

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE QUICHÉ -CUSACQ-
INGENIERÍA AGRONÓMICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN
EFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS APLICADOS AL SUELO, EN LA
PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA ALDEA SACAJ DE SAN ANDRÉS
SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA.**

MARCOS GABRIEL OVALLE SANTOS

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE QUICHÉ -CUSACQ-
INGENIERÍA AGRÓNOMICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
ÁREA INTEGRADA**

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS APLICADOS AL SUELO, EN LA
PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA ALDEA SACAJ DE SAN ANDRÉS
SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO
UNIVERSITARIO DE QUICHÉ DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA**

**POR
MARCOS GABRIEL OVALLE SANTOS**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE QUICHÉ -CUSACQ-
INGENIERÍA AGRONÓMICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

RECTOR

Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos

SECRETARIO GENERAL

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE QUICHÉ

Dr. Gustavo Enrique Taracena Gil

Lic. Felipe Hernández Sincal

Ing. Mec. Ind. Hugo Humberto Rivera Pérez

Br. Víctor Hugo Mayén García

Br. Javier Augusto Castro Vásquez

DIRECTOR CUSACQ

Ing. Porfirio Alejandro Marroquín Quiñonez

COORDINADOR

ACADÉMICO

M.A. Esteban Enrique Barreno Vicente

**COORDINADOR DE LA CARRERA, INGENIERÍA AGRONÓMICA EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.**

Ing. Agr. Sergio Rolando Gómez Medrano

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

Guatemala, septiembre de 2020

Honorable Consejo Académico
Honorable Tribunal Examinador
Carrera de Agronomía
Centro Universitario de Quiché
Universidad de San Carlos de Guatemala

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: **“EFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS APLICADOS AL SUELO, EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA ALDEA SACAJ I DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA.”** 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,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Marcos Gabriel Ovalle Santos

ACTO QUE DEDICO**A:****JEHOVÁ DIOS**

Creador y sostén de mi vida, quien me provee amor, sabiduría, fortaleza y vida.

MI MADRE

Ester Santos, por su amor, sacrificio, cuidado y consejos. Es un logro que alcanzamos juntos.

MIS HERMANOS

Gustavo, Glenda, Luisa y Daniel que me dieron su cariño y apoyo. En especial a mi hermano Gustavo que es un ejemplo para mí y siempre me apoyó.

MIS SOBRINOS

Por todo su aprecio.

MIS AMIGOS

Por su cariño, amistad y apoyo.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

JEHOVÁ DIOS

MI FAMILIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CENTRO UNIVERSITARIO DE QUICHÉ.

DOCENTES DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE QUICHÉ, QUE FORMARON PARTE DE MI PREPARACIÓN.

COMUNIDAD DE SACAJ, SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ.

AGRADECIMIENTOS

A:

- ♣ Jehová Dios, creador y sostén de mi vida.
- ♣ Mi familia por su gran apoyo y amor.
- ♣ Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Quiché, que me brindó la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.
- ♣ Mi supervisor y asesor Ing. Agr. José Ángel Sucuquí por su valioso apoyo y conocimientos compartidos.
- ♣ Ing. Agr. Alberto Tzoy Contreras, Ing. Agr. Mario Estrada Gómez, Ing. Agr. Luis Díaz, Ing. Norma Avendaño, Ing. Agr. Próspero Carrascoza e Ing. Agr. Sergio Gómez, por su colaboración para este trabajo.
- ♣ Todas las personas y profesionales que me apoyaron y aportaron sus conocimientos a lo largo de mi trayecto académico y también para elaboración de este trabajo.
- ♣ Docentes del Centro Universitario de Quiché, que formaron parte de mi preparación.
- ♣ Programa EPSUM y Municipalidad de San Andrés Sajcabajá por el espacio y cooperación brindada durante el EPS.
- ♣ Todos los habitantes de la aldea Sacaj de San Andrés Sajcabajá, especialmente a Don Victoriano, Don Felipe y Dña. Graciela, por su valiosa colaboración y por todas sus atenciones.
- ♣ Mi novia por su cariño y apoyo.
- ♣ Todos mis amigos por su gran amistad y apoyo.

