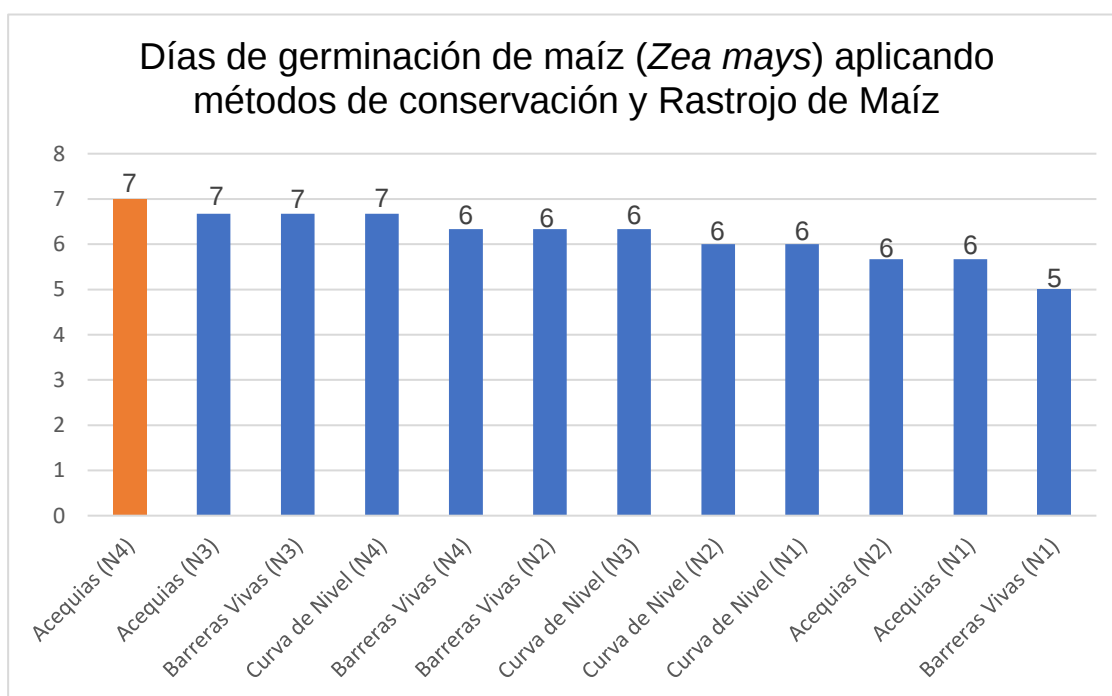
Nota: Datos obtenidos del análisis de “Modelos lineales generales y mixtos” en el programa Infostat vinculado con R.

Las medias ajustadas de días de germinación según el nivel de rastrojo de maíz aplicado según la tabla 10 se establecieron dos grupos para el “Factor 2”, grupo 1 N4 (10 ton/ha), N3 (5 ton/ha) y N2 (2.5 ton/ha); grupo 2 N2 (2.5 ton/ha) y N1 (0 ton/ha), pero entre N4 y N3 presentan diferencia estadísticamente significativa ante N1, entre los tratamientos que pertenecen al mismo grupo no presenta diferencia estadísticamente significativa respecto a la variable respuesta días de germinación para el cultivo de maíz variedad ICTA V – 301. Esto nos indica que el grupo 1 tiene una media de 6 días de germinación y en el grupo 2 un promedio de 5 a 6 días de germinación.

De acuerdo con la tabla 10 las medias ajustadas para los días de germinación con relación al factor 1 y factor 2, los tratamientos que tenían mayor cantidad de rastrojo tardaron más días en germinar, el tratamiento que tuvo una media de menor días de germinación fue el N1 (sin rastrojo) y con barreras vivas.

Respecto al retraso en la germinación de las semillas al incorporar diferentes niveles de rastrojo puede deberse a la competencia de nutrientes, temperatura y humedad entre la germinación de las semillas y el proceso de descomposición del rastrojo. La latencia de las semillas puede ser causada por factores externos, ambientales (agua, luz, temperatura, entre otros.) o factores internos propios de ella (testa dura o impermeable embrión inmaduro, entre otros), negando a las semillas las condiciones para su germinación (Ramírez, Romero, & Henríquez, 1980).

Figura 26. Días de germinación del cultivo de maíz *Zea mays*



Fuente: elaboración propia

En la Figura 26 se presenta un gráfico que muestra los días que tardaron las semillas de maíz en germinar bajo diferentes condiciones de tratamiento. En este gráfico, la barra anaranjada representa la técnica de conservación de suelos y el nivel de rastrojo de maíz incorporado al suelo, destacando la práctica que presentó los mejores resultados en términos de tiempo de germinación. Específicamente, esta práctica corresponde a la combinación de barreras vivas, con 0ton/ha rastrojo de maíz. Los resultados indican que, bajo estas condiciones, las semillas de maíz germinaron más rápidamente, sugiriendo que la combinación de barreras vivas, que favorecen la retención de humedad y protegen

el suelo, junto con la no incorporación de rastrojo, contribuye favorablemente a un ambiente más propicio para la germinación de las semillas. Este hallazgo resalta la importancia de seleccionar las prácticas adecuadas de conservación de suelos, ya que pueden influir significativamente en el desarrollo inicial de los cultivos.

2.10.3 Desarrollo Radicular

Tabla 11. Grado de ajuste del modelo para la variable “Desarrollo Radicular”

Medidas de ajuste del modelo							
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
36	169.74	187.42	-69.87	2.71	0.08	0.21	0.69
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							

Nota: Datos obtenidos del análisis de “Modelos lineales generales y mixtos” en el programa Infostat vinculado con R.

Tabla 12. Análisis de varianza del efecto de la interacción entre las variables conservación de suelos (curvas de nivel, acequias de ladera, barreras vivas) y niveles de rastrojo para la variable respuesta “desarrollo radicular”.

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)				
	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	18	180.89	<0.0001
Conserv	2	4	0.01	0.9867
Rastrojo	3	18	0.47	0.708
Conserv:Rastrojo	6	18	0.52	0.7846

Nota: Datos obtenidos del análisis de “Modelos lineales generales y mixtos” en el programa Infostat vinculado con R.

Los resultados del modelo estadístico del experimento bifactorial con diseños en bloques al azar con arreglo en parcelas dividida, según la Tabla 10 y el “P-value” nos permite concluir que para el desarrollo radicular de la variedad ICTA V-301 no se presenta

diferencia estadísticamente significativa respecto a la interacción de los factores conservación de suelo y niveles de rastrojo debido a que los valores obtenidos son mayores a 0.05.

2.10.4 Biomasa Aérea

Tabla 13. Grado de ajuste del modelo para la variable “Biomasa Aérea”

Medidas de ajuste del modelo							
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
36	85.63	103.3	-27.81	0.5	0.23	0.23	0.62
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							

Nota: Datos obtenidos del análisis de “Modelos lineales generales y mixtos” en el programa Infostat vinculado con R.

Tabla 14. Análisis de varianza del efecto de la interacción entre las variables conservación de suelos (curvas de nivel, acequias de ladera, barreras vivas) y niveles de rastrojo para la variable respuesta “Biomasa Aérea”

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)				
	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	18	254.88	<0.0001
Conserv	2	4	0.43	0.6769
Rastrojo	3	18	0.75	0.536
Conserv:Rastrojo	6	18	1.06	0.4221

Nota: Datos obtenidos del análisis de “Modelos lineales generales y mixtos” en el programa Infostat vinculado con R.

Los resultados del modelo estadístico del experimento bifactorial con diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas dividida, según la tabla 14 y el “P-value” nos indica que la variable “Biomasa Aérea” con relación a la interacción de niveles de rastrojo y prácticas de conservación no presenta diferencia estadísticamente significativa porque los datos obtenidos son mayores a 0.05.

Los resultados obtenidos de las variables “Desarrollo radicular” en la tabla 12 y Biomasa aérea de la planta de maíz en la tabla 14, con relación a los factores de estudio (prácticas de conservación y niveles de rastrojo de maíz) no presentaron diferencia estadísticamente significativa, el desarrollo del sistema radicular y biomasa de la planta de maíz pudo estar influenciado por las condiciones y estructura en la que el suelo se encuentra en la actualidad, por ser un suelo que ha sido trabajado y debido a las condiciones climáticas y la labranza a lo largo del tiempo ha ido perdiendo sus propiedades y estructura, la cual cumple un rol importante para controlar la distribución, flujo y retención de agua, equilibrar las sustancias disueltas y gases. La perturbación del suelo conduce a procesos de degradación edáfica que se asocia con diversas causas como compactación, segmentación, pérdida de biomasa microbiana, entre otros, disminuyendo la productividad de los agroecosistemas. La estructura del suelo y su estabilidad son los factores que más influyen en el crecimiento de las raíces y biomasa aérea que afectan el abastecimiento de oxígeno, agua y nutrimentos a la solución del suelo adyacente. (Osuna C, E.S.; Figueroa S.,B; Oleschko, K.; Flores D, M.L.; Martínez M,M.R.; González C,F. V. 2006).