INDICE GENERAL

TITULO	PÁGINA
CAPÍTULO I	1
1.1 Presentación	2
1.2 Marco referencial	3
1.2.1 Localización.....	3
1.2.2 Antecedentes históricos.....	3
1.2.3 Unidad bioclimática.....	5
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Metodología	5
1.5 Resultados obtenidos de fuente secundaria.	7
1.5.1 Organización comunitaria.....	7
1.5.2 Alcaldes auxiliares o comunitarios.....	7
1.5.3 Contexto institucional.....	8
1.5.4 Recursos naturales.....	8
1.5.4.1 Hídrico.....	8
1.5.4.2 Fisiografía.	8
1.5.4.3 Suelo.....	9
1.5.4.4 Flora.....	10
1.5.4.5 Fauna.....	10
1.5.5 Demografía y Cultura.....	10
1.5.5.1 Población.	10
1.5.5.2 Descripción étnica.....	11
1.5.5.3 Aspectos Culturales y tradicionales.	11
1.5.6 Educación.....	12
1.5.6.1 Nivel pre-primario.....	12
1.5.6.2 Nivel primario.	12
1.5.6.3 Nivel medio.	12
1.5.6.4 Tasa de alfabetización	12
1.5.6.5 Sistema de alimentación escolar.....	13
1.5.7 Salud	13
1.5.7.1 Morbilidad.....	13
1.5.7.2 Desnutrición	14
1.5.7.3 Saneamiento	14
1.5.8 Economía	14
1.5.9 Sistemas productivos.....	14
1.5.9.1 Tenencia de la tierra.	14
1.5.9.2 Agrícola.....	15

1.5.9.3	Pecuario.....	16
1.5.9.4	Flora.....	17
1.5.9.5	Riego.....	17
1.5.10	Servicios.....	18
1.5.10.1	Centro de atención permanente.....	18
1.5.10.2	Centros educativos.....	18
1.5.10.3	Mercados.....	18
1.5.10.4	Sistema de drenajes.....	19
1.5.11	Agua y cloración.....	19
1.5.11.1	Energía eléctrica.....	19
1.5.11.2	Vías de acceso.....	19
1.5.11.3	Transporte.....	20
1.5.12	Vivienda.....	20
1.5.13	Nivel de pobreza.....	20
1.6	Resultados del Diagnostico rural participativo (DRP).....	21
1.6.1	Mapa de la comunidad.....	21
1.6.1.1	Bosque.....	22
1.6.1.2	Agua.....	22
1.6.1.3	Suelos.....	22
1.6.1.4	Cultivos.....	23
1.6.1.5	Viento.....	23
1.6.2	Matriz de priorización de problemas.....	24
1.6.2.1	Bajo rendimiento en cosechas de maíz.....	24
1.6.2.2	Bajos rendimientos en el cultivo de frijol.....	25
1.6.2.3	Pérdida de fertilidad de suelo.....	25
1.6.2.4	Falta de técnicas sostenibles en el manejo agronómico del maíz.....	25
1.6.2.5	Plagas de gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> sp.) y gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	26
1.6.2.6	No poseen cultivo de hortalizas.....	26
1.6.2.7	Bajos rendimientos.....	26
1.6.2.8	Meses sin cultivos.....	26
1.6.2.9	Viento.....	26
1.6.2.10	Pocos cultivos de frutales.....	27
1.6.2.11	Pérdida de bosque.....	27
1.6.3	Calendario agrícola.....	27
1.6.4	Calendario estacional.....	28
1.7	Conclusiones.....	29
1.8	Recomendaciones.....	30
1.9	Referencias bibliográficas.....	30
CAPÍTULO II	33
2.1	Presentación.....	34

2.2	Marco conceptual.....	36
2.2.1	Origen del Maíz	36
2.2.2	Clasificación botánica del Maíz.....	36
2.2.3	Características Morfológicas, Taxonómicas y Bromatológicas del Maíz.	36
2.2.4	Fenología de una planta de maíz.	38
2.2.5	Prácticas agronómicas bajo condiciones del altiplano.....	39
2.2.5.1	Preparación del terreno.....	39
2.2.5.2	Siembra.....	40
2.2.5.3	Control de plagas del suelo.....	40
2.2.5.4	Distanciamiento de siembra.....	40
2.2.5.5	Manejo de la fertilización química.	40
2.2.5.6	Manejo fitosanitario del maíz.....	41
2.2.6	Deficiencias nutricionales	41
2.2.6.1	Síntomas primarios	41
2.2.6.2	Causas de las carencias nutricionales.	41
2.2.7	Plagas.....	42
2.2.8	Manejo de enfermedades en el cultivo	42
2.2.8.1	Complejo de Mancha de Asfalto (<i>Phyllachora maydis</i> Maubl, <i>Monographella maydis</i> Müller & Samuels, <i>Coniothyrium phyllachorae</i> Maubl.)	43
2.2.8.2	Tizón foliar (<i>Helminthosporium maydis</i>)	43
2.2.8.3	Royas del maíz (<i>Puccinia sorghi</i>) y (<i>Puccinia polysora</i>).....	43
2.2.9	Manejo integrado de plagas y enfermedades.....	43
2.2.9.1	Control químico natural	44
2.2.9.2	Control químico sintético	44
2.2.9.3	Control biológico	45
2.2.10	Abonos orgánicos.....	45
2.2.11	Bioestimulantes	45
2.2.12	Microorganismos de Montaña (en adelante MM)	46
2.2.12.1	Aspectos generales.....	46
2.2.12.2	Ventajas de los MM en la agricultura	48
2.2.12.3	Mecanismos de acción de los MM	48
2.2.12.4	Antecedentes del uso de MM.....	49
2.2.13	<i>Trichoderma harzianum</i> (en adelante Th)	51
2.2.13.1	Aspectos generales.....	51
2.2.13.2	Taxonomía.	52
2.2.13.3	Morfología.	53
2.2.13.4	Ecología.	53
2.2.13.5	Capacidad antagonista y estimuladora.	53
2.2.13.6	Competencia.....	54
2.2.13.7	Micoparasitismo	55
2.2.13.8	Antibiosis.....	55

2.2.13.9	Desactivación de enzimas de patógenos.....	55
2.2.13.10	Inducción de resistencia.....	56
2.2.13.11	Aplicación de aislamientos de <i>Trichoderma</i> bajo diferentes condiciones...	56
2.2.14	<i>Bacillus pumilus</i>	59
2.2.14.1	Aspectos generales.....	59
2.2.14.2	Taxonomía.....	60
2.2.14.3	Biología.....	61
2.2.14.4	Ecología.....	61
2.2.14.5	Mecanismo de acción de (<i>Bacillus pumilus</i>).....	62
2.2.14.6	Aplicación de aislamientos de (<i>Bacillus pumilus</i>).....	63
2.3	Objetivos.....	64
2.3.1	General.....	64
2.3.2	Específicos.....	65
2.4	Hipótesis.....	65
2.5	Metodología.....	66
2.5.1	Ubicación del experimento.....	66
2.5.2	Unidad bioclimática.....	66
2.5.3	Suelo.....	67
2.5.4	Material experimental.....	67
2.5.4.1	Maíz.....	67
2.5.4.2	Microorganismos de montaña (MM).....	67
2.5.4.3	<i>Trichoderma harzianum</i>	69
2.5.4.4	<i>Bacillus pumilus</i>	70
2.5.5	Factor a estudiar.....	70
2.5.6	Descripción de los tratamientos.....	70
2.5.7	Diseño experimental.....	71
2.5.7.1	Bloques completos al azar.....	71
2.5.7.2	Modelo estadístico.....	71
2.5.8	Especificaciones del campo experimental.....	71
2.5.8.1	Parcela experimental.....	71
2.5.8.2	Croquis de campo.....	72
2.5.9	Manejo agronómico del experimento en campo.....	72
2.5.9.1	Preparación del terreno.....	72
2.5.9.2	Siembra.....	72
2.5.9.3	Control de malezas.....	73
2.5.9.4	Fertilización.....	73
2.5.9.5	Riego.....	74
2.5.9.6	Monitoreo y control de plagas.....	74
2.5.9.7	Monitoreo y control de enfermedades.....	74
2.5.9.8	Aplicación de agentes biológicos.....	74