Cabe mencionar que el suelo se considera un recurso no renovable debido al tiempo que requiere en recuperarse una capa de 1 cm según estudios realizados se ha realizado proyecciones de recuperación de 200 años por lo tanto en esta investigación no se tienen resultados con datos significativamente importantes debido al tiempo que conlleva la ejecución de este. (Roldán L.F. 2019).

2.10.5 Rendimiento

Tabla 15. Grado de ajuste del modelo para la variable Rendimiento

Medidas de ajuste del modelo						
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
36	433.01	449.5	-202.5	788.22	0.29	0.53
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>						

Nota: Datos obtenidos del análisis de “Modelos lineales generales y mixtos” en el programa Infostat vinculado con R.

Tabla 16. Análisis de varianza del efecto de la interacción entre las variables conservación de suelos (curvas de nivel, acequias de ladera, barreras vivas) y niveles de rastrojo para la variable respuesta “Rendimiento”.

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)				
	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	22	50.76	<0.0001
Manejo	2	22	0.97	0.3933
Nivel	3	22	0.68	0.5752
Manejo:Nivel	6	22	1.61	0.1925

Nota: Datos obtenidos del análisis de “Modelos lineales generales y mixtos” en el programa Infostat vinculado con R.

Según los resultados obtenidos para la variable rendimiento, con respecto al “P-value” con relación a los factores niveles de rastrojo de maíz y conservación de suelo con respecto nos indica que no presentan diferencia estadísticamente significativa debido a que los valores obtenidos son mayores el valor de significancia de 0.05.

Tabla 17. Promedio de los rendimientos obtenidos relacionados con las prácticas de conservación y la incorporación de rastrojo

Manejo	Nivel	Medias
Curva de Nivel	N4	3211.11
Curva de Nivel	N3	2777.78
Acequias	N2	2500
Acequias	N1	2466.67
Barreras Vivas	N2	2411.11
Curva de Nivel	N2	2400
Acequias	N3	2355.56
Barreras Vivas	N4	2288.89
Barreras Vivas	N3	2211.11
Curva de Nivel	N1	1777.78

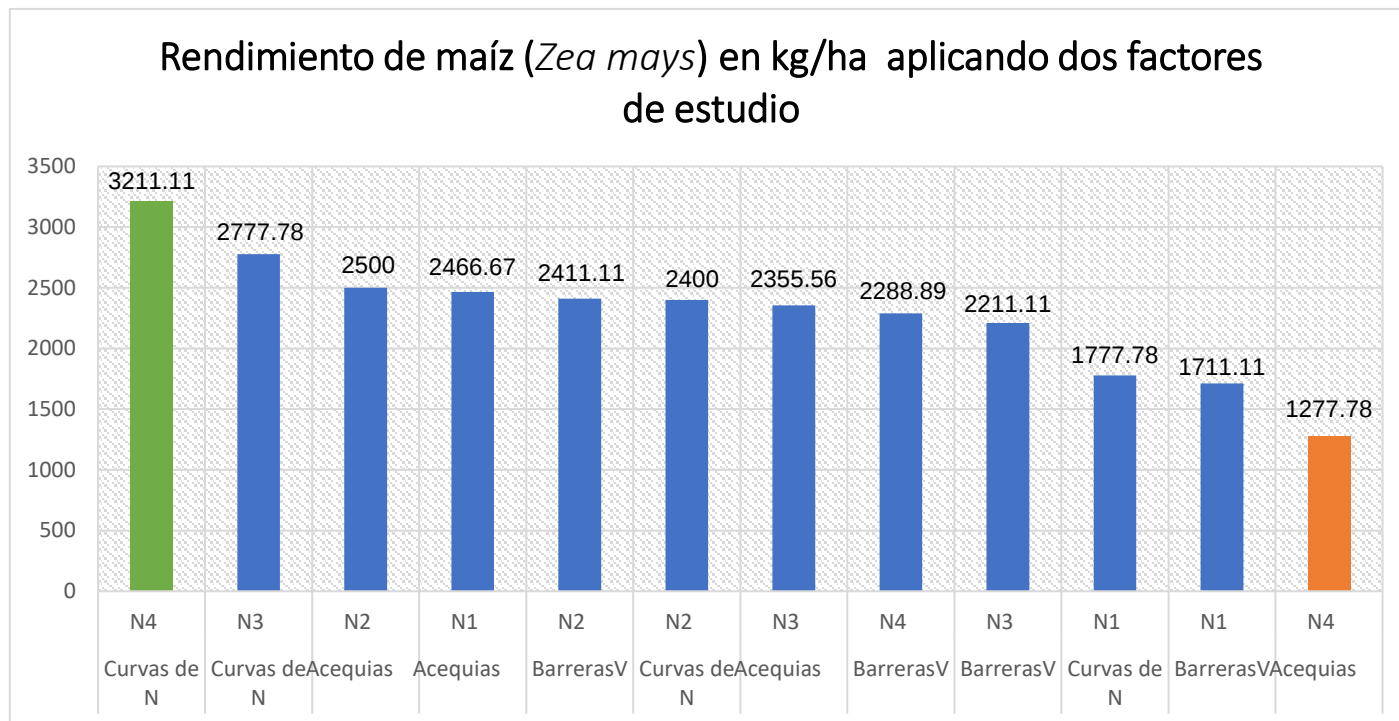
Barreras Vivas	N1	1711.11
Acequias	N4	1277.78

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos del estudio para la variable rendimiento sometidas a dos factores los cuales son factor 1 (técnicas de conservación de suelos) y factor 2 (niveles de rastrojo de maíz). En la Tabla 17 se presentan los datos los cuales reflejan el rendimiento promedio asociado con cada técnica de conservación y niveles de rastrojos. Estos resultados indican que los rendimientos más altos se obtuvieron al implementar la técnica de “curva de nivel” con un nivel de rastrojo “N4 (10 ton/ha)” siendo un rendimiento de 3211.11 kg/ha y se obtuvieron los rendimientos más bajos al implementar la técnica de “acequias” con un nivel de rastrojo “N4 (10 ton/ha)” se obtuvo un rendimiento de 1277.78 kg/ha. Las demás técnicas no presentan diferencias tan sustanciales entre ellas, lo que sugiere que podrían ser opciones viables de acuerdo a las condiciones del terreno y recursos del agricultor.

El leve incremento del rendimiento en el cultivo de maíz relacionado a la técnica de conservación curva a nivel y la adición de 10 ton/ha de rastrojo se asocia a que las curvas a nivel permiten que el cultivo aproveche más los recursos existentes porque las curvas a nivel impiden que el agua corra con velocidad pendiente abajo sumándole a ello, el uso de rastrojo como obstáculo evitando así, el arrastre del suelo y por lo tanto los nutrientes. (MAG. 2012). La incorporación de estiércol ovino, rastrojo de maíz y cobertura de leguminosas tiene efectos positivos en la biomasa microbiana del suelo puede tener un incremento de 20% en relación con la fertilización convencional, obteniendo un incremento del 62% en el rendimiento del grano de maíz. (Álvarez S.J.D., Díaz P.E., León M.N. S. y Guillén V.J. 2010).

Figura 27. Rendimiento del cultivo de maíz *Zea mays* aplicando dos factores de estudio.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 27 se grafica el rendimiento del cultivo de maíz en kg/ha. La barra verde representa la técnica de conservación de suelos y el nivel de rastrojo adicionado al suelo con mejores resultados siendo está la práctica de conservación de curvas a nivel y 10 ton/ha de rastrojo se obtuvo un rendimiento de 3211.11 kg/h. la barra de color anaranjada representa la técnica de conservación de suelos y el nivel de rastrojo adicionado al suelo con resultados bajos siendo está la práctica de conservación de suelos con acequias y 10 ton/ha de rastrojo se obtuvo un rendimiento de 1277.78 kg/h.

El resultado de las acequias puede verse castigado por la composición del suelo, nivel de pendiente, tipo de suelo, posición geográfica del bloque dentro de la parcela experimental. Una de las desventajas al utilizar acequias como técnica de conservación de suelo es que en laderas el agua recolectada por ellas sale con rapidez por no tener cobertura vegetal reduciendo la oportunidad de que el agua infiltre en el suelo y sea aprovechada por las plantas, además el agua que sale de las acequias va con parte del suelo agrícola fértil por lo tanto se va perdiendo la fertilidad. Elizondo, A.M.J. (s.f.)

2.11 ANALISIS ECONÓMICO

En la tabla 18 se presenta un resumen detallado del análisis económico realizado para cada uno de los tratamientos evaluados, efectuado de manera individual para cada unidad experimental. Para llevar a cabo este análisis, se aplicó la metodología de análisis marginal, la cual se enfoca en los costos variables asociados a la implementación de las tecnologías utilizadas en los tratamientos, siendo estas barreras vivas, acequias y curvas a nivel.

Cada una de estas técnicas de conservación de suelos implica un gasto específico para su implementación, lo que permitió realizar un análisis pormenorizado de los costos. En primer lugar, se efectuó un análisis que consideró los costos variables, utilizando las medias de los rendimientos obtenidos en los ensayos, (ver tablas 20 a la 31 en anexos) lo que permitió obtener una estimación de los costos asociados, de acuerdo a la teoría, al utilizar la metodología del “análisis marginal” se debe de considerar un ajuste del 5 al 30% para castigar los ingresos y asemejar las ganancias a la realidad del productor, sin embargo en este caso no se realizó tal castigo por ser un dato experimental.

Tabla 18. Análisis económico por cada tratamiento

Tratamiento	Descripción	Ingresos	Egresos	Ganancia Neta	
Tratamiento 9	Curvas a nivel con 0ton/ha de rastrojo de maíz	Q8,771.94	Q300.00	Q8,471.94	No dominado
Tratamiento 10	Curvas a nivel con 2.5 ton/ha de rastrojo de maíz	Q11,842.11	Q500.00	Q11,342.11	No dominado
Tratamiento 11	Curvas a nivel con 5 ton/ha de rastrojo de maíz	Q13,706.15	Q700.00	Q13,006.15	No dominado
Tratamiento 12	Curvas a nivel con 10 ton/ha rastrojo de maíz	Q15,844.29	Q1,200.00	Q14,644.29	No dominado
Tratamiento 5	Acequias con 0 ton/ha de rastrojo de maíz	Q12,171.07	Q2,700.00	Q9,471.07	Dominado
Tratamiento 6	Acequias con 2.5 ton/ha de rastrojo de maíz	Q12,335.53	Q3,100.00	Q9,235.53	Dominado

Tratamiento 7	Acequias con 5ton/ha de rastrojo de maíz	Q11,622.83	Q3,100.00	Q8,522.83	Dominado
Tratamiento 8	Acequias con 10 ton/ha de rastrojo de maíz	Q6,304.84	Q3,600.00	Q2,704.84	Dominado
Tratamiento 2	Barreras vivas con 2.5 ton/ha de rastrojo de maíz	Q11,896.92	Q4,400.00	Q7,496.92	Dominado
Tratamiento 1	Barreras vivas con 0 ton/ha de rastrojo de maíz	Q8,442.98	Q4,600.00	Q3,842.98	Dominado
Tratamiento 3	Barreras vivas con 5 ton/ha de rastrojo de maíz	Q10,910.08	Q4,800.00	Q6,110.08	Dominado
Tratamiento 4	Barreras vivas con 10 ton/ha de rastrojo de maíz	Q11,293.87	Q5,300.00	Q5,993.87	Dominado

Fuente: elaboración propia

Según los resultados obtenidos del análisis marginal, presentados en la tabla 18, se observa que los tratamientos que no fueron dominados, es decir, aquellos que se encuentran en la frontera eficiente, son los tratamientos 9 (curvas a nivel con 0 ton/ha de rastrojo de maíz), tratamiento 10 (curvas a nivel con 2.5 ton/ha de rastrojo de maíz), tratamiento 11 (curvas a nivel con 5 ton/ha de rastrojo de maíz) y tratamiento 12 (curvas a nivel con 10 ton/ha de rastrojo de maíz).

Esta tendencia tiene una explicación lógica y está directamente relacionada con la práctica de conservación de curvas a nivel. Este tratamiento destaca porque no requiere una inversión inicial significativa para su implementación, lo que lo hace más accesible y rentable en comparación con otras prácticas de conservación como las barreras vivas y las acequias de ladera, que sí demandan un costo inicial de inversión para su construcción y mantenimiento. Dado que las curvas a nivel no implican gastos previos importantes, las ganancias generadas a partir de su uso tienden a ser mayores, lo que resulta en un mejor rendimiento económico. En cambio, los tratamientos que requieren una inversión inicial más alta, aunque pueden ofrecer beneficios a largo plazo, deben superar el desafío de recuperar esa inversión antes de generar rendimientos económicos significativos. Esto explica por qué los tratamientos basados en curvas a nivel se destacan en términos de eficiencia económica y rendimiento marginal, por otro lado, el

Tratamiento 5 (Q2,700; Q12,171) es dominado por el tratamiento 12 (Q1,200; Q15,844), ya que este último tiene menor costo y mayor ganancia.

Tabla 19. Tasa de Retorno marginal para los tratamientos No dominados

Tasa de Retorno Marginal (TRM)			
Comparación	Egresos	Ganancia Neta	TMR
trat 9-10	200	3,070.17	1535%
trat 10-11	200	1,864.04	932%
trat 11-12	500.00	2,138.14	428%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 19 se observa los resultados del análisis marginal también muestran una relación clara entre los costos adicionales y las ganancias generadas para cada uno de los tratamientos, lo que permite evaluar su rentabilidad de manera más precisa:

Tratamiento 9 → 10: Por cada Q1 adicional invertido, se obtienen Q15.35 de ganancia extra. Esto indica que el tratamiento 10 genera una excelente rentabilidad en comparación con el tratamiento 9, donde cada unidad adicional de inversión genera un retorno muy alto, lo que sugiere una eficiencia considerable en el uso de los recursos.

Tratamiento 10 → 11: Por cada Q1 adicional invertido, se ganan Q9.32. Aunque la ganancia sigue siendo positiva y significativa, se observa que el rendimiento marginal disminuye ligeramente en el paso del tratamiento 10 al 11, lo que podría indicar que, aunque todavía rentable, los incrementos de inversión empiezan a generar rendimientos menores en comparación con el salto anterior.

Tratamiento 11 → 12: Por cada Q1 adicional, se ganan Q4.28. En este caso, el rendimiento marginal sigue disminuyendo, lo que sugiere que el tratamiento 12, aunque rentable, ofrece menores beneficios adicionales por cada unidad de inversión comparado con los tratamientos anteriores.

En resumen, a medida que se avanza de un tratamiento a otro, la rentabilidad marginal disminuye, lo que podría reflejar una tendencia en la que los tratamientos más eficientes

en términos de costo-beneficio son aquellos cercanos a la frontera eficiente, pero con rendimientos decrecientes a medida que se sigue invirtiendo más en los tratamientos.

2.12 CONCLUSIONES

1. Con base a los análisis estadísticos realizados, se concluye que se cumplió con la hipótesis de estudio para la variable retención de humedad; de acuerdo a los resultados obtenidos al aumentar las cantidades de rastrojo de maíz (0 ton/ha, 2.5 ton/ha, 5 ton/ha, 10 ton/ha) también aumentaba la humedad retenida en el suelo.
2. En cuanto a los niveles de rastrojo de maíz evaluados, se determinó que al aumentar la cantidad utilizada también aumentó la humedad retenida en el suelo, siendo que para 0 ton/ha de rastrojo se obtuvo un porcentaje de 12.63% de humedad, para 2.5 ton/ha de rastrojo 13.43% de humedad, para 5 ton/ha de rastrojo 14% de humedad y para 10 ton/ha de rastrojo un 14.6% de humedad.
3. En base al análisis de varianza y a la prueba de medias realizada, se determinó que dentro de las variables analizadas, la variable días de germinación, presentó diferencia estadísticamente significativa, dando como resultado que los tratamientos que tenían mayor cantidad de rastrojo tardaron más días en germinar siendo el tratamiento ocho (8) (acequias con 10 ton/ha de rastrojo de maíz) el que obtuvo una media de 7 días de germinación y el tratamiento uno (1) (barreras vivas con 0 ton/ha de rastrojo) el que obtuvo una media de 5 días.
4. Al analizar las variables “desarrollo radicular y biomasa aérea” en relación a los factores estudiados (Prácticas de conservación y niveles de rastrojo de maíz), se determinó que no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, esto pudo estar influenciado por las condiciones y estructura en las que el suelo se encuentra debido al manejo que en años anteriores se le había dado.
5. En función al análisis realizado, los resultados que se obtuvieron en cuanto a la variable “rendimiento” que fue sometida a dos factores (prácticas de conservación de suelo y niveles de rastrojo de maíz) se determinó que el tratamiento cuatro (4) (barreras vivas con 10 ton/ha de rastrojo) presentó el mayor rendimiento con un

promedio de 3211.11 kg/ha y se obtuvo el rendimiento más bajo utilizando el tratamiento doce (12) (acequias con 10 ton/ha de rastrojo) con un promedio de 1277.78 kg/ha.