2.5.10	Método de evaluación	75
2.5.10.1	Rendimiento de cosecha por parcela neta.....	75
2.5.10.2	Diámetro de tallo y altura de plantas.....	75
2.5.10.3	Correlación entre características fenotípicas del cultivo de maíz.....	76
2.5.10.4	Análisis económico.....	76
2.5.10.5	Análisis químico de suelos.....	77
2.5.11	Análisis de información.....	77
2.6	Resultados y discusión.....	77
2.6.1	Rendimiento.....	77
2.6.2	Altura de planta.....	79
2.6.3	Diámetro de tallo.....	81
2.6.4	Correlación existente entre el desarrollo vegetativo y el rendimiento.....	82
2.6.5	Análisis económico.....	84
2.6.6	Efecto sobre las características químicas del suelo.....	86
2.7	Conclusiones.....	89
2.8	Recomendaciones.....	90
2.9	Referencias bibliográficas	91
2.10	Apéndice.....	103
2.11	Glosario.....	115
CAPÍTULO III		117
3.1	Presentación	118
3.2	Servicio No. 1. Capacitación sobre prácticas para la conservación del suelo y uso de nivel en "A"	120
3.2.1	Objetivos.....	120
3.2.1.1	Objetivo general	120
3.2.1.2	Objetivos específicos.....	120
3.2.2	Metodología	120
3.2.2.1	Asistencia técnica.....	120
3.2.2.2	Capacitaciones.....	120
3.2.2.3	Construcción de nivel en "A"	121
3.2.2.4	Calibración del nivel en "A"	121
3.2.2.5	Línea madre y curvas a nivel	121
3.2.2.6	Construcción de acequias.....	122
3.2.3	Resultados.....	123
3.2.4	Evaluación	123
3.3	Servicio No. 2. Mejoramiento de la disponibilidad y diversidad de alimento mediante la implementación de huertos familiares.....	126
3.3.1	Objetivos.....	126
3.3.1.1	Objetivo general	126
3.3.1.2	Objetivos específicos	126
3.3.2	Metodología	126

3.3.2.1	Asistencia técnica	126
3.3.2.2	Capacitaciones.....	126
3.3.2.3	Implementación de huerto familiar	127
3.3.2.4	Preparación del suelo.	127
3.3.2.5	Riego.....	127
3.3.2.6	Siembra.....	127
3.3.2.7	Limpias.....	128
3.3.2.8	Manejo de plagas y enfermedades.	128
3.3.2.9	Cosecha.	128
3.3.2.10	Preparación de alimentos.....	128
3.3.3	Resultados.....	129
3.3.4	Evaluación	130
3.4	Servicio No. 3. Capacitación sobre la importancia del encierro de aves y aplicación de programas profilácticos.....	131
3.4.1	Objetivos.....	131
3.4.1.1	Objetivo general	131
3.4.1.2	Objetivo específico	131
3.4.2	Metodología	131
3.4.2.1	Capacitaciones.....	131
3.4.2.2	Alojamiento rustico para el medio rural.	131
3.4.2.3	Prevención de enfermedades.	132
3.4.2.4	Programa sanitario.....	132
3.4.2.5	Jornada de vacunación	133
3.4.2.6	Uso de productos y subproductos.....	134
3.4.3	Resultados.....	135
3.4.4	Evaluación	136
3.5	Servicio No. 4. Implementación de parcelas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), variedad ICTA Altense.....	136
3.5.1	Objetivos.....	136
3.5.1.1	Objetivo general	136
3.5.2	Metodología	137
3.5.2.1	Capacitaciones.....	137
3.5.2.2	Descripción del cultivo.	137
3.5.2.3	Siembra.....	137
3.5.2.4	Fertilización.	137
3.5.2.5	Limpias.....	138
3.5.2.6	Control de plagas.	138
3.5.2.7	Control de enfermedades.....	138
3.5.2.8	Selección de semilla.	139
3.5.2.9	Cosecha.	140
3.5.2.10	Gestión de insumos.	140

3.5.2.11	Monitoreo y asistencia técnica	140
3.5.3	Resultados.....	140
3.5.4	Evaluación	141
3.6	Servicio No. 5. Evaluación de semillas de maíz (<i>Zea mays</i> L.) Local (criollo), Variedad ICTA B15 e Híbrido P4082W.....	142
3.6.1	Objetivos.....	142
3.6.1.1	Objetivo general	142
3.6.1.2	Objetivo específico	142
3.6.2	Metodología	143
3.6.2.1	Capacitaciones.....	143
3.6.2.2	Maíz local.....	143
3.6.2.3	ICTA B-15	143
3.6.2.4	Híbrido P4082W.....	143
3.6.2.5	Preparación del terreno.....	143
3.6.2.6	Siembra.....	144
3.6.2.7	Fertilización	144
3.6.2.8	Control de malezas.....	144
3.6.2.9	Control de plagas.....	145
3.6.2.10	Cosecha.....	145
3.6.2.11	Obtención de materiales.....	145
3.6.2.12	Programación de siembra.....	145
3.6.2.13	Monitoreo y asistencia técnica.....	145
3.6.3	Resultados.....	147
3.6.4	Evaluación	148
3.7	Servicio No. 6. Capacitación sobre la elaboración de aboneras para la obtención de compost.....	149
3.7.1	Objetivos.....	149
3.7.1.1	Objetivo general	149
3.7.1.2	Objetivo específico	149
3.7.2	Metodología	149
3.7.2.1	Coordinación con participantes	149
3.7.2.2	Alternativa nutricional en el cultivo.....	149
3.7.2.3	Obtención de materiales	150
3.7.2.4	Capacitación y preparación de la abonera.....	151
3.7.3	Resultados.....	153
3.7.4	Evaluación	154
3.8	Servicio No. 7. Capacitaciones sobre manejo del cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) variedad withe album.....	154
3.8.1	Objetivos.....	154
3.8.1.1	Objetivo general	154
3.8.1.2	Objetivo específico	154