6. De acuerdo con la metodología del análisis marginal, se identificaron los tratamientos en la frontera eficiente como los tratamientos nueve (9) (curvas a nivel con 0 ton/ha de rastrojo de maíz), tratamiento diez (10) (curvas a nivel con 2.5 ton/ha de rastrojo de maíz), tratamiento once (11) (curvas a nivel con 5 ton/ha de rastrojo de maíz) y tratamiento doce (12)(curvas a nivel con 10 ton/ha de rastrojo de maíz); lo que significa que estos ofrecen un rendimiento económico óptimo dentro de los recursos disponibles. El tratamiento nueve (9) sobre el tratamiento diez (10) muestra el mejor retorno marginal (TRM), con una ganancia de Q15.35 por cada Q1.00 invertido, lo que indica que este es el tratamiento más eficiente en términos de rentabilidad marginal, es decir, el más rentable para realizar una inversión adicional en este rango.
7. La implementación de prácticas de conservación de suelos como: las barreras vivas ,las acequias, las curvas a nivel y la incorporación de rastrojo de maíz evitará la pérdida de suelo por erosión al mismo tiempo ayudará a conservar la humedad por más tiempo evitando la perdida de agua por escorrentía, con el objetivo de lograr recuperar y conservar el suelo; esto también podría contribuir a que los productores tengan mejores rendimientos en sus cosechas lo que genera excedentes para la venta y reservas para el consumo familiar.

2.13 RECOMENDACIONES

1. Para los agricultores que implementen la incorporación de rastrojo de maíz en sus parcelas, se recomienda que el rastrojo sea mezclado al suelo y no a nivel superficial esto para que la descomposición orgánica sea más rápida; debido a que el material utilizado es una gramínea y el proceso de degradación podría ser retardado debido a su alto contenido de lignina la cual es una proteína que tiene un proceso de degradación muy lento. La incorporación de rastrojo al suelo mejora la aireación e infiltración de agua, su textura y estructura y por ende la conservación del mismo.
2. Se recomienda realizar otros trabajos de investigación en donde se evalúe la interacción de los dos factores: prácticas de conservación y niveles de rastrojo de maíz al terminar la época de invierno, para evaluar la retención de humedad una vez terminado el periodo de lluvia. Tomando en consideración que la presente investigación es un estudio base que servirá para continuar evaluando el comportamiento de la interacción de los dos factores a nivel edáfico especialmente en aldeas donde se tiene un promedio de 1200 mm de precipitación anual.
3. Se recomienda para que en posteriores investigaciones se inicie a evaluar variables edáficas que permitan observar los beneficios de la descomposición del rastrojo en el suelo. Esto debido a que la presente investigación se enfocó en evaluar variables agronómicas como: días de germinación, desarrollo radicular, biomasa aérea y rendimiento en maíz, siendo esta la primera fase de un estudio a largo plazo.

2.14 BIBLIOGRAFÍA

- Benites, J., & Castellanos, A. (s.f.). Mejorando la humedad del suelo con agricultura de conservación. *Leisa*, 19(2). Recuperado el 13 de 07 de 2021, de <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-19-numero-2/2168-mejorando-la-humedad-del-suelo-con-agricultura-de-conservacion>
- Bolaños, J. (2014). *Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1993 - 1995*. CIMMYT, 154-158 p.
- Camacho, N. A. (10 de 1 de 2013). *Manual de buenas Prácticas para el manejo de cuentas hidrográficas*. Recuperado el 21 de 07 de 2021, de USAID From Aerican People: https://rmportal.net/library/content/Water_Watershed_Management/panama-documents/manual-de-buenas-Prácticas-para-el-manejo-de-ch.pdf/view
- Castillo, I. D. (1995). En *Tesis de grado "Respuesta de rendimiento en grano del rebrote de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench.) Var. ICTA-MITLAN, a la fertilización nitrogenada con y sin cobertura en el suelo, en tres localidades de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz"*. (pág. 22). Guatemala.
- Catholic Relief Services. (02 de 12 de 2020). *Catholic Relief Services*. Obtenido de <https://asa.crs.org/2020/12/lanzamiento-de-agumas/>
- CENTA. (2018). En C. N. Forestal, *Cultivo de Maiz (Zea mays L.)* (pág. 7). El Salvador.
- Climagri. (2014). Cobertura vegetal. *Climagri*. Obtenido de <http://climagri.eu/index.php/es/cobertura-vegetal>
- EOSDA. (09 de 09 de 2020). *El control de la humedad del suelo: Factor clave*. Obtenido de Eart Observing System: <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>
- FAO. (27 de 04 de 2005). *Manejo de humedad del suelo en zonas secas*. Recuperado el 20 de 07 de 2021, de Info agrónomo: <https://infoagronomo.net/manejo-de-humedad-del-suelo-en-zonas-secas/>

- FAO. (2005). *Manejo de suelos y agua: Tecnologías y metodologías validadas para mejorar la seguridad alimentaria en las zonas secas de Honduras*. (N. Sagastume, Ed.) Recuperado el 20 de 07 de 2021, de Info Agrónomo: <http://www.fao.org/3/at779s/at779s.pdf>
- Flores, H. D. (12 de 06 de 2021). Obtenido de Guía técnica El cultivo de Maíz: <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Huerta-Olague, J. d., Oropeza Mota, J. L., Guevara Gutierrez, R. D., Ríos Berber, D., Martinez Menes, M. R., Barreto García, O. A., . . . Mancilla Villa, O. R. (Julio de 2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *IDESIA*, 36(2), 153-162. Recuperado el 18 de Julio de 2021
- IARNA-URL. (2018). Ecosistema de Guatemala basado en el sistema de clasificacion de zonas de vida . En I. d. Landivar. Guatemala.
- ICTA. (2002). En I. d. Agrícola, *El cultivo de Maiz en Guatemala Una guía para su manejo agronómico* (pág. 5). Guatemala.
- ICTA. (2002). En M. R. López, *EL cultivo de maiz en guatemala, una guía para su manejo agronómico* (pág. 15). Guatemala.
- J, B. (1989). Suelos en relacion a labranza de conservación: Aspectos físicos. En IICA-BID-PROCIANDINO, *XI Seminario. Labranza de Conservación en Maíz*. Ed. por H Barreto, R. Raab, A. Tasistro y A. D. Violic (págs. 19-39). Batán, Mexico.: PROCIANDINO.
- Lafitte, R. H. (1994). *Identificación de problemas en la producción de maíz tropical: guía de campo*. CIMMYT.
- Méndez, J. R. (2018). *Análisis beneficio-costo y co-beneficios de la implementación de medidas de adaptación de pequeños productores de maíz (Zea mays) en Camotán, Chiquimula*. Guatemala.
- Muñoz, J. G. (2001). *Comparación de cinco Metodos para la Determinación del Contenido de Humedad del Suelo*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Pacheco, E. E. (2016). Efecto de la retención de agua y las propiedades físicas del suelo, por la aplicación de tres tipos de coberturas, en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), regado mediante goteo. En E. E. Pacheco, *Tesis Previa a la obtención del título de Magister en Agroecología y Ambiente* (pág. 14). Cuenca, Ecuador.
- PASOLAC. (1999). *Obras de conservación de suelos y agua en laderas*. América Central: Proyecto Red SICTA del IICA.
- Peralta, M., Rojas García, A., Sánchez Santillán, P., Bottini, L., B, M., Torres Salado, N., . . . Luna Guerrero, M. (Agosto de 2019). Análisis de crecimiento del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en el trópico seco. *Agro-productividad*, 12(8), 17.
- Raudes, M., & Sagastume, N. (2009). *Manual de Conservación de suelos. Programa para la agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Escuela Agrícola Panamericana*. Honduras: El Zamorano p. 58.
- Raudes, M., & Sagastume, N. (2009). *Manual de Conservación de suelos. Programa para la agricultura sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria*. Honduras : El Zamorano.
- Salamanca Jiménez, A., & Sadeghian Khalajabadi, S. (2005). En *La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetalera colombiana*. cenicafé.
- SFEIR, A. J. (5 de 07 de 2015). *Buenas Prácticas para la conservación del suelo*. Recuperado el 21 de 07 de 2021, de Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires: <https://www.unicen.edu.ar/content/buenas-pr%C3%A1cticas-para-la-conservaci%C3%B3n-del-suelo>
- Soberanis, R. (2002). *Respuesta del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) a la Fertilización Orgánica en San Miguel Chicaj, Baja Verapaz. Tesis - Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 49 p.

2.15 ANEXOS

Figura 28A. Productores que realizan prácticas de conservación de suelo en la aldea de Paho, Rabinal Baja Verapaz



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021

Tabla 20A. Análisis económico para el tratamiento 1 Barrera viva 0 ton/Ha

Barrera viva 0 ton/Ha					
Tratamiento 1		Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	
Barrera viva	precio pasto cuba 22	200	1	qq	Q4,000.00
Metros de practica		20		m/ha	
Rastrojo a aplicar		0		ton/ha	Q0.00
Precio de picado de Rastrojo		0			
Mano de obra para siembra de pasto		100	2	Jornales	Q200.00
mano de obra por corte de pasto		200	2	Jornales	Q400.00
Total de Egresos					Q4,600.00
Rendimiento de maiz		1711.11		kg/ha	Q8,442.98
precio de venta		Q225.00	45.6	kg	Q3,842.98

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21A. Análisis económico para el tratamiento 2 Barrera Viva 2.5 ton/ha

Barrera Viva 2.5 ton/ha					
Tratamiento 2		Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
Barrera viva	precio pasto cuba 22	200	1	qq	Q4,000.00
Metros de practica		20		m/ha	
Rastrojo a aplicar		2.5		ton/ha	
Precio de picado de Rastrojo		100	2	Jornales	Q200.00
Mano de obra para siembra de pasto		100	2	Jornales	Q200.00
mano de obra por corte de pasto		100	2	Jornales	Q4,400.00
Rendimiento de maiz		2411.11		kg/ha	Q11,896.92
precio de venta		Q225.00	45.6		Q7,496.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22A. Análisis económico para el tratamiento 3 Barrera Viva 5 ton/ha

Barrera Viva 5 ton/ha					
Tratamiento 3		Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
Barrera viva	precio pasto cuba 22	200	1	qq	Q4,000.00
Metros de practica		20		m/ha	
Rastrojo a aplicar		5		ton/ha	
Precio de picado de Rastrojo		100	4	Jornales	Q400.00
Mano de obra para siembra de pasto		100	2	Jornales	Q200.00
mano de obra por corte de pasto		100	2	Jornales	Q4,800.00
Rendimiento de maiz		2211.11		kg/ha	Q10,910.08
precio de venta		Q225.00	45.6		Q6,110.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23A. Análisis económico para el tratamiento 4 Barrera Viva 10 ton/ha

Barrera Viva 10 ton/ha					
Tratamiento 4		Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
Barrera viva	precio pasto cuba 22	200	1	qq	Q4,000.00
Metros de practica		20		m/ha	
Rastrojo a aplicar		10		ton/ha	
Precio de picado de Rastrojo		100	9	Jornales	Q900.00
Mano de obra para siembra de pasto		100	2	Jornales	Q200.00
mano de obra por corte de pasto		100	2	Jornales	Q5,300.00
Rendimiento de maiz		2288.89		kg/ha	Q11,293.87
precio de venta		Q225.00	45.6		Q5,993.87

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24A. Análisis económico para el tratamiento 5 Acequia 0 ton/Ha

Acequia 0 ton/Ha				
Tratamiento 5	Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
C.S. Acequia	5		metro/lineal	Q500.00
Metros de practica	100		m/ha	
Rastrojo a aplicar	0		ton/ha	Q0.00
Precio de picado de Rastrojo	0			
Mano de obra para realizar asequia	100	20	jornales	Q2,000.00
mano de obra para limpieza	100	2	jornales	Q2,700.00
Rendimiento de maiz	2466.67		kg/ha	Q12,171.07
precio de venta	Q225.00	45.6		Q9,471.07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25A. Análisis económico para el tratamiento 6 Acequia 2.5 ton/Ha

Asequia 2.5 ton/Ha				
Tratamiento 6	Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
C.S. Acequia	5		m/lineal	Q500.00
Metros de practica	100		m/ha	
Rastrojo a aplicar	2.5		ton/ha	
Precio de picado de Rastrojo	200	2	jornales	Q400.00
Mano de obra para realizar asequia	100	20	jornales	Q2,000.00
mano de obra para limpieza	100	2	jornales	Q3,100.00
Rendimiento de maiz	2500		kg/ha	Q12,335.53
precio de venta	Q225.00	45.6		Q9,235.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26A. Análisis económico para el tratamiento 7 Acequia 5 ton/Ha

Acequia 5 ton/Ha				
Tratamiento 7	Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
C.S. Acequia	5		m/lineal	Q500.00
Metros de practica	100		m/ha	
Rastrojo a aplicar	5		ton/ha	
Precio de picado de Rastrojo	100	4	Jornales	Q400.00
Mano de obra para realizar asequia	100	20	Jornales	Q2,000.00
mano de obra para limpieza	100	2	Jornales	Q3,100.00
Rendimiento de maiz	2355.56		kg/ha	Q11,622.83
precio de venta	Q225.00	45.6		Q8,522.83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27A. Análisis económico para el tratamiento 8 Acequia 10 ton/Ha.

Acequia 10 ton/Ha				
Tratamiento 8	Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
C.S. Acequia	5		m/lineal	Q500.00
Metros de practica	100		m/ha	
Rastrojo a aplicar	10		ton/ha	
Precio de picado de Rastrojo	100	9	Jornales	Q900.00
Mano de obra para realizar asequia	100	20	Jornales	Q2,000.00
mano de obra para limpieza	100	2	Jornales	Q3,600.00
Rendimiento de maiz	1277.78		kg/ha	Q6,304.84
precio de venta	Q225.00	45.6		Q2,704.84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28A. Análisis económico para el tratamiento 9 Curvas a Nivel 0 ton/Ha.

Curvas a nivel 0 ton/Ha				
Tratamiento 9	Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
Curvas a nivel	18			
Metros de practica	100		m/lineal	
Rastrojo a aplicar	0		ton/ha	Q0.00
Precio de picado de Rastrojo				
mano de obra por realizar curvas	100	3	jornales	Q300.00
Total de egresos				Q300.00
Rendimiento de maiz	1777.78		kg/ha	Q8,771.94
precio de venta	Q225.00	45.6		Q8,471.94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29A. Análisis económico para el tratamiento 10 Curvas a Nivel 2.5 ton/Ha

Curvas a nivel 2.5 ton/Ha				
Tratamiento 10	Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
Curvas a nivel	18			Q0.00
Metros de practica	100		metro/lineal	
Rastrojo a aplicar	2.5		ton/ha	
Precio de picado de Rastrojo	100	2	jornales	Q200.00
Jornal para trazado de curvas	100	3	jornales	Q300.00
Total Egresos				Q500.00
Rendimiento de maiz	2400		kg/ha	Q11,842.11
precio de venta	Q225.00	45.6		Q11,342.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30A. Análisis económico para el tratamiento 10 Curvas a Nivel 5 ton/Ha

Curvas a nivel 5 ton/Ha				
Tratamiento 11	Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
Curvas a nivel	18			Q0.00
Metros de practica	100		metro/lineal	
Rastrojo a aplicar	5		ton/ha	
Precio de picado de Rastrojo	100	4	jornales	Q400.00
Jornal para trazado de curvas	100	3	jornales	Q300.00
Total de Egresos				Q700.00
Rendimiento de maiz	2777.78		kg/ha	Q13,706.15
precio de venta	Q225.00	45.6		Q13,006.15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31A. Análisis económico para el tratamiento 10 Curvas a Nivel 10 ton/Ha

Curvas a nivel 10 ton/Ha				
Tratamiento 12	Precio de campo	Cantidad	Unidad de medida	Total
Curvas a nivel	18			Q0.00
Metros de practica	100		metro/lineal	
Rastrojo a aplicar	10		ton/ha	
Precio de picado de Rastrojo	100	9	jornales	Q900.00
Jornal para trazado de curvas	100	3	jornales	Q300.00
Total de Egresos				Q1,200.00
Rendimiento de maiz	3211.11		kg/ha	Q15,844.29
precio de venta	Q225.00	45.6		Q14,644.29

Fuente: Elaboración propia

Figura 29A. Mapeo de suelos en las microcuencas Xesiguan del municipio de Rabinal y en la microcuenca San Rafael del municipio de San Miguel Chicaj, del departamento de Baja Verapaz.