3.8.2	Metodología.....	155
3.8.2.1	Organización de participantes.....	155
3.8.2.2	Capacitaciones.....	155
3.8.2.3	Plan de manejo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) variedad withe album.	155
3.8.2.4	Descripción del cultivo.	155
3.8.2.5	Cotización de insumos	155
3.8.2.6	Elaboración de almacigo.....	155
3.8.2.7	Preparación del suelo	156
3.8.2.8	Siembra.....	157
3.8.2.9	Fertilización	157
3.8.2.10	Riegos.....	157
3.8.2.11	Manejo de plagas y enfermedades.	158
3.8.2.12	Cosecha.....	158
3.8.3	Resultados.....	159
3.8.4	Evaluación	160
3.9	Servicio No. 8. Muestreo de suelo en áreas cultivadas con maíz (<i>Zea mays</i> L.) para determinar la fertilidad del mismo a través de un análisis de laboratorio.....	161
3.9.1	Objetivos.....	161
3.9.1.1	Objetivo general.....	161
3.9.1.2	Objetivos específicos	161
3.9.2	Metodología.....	161
3.9.2.1	Coordinación con líderes de la comunidad.	161
3.9.2.2	Desarrollo de la toma de muestras.	161
3.9.3	Resultados.....	162
3.9.3.1	Requerimientos del cultivo	163
3.9.4	Evaluación	170
3.10	Referencias bibliográficas.....	171
3.11	Apéndice.....	174

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Ubicación de Aldea Sacaj, del municipio de San Andrés Sajcabajá	3
Figura 2 . Área de la Aldea Sacaj I, del municipio de San Andrés Sajcabajá.....	4
Figura 3. Referencia de la ubicación de la Aldea Sacaj I en mapa satelital.	4
Figura 4. Reunión con participantes de la comunidad de Sacaj y aplicación de la metodología DRP.....	6
Figura 5. Río Sacaj en la aldea Sacaj I.	8
Figura 6. Ríos del municipio de San Andrés Sajcabajá.....	9
Figura 7. Área cultivada con Maíz (<i>Zea mays</i> L.) al fondo área boscosa.....	16
Figura 8. Ganado bovino criado en la aldea Sacaj I alimentándose de rastrojo de maíz. ..	17
Figura 9. Conducción de agua para riego por inundación.....	18
Figura 10. Interior de casa de adobe y piso de tierra en la aldea.....	20
Figura 11. Mapa de la comunidad de Sacaj.....	21
Figura 12. Fisiografía y área boscosa de la aldea Sacaj I.....	22
Figura 13. Tipo de suelo observado con mayor frecuencia dentro del área territorial de la Aldea Sacaj I.....	23
Figura 14. Escala fenológica de Ritchie y Hanway (1982) para el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	38
Figura 15. Principales interacciones de un sistema agrícola tomados en cuenta para realizar el MIP.....	44
Figura 16. Ubicación de la parcela experimental dentro de la aldea Sacaj.....	66
Figura 17. Croquis de parcela experimental y distribución de los tratamientos evaluados	72
Figura 18. Rendimientos de maíz generados por tratamiento (kg/ha).....	78
Figura 19. Efecto de los tratamientos sobre la altura de plantas de Maíz (<i>Zea mays</i> L.) ...	80
Figura 20. Efecto de los tratamientos sobre el diámetro de tallo en plantas de Maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	81
Figura 21. Diagramas de dispersión de puntos entre altura de planta y rendimiento de grano.....	83
Figura 22. Diagramas de dispersión de puntos entre diámetro de tallo de planta y rendimiento de grano.....	84
Figura 23. Análisis económico de los tratamientos evaluados.....	85
Figura 24A. Resultados del análisis químico de suelos, previo al establecimiento del estudio.....	106
Figura 25A. Resultados del análisis químico de suelos, previo al establecimiento del estudio.....	107
Figura 26A. Resultados del análisis químico de suelos, posterior a la cosecha del cultivo.	108

Figura 27A. Elaboración de microorganismos de montaña