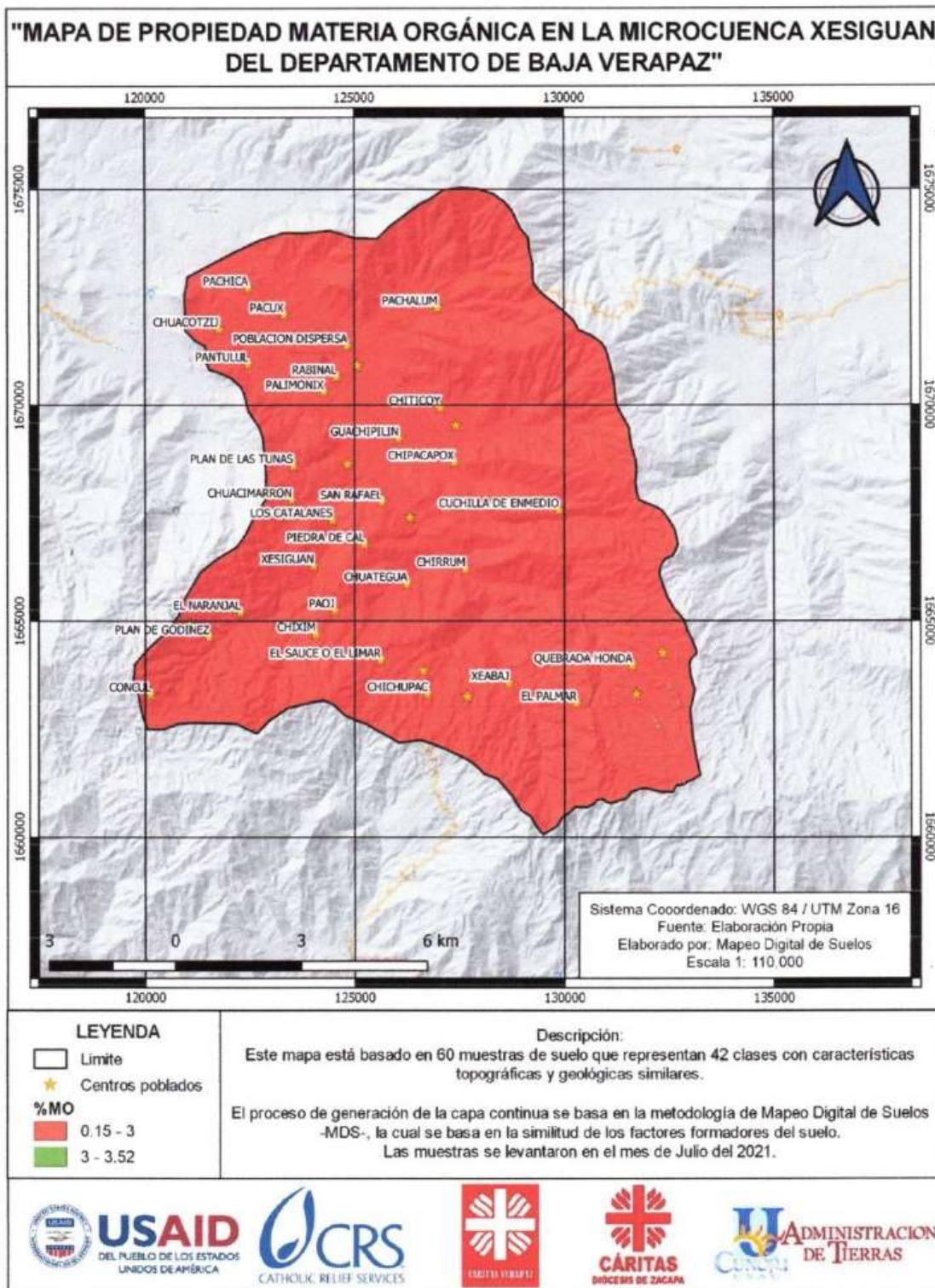


Figura 30A. Mapa de clases texturales en la microcuenca Xesiguan

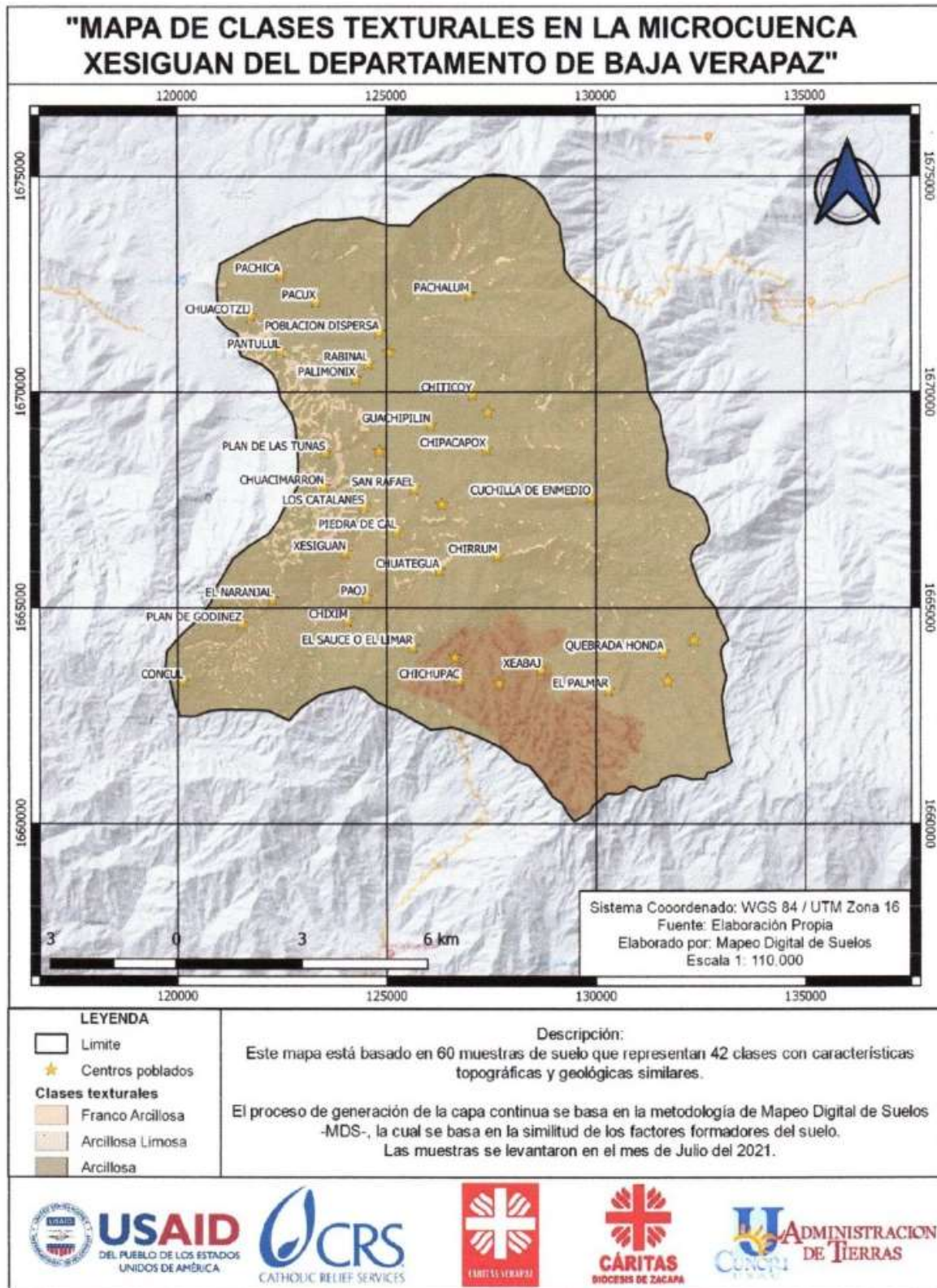


Figura 33A. Implementación de Acequias de ladera.



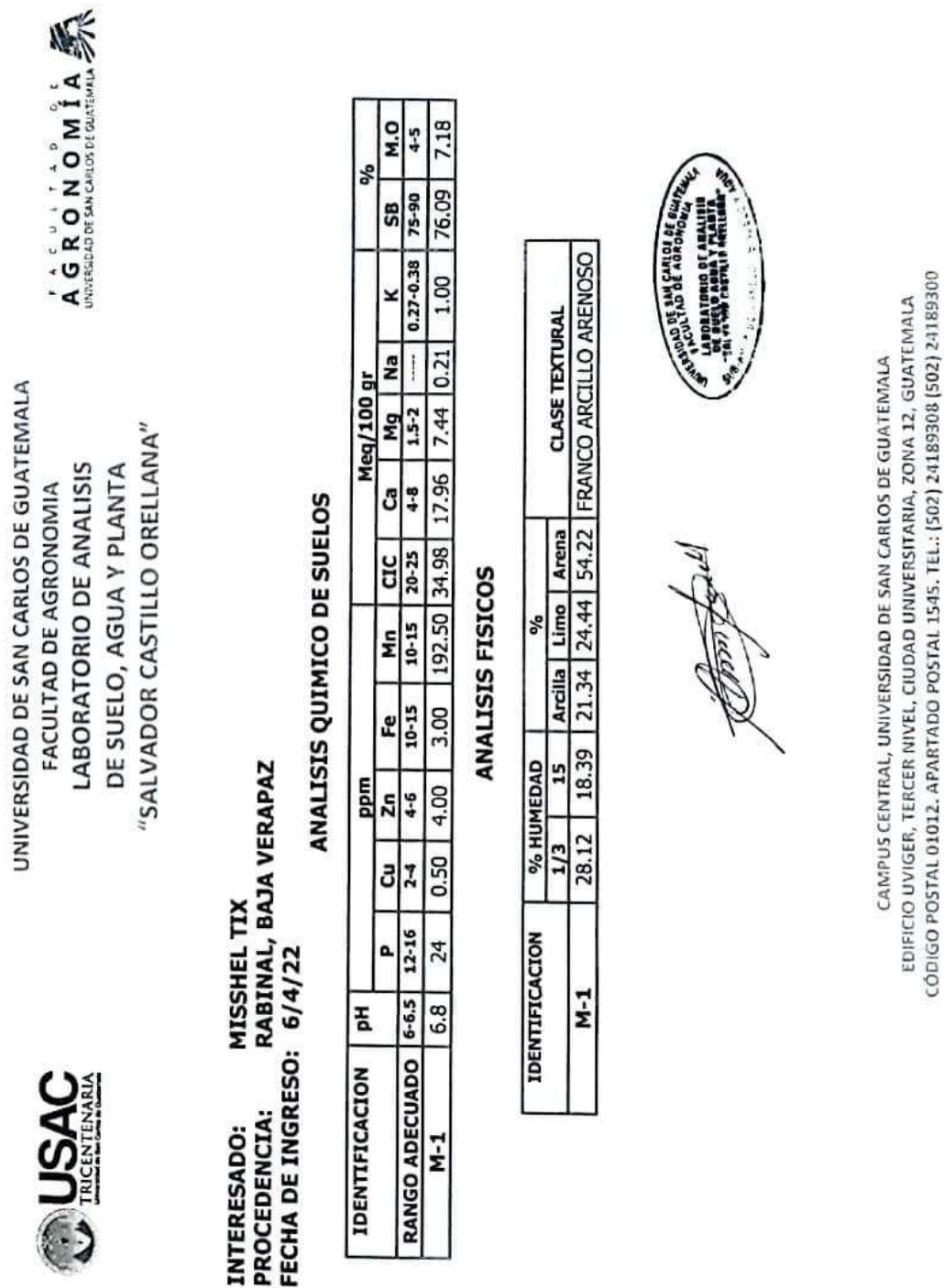
Fuente: Elaboración propia

Figura 34A. Distribución del rastrojo dentro de los bloques



Fuente: Elaboración propia

Figura 35A. Análisis de suelo realizado en el laboratorio de la Facultad de Agronomía.



Fuente: Laboratorio FAUSAC

Figura 36A. Análisis químico de rastrojo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: MISSHEL TIX
PROCEDENCIA: RABINAL, BAJA VERAPAZ
FECHA DE INGRESO: 6/4/22

ANÁLISIS QUÍMICO DE RASTROJO

IDENT	pH	µS /cm C.E.	%				ppm					%		C:N
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O.	NT	
M-2	7.1	2,445	0.06	0.32	0.31	0.34	10	20	10	20	250	49.22	0.51	96.5 :1

Retención de Humedad del Material Orgánico (Rastrojo molido, Molido)
Fue de 232% en base a su peso.

[Handwritten signature]



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 GUATEMALA
CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TEL.: (502) 24188000, EXTENSIÓN 1769

Fuente: Laboratorio FAUSAC

Figura 37A. Siembra de Maíz



Fuente: Elaboración Propia

Figura 38A. Primera aplicación de fertilizante



Fuente: Elaboración Propia

Figura 39A. Mantenimiento de Acequias



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 40A. Corte del Pasto Cuba 22



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 41A. Cosecha de maíz



Fuente: Elaboración Propia.

The seal is circular with a grey border. Inside, the Latin text "CAROLINA ACADEMIA COACTE M ALEN S I S I N T E R C A T T E R A S O R B I S C O N S P I C U A" is written in a serif font, following the curve of the border. The central image depicts a religious figure, likely the Virgin Mary, seated and holding a child. They are surrounded by various heraldic symbols: a golden crown at the top, a lion rampant on the right, a castle on the left, and two golden columns flanking the central figure. At the bottom, a knight in blue and gold armor is shown riding a white horse, holding a lance. The background is a light blue sky with green hills at the base.

3 CAPITULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA DE PAHOJ DEL MUNICIPIO DE RABINAL, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ

3.1 INTRODUCCIÓN

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, del Centro Universitario de Baja Verapaz (CUNBAV), de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), se realizaron servicios de extensión agrícola, para contribuir al desarrollo rural de la aldea de Pahoj del municipio Rabinal Baja Verapaz y generar un impacto positivo en las familias. Los servicios técnicos, principalmente capacitación y asistencia técnica agrícola en gran manera han contribuido a que los comunitarios adquirieran nuevos conocimientos y técnicas para sus cultivos.

El EPS CUNBAV-USAC realizado en el Proyecto de Adaptación al cambio climático en el corredor seco de Guatemala -KFW- Rabinal B.V. tuvo como objetivo, entre otros, apoyar a los productores de las aldeas a mejorar sus sistemas productivos agrícolas, así como la gestión del agua, el suelo y los recursos forestales. Para cumplir con el objetivo planteado, se elaboraron planes de finca utilizando la metodología del Proyecto de adaptación al Cambio Climático en el Corredor Seco de Guatemala KFW. Con estos planes se logró establecer bosques con especies forestales nativas, así como también se impartieron capacitaciones para la producción de abonos orgánicos de lombricompost y asistencia técnica para la implementación de prácticas de conservación de suelo.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general:

Ejecutar capacitaciones, talleres y visitas técnicas a través de un proceso participativo y educativo a productores beneficiados de la aldea de Pahoj del municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, mediante servicio de extensión agrícola.

3.2.2 Objetivos específicos:

- a) Fortalecer las capacidades técnicas de los productores locales mediante jornadas de capacitación orientadas a buenas prácticas agrícolas, conservación de recursos naturales y manejo sostenible de sus fincas.
- b) Promover la adopción de tecnologías y prácticas agroecológicas que contribuyan al desarrollo rural sostenible y a la resiliencia de las unidades productivas frente al cambio climático.
- c) Brindar asistencia técnica personalizada a los productores de la aldea de Pahoj para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de sus sistemas productivos

3.3 Servicio 1: CAPACITACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO EN EL PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO -KFW-

3.3.1 Presentación

Debido a la condición en las cuales se encuentran las parcelas de los productores de la aldea de Pahoj, y como respuesta a la problemática sobre la pérdida de suelo por erosión, es importante que los productores conozcan acerca de la implementación de prácticas de conservación dentro de las mimas y para ello es necesario que principalmente aprendan el uso del nivel en A para que les permita realizar estas prácticas por ello el servicio se concentró en enseñarle al productor el uso de esta herramienta mediante la capacitación y la asistencia técnica a sus parcelas.

3.3.2 Objetivos

Capacitar sobre el uso de nivel en A, a los productores de la aldea de Pahoj, Rabinal Baja Verapaz.

Que los productores puedan hacer uso del nivel en A, para poder implementar prácticas de conservación en las parcelas.

Involucrar a las mujeres de las aldea para que participen en las capacitaciones y aprendan sobre la importancia de la conservación de suelos.

3.3.3 Metas

Capacitar a 43 productores sobre el uso y manejo del nivel tipo A y de las diferentes prácticas de conservación, teniendo como meta que todos los productores adopten dicha práctica para la conservación de suelo evitando así la pérdida de suelo por erosión

3.3.4 Metodología

Debido a que la aldea se encuentra en la parte media-alta del municipio es importante que conozcan acerca de conservación de suelo, por lo que se priorizó esta actividad como apoyo a los productores, por lo cual la metodología que se utilizó para realizar esta actividad fue:

Se realizó la convocatoria a los y las productoras de la aldea para brindarles la capacitación.

Preparación del materia a utilizar en la actividad, carteles y materiales a usar para hacer un nivel en A.

Se brindó la capacitación a los productores de manera teórica, dando a conocer los principios para hacer uso del nivel en A y como armarlo, así como del uso de otras tecnologías (caballete) para realizar prácticas de conservación. También se realizó de manera práctica.

3.3.5 Materiales y equipo

Con el fin de lograr la transferencia de tecnología se hizo uso de una parcela así mismo se hizo uso de Carteles para impartir el tema y para la realización del nivel “A” se utilizó: varas, pita, clavos y plomada.

3.3.6 Resultados

Se realizó la capacitación en la aldea sobre el tema “uso del Nivel tipo A” el cual se impartió de manera teórico/práctico, esto con la finalidad de que los participantes conocieran y acerca de los principios básicos sobre cómo armar un nivel y cómo utilizarlo; esto respondiendo a uno de los problemas priorizados debido a la pendiente que cuentan las parcelas de los productores.

Teniendo como resultado que 28 productores adoptaron las prácticas dentro de sus parcelas esto representado el 65% del total.

El proceso para realizar una evaluación y asistencia a los productores consistió en realizar visita a las parcelas e identificar que productor hizo uso del nivel tipo A para la implementación de prácticas de conservación.

3.3.7 Anexos

Figura 42A: Capacitación teórica sobre el uso del nivel tipo “A”



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 43A: Practica sobre el uso del Nivel tipo “A”



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura: Practica sobre elaboración de una calicata



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura: Visita a parcela para monitorear la ejecución de las practicas aprendidas



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

3.4 Servicio 2: ENTREGA DE ÁRBOLES FORESTALES NATIVOS PARA LA RESTAURACIÓN COMUNITARIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

3.4.1 Presentación

Como respuesta a la problemática que aqueja a la aldea de Pahoj descrita en el diagnóstico rural participativo en ámbito ambiental y forestal; la reforestación es una solución directa y viable a los desafíos ambientales a los que se enfrentan diariamente, mediante la entrega, distribución y siembra de especies que se adapten a las condiciones edafo-climáticas de la localidad, siendo una alternativa para revertir la desertificación y pérdida de suelo, que hacen que los productores obtengan bajos rendimientos en los cultivos establecidos, se designaron tres especies a entregar siendo especies de mayor auge en la localidad.

3.4.2 Objetivos

Distribuir especies arbóreas adaptables a las condiciones edafo-climáticas de la localidad.

Brindar asistencia técnica en la reforestación a productores de la aldea inmersos en el programa KFW.

3.4.3 Metas

Teniendo como meta la distribución de 25 árboles para reforestación a 35 productores inmersos en el programa KFW para posteriormente realizar la asistencia técnica respectiva para el ahoyado y siembra, obteniendo con ello el establecimiento de especies que contribuyan a mitigar los efectos de pérdida de suelo por el avance de la frontera agrícola y otros factores como incendios forestales.

3.4.4 Metodología

La metodología de intervención se enfocó a lo siguiente:

Convocatoria a los productores inmersos en el programa KFW, para la distribución de especies.

Demostraciones in situ en parcelas y participación activa de cada agricultor con el fin de realizar la práctica de ahoyado y siembra de las especies.

Seguimiento productivo de la adopción de prácticas.

Tabla 32. Listado de especies de árboles entregados a productores de la aldea Pahoj.

No.	Especie nombre común	Nombre científico
1	Pino de ocote	<i>Pinus oocarpa</i>
2	Gravilea	<i>Grevillea robusta</i>
3	Paterna	<i>Inga spuria</i>

Fuente: Elaboración propia

3.4.5 Material y Equipo

Los materiales y equipos utilizados fueron:

- Especies arbóreas
- Canastas para acarreo
- Piocha
- Azadón
- Saca tierra

3.4.6 Resultados

Obteniendo como resultados la siembra de la totalidad de las especies entregadas estableciéndolas a un distanciamiento de 3m x 3m, monitoreándose con ello la supervivencia de cada especie; contribuyendo así a la mitigación de la pérdida de suelo, preservando así la vida en el suelo a través de la materia orgánica que esta genera.

3.4.7 ANEXOS

Figura 44A: Recolección de árboles en el vivero municipal



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 45A: Traslado de los árboles a la aldea de Pahoj



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 46A: Entrega de árboles a productores beneficiados.



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

3.5 Servicio 3: ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOMBRICOMPOSTERAS A PRODUCTORES BENEFICIADOS CON EL PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO KFW

3.5.1 Presentación

Dentro de la aldea de Pahoj los productores cuentan con huertos de hortalizas dentro de sus hogares, lo cual es una de las formas por las que ellos obtienen un ingreso extra a sus hogares, así como también lo usan para consumo propio, sin embargo, manifiestan que se les complica el tema fertilización debido a los costos, lo que les ocasiona algunas perdidas. Debido a ello se optó por enseñarles sobre el uso del lombricompost para abonar sus huertos, para que les permitiera mejorar sus cosechas.

3.5.2 Objetivos

Brindar asistencia técnica y capacitar a productores sobre la implementación de lombricomposts a productores en la aldea de Pahoj.

Asesorar a los productores sobre el manejo de aboneras a base de lombriz coqueta roja.

Fomentar el uso de abonos orgánicos para la producción de hortalizas.

3.5.3 Metas

Capacitar a 43 productores de la aldea, hombres y mujeres sobre la elaboración de lombricompost con el fin de que los productores puedan implementar dentro de sus parcelas el uso de abono orgánico aprovechando el uso de los recursos que cada productor posee

3.5.4 Metodología

Se realizó la convocatoria a las y los productores beneficiados dentro del Proyecto de adaptación al cambio climático kfw

Se impartió capacitación sobre la elaboración de abono a base de lombriz coqueta roja, dentro de los temas impartidos fue

- Características de la lombriz roja californiana

- Producción de lombricompost
- Selección del lugar para establecer la abonera
- Establecimiento de la cama o lecho de las lombrices
- Alimentación de las lombrices
- Cosecha del lombricompost
- Aplicación del abono y dosis por planta

Se estableció una lombricompostera con la participación de los productores que asistieron esto como una demostración sobre cómo realizar la implementación de la misma.

Se realizó una gira de campo hacia la aldea de Patixlan en donde se encuentra una finca modelo la cual ya tiene tecnificada la producción de lombricompost, esto para que los productores observaran el proceso y los beneficios que se obtiene al realizar el uso de la misma

3.5.5 Materiales y equipo

Para llevar a cabo la capacitación se hizo uso de carteles, así mismo la participación activa de los productores, para la realización de la lombricompostera se utilizó lombriz coqueta roja, pala y desperdicios orgánicos.

3.5.6 Resultados

Se realizó la capacitación en la aldea, en la cual se abordó el tema de manera teórico practico de la elaboración de lombricompost donde el resultado fue la transferencia de conocimientos y tecnología en donde se logró que 12 productores lo implementaran en sus hogares.

3.5.7 ANEXOS

Figura 47A: Capacitación teórica sobre la implementación de lombricomposteras.



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 48A: Material orgánico a utilizar (lombrices coqueta roja)



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 49A: Elaboración de una lombricompostera.



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 50A: Gira de campo a finca modelo con producción tecnificada de lombricompost.



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

3.6 Servicio 4: APOYO EN LA ELABORACIÓN DE PLANES DE FINCA A PRODUCTORES

3.6.1 Presentación

Como parte del servicio comunitario realizado en la aldea de Pahoj, se brindó apoyo técnico a pequeños productores en la elaboración de planes de finca, una herramienta fundamental para el manejo sostenible de sus unidades productivas. Esta actividad tuvo como objetivo la toma de datos sobre la planificación agrícola de los productores locales, esto para promover un uso eficiente de los recursos naturales, mejorando la productividad y fomentando prácticas que contribuyan a la sostenibilidad ambiental y económica de las fincas. El acompañamiento se realizó de forma participativa, considerando las particularidades de cada sistema de producción y fomentando la toma de decisiones informadas por parte de las familias rurales.

3.6.2 Objetivos

- Apoyar a elaborar planes de finca de los productores beneficiados por el proyecto de Adaptación al cambio climático
- Geoposicionar las parcelas de los productores beneficiados.

3.6.3 Metodología

- Se realizaron visitas a las parcelas de los productores que están dentro del proyecto dentro de la cual se tomaron los puntos de georeferencia de las mismas, esto para evaluar el área con la que los productores contaban para siembra de granos básicos, tomando los datos del productor, mapa de la finca, y la altura a la que se ubica.
- Se tuvo una fase de gabinete en donde se evaluaron las condiciones de las áreas de cada productor en base a los datos tomados en campo para determinar la cantidad de insumos que recibió cada productor.

- se realizaron visitas técnicas a las parcelas para evaluar la adopción de prácticas de conservación.
- Se impartió charla sobre las características y manejo agronómico del material de maíz mejorado a entregar.
- Una vez determinada la cantidad de insumos a entregar, siendo estas evaluadas en la fase de gabinete, se realizó la entrega de insumos a cada uno; los cuales fueron: semilla de maíz ICTA V-301 y fertilizante, UREA y 15-15-15 a cada productor

3.6.4 Metas

Como meta se tiene el poder completar 43 planes de finca, al mismo tiempo hacer una evaluación de las condiciones de las parcelas de los productores para posteriormente realizar la entrega de insumos de acuerdo a la extensión de terreno que tengan cada uno.

3.6.5 Material y equipo

Planes de finca, parcelas productivas, semilla mejorada a entregar y fertilizantes.

3.6.6 Resultados

Se logró realizar la totalidad de los planes de finca que se tenían contemplados en donde posteriormente se dio seguimiento a los productores por medio de visitas técnicas para verificar la adopción de prácticas de conservación y el manejo de rastrojo. También como resultado de la charla brindada sobre el manejo de la variedad de ICTA V-301 os productores quedaron empoderados para poder sembrar dicha semilla en sus parcelas.

Se logró la entrega de 450 kilogramos de maíz ICTA V-301, 47.6 quintales de fertilizante UREA y 95.2 quintales 15-15-15 a beneficiando a 45 familias de la aldea Pahoj,

3.6.7 Anexos

Figura 51A: Elaboración de planes de finca a productores beneficiados



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 52A: Recopilación de datos de productores beneficiados



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 53A: Reunión con productores para coordinar entrega de insumos.



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 54A: Capacitación sobre el uso de variedad de maíz ICTA V-301.



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 55A: Entrega de semilla ICTA V-301 a productores beneficiados.



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.

Figura 56A: Entrega de Fertilizante a productores beneficiados.



Fuente: Elaboración propia, EPSA 2021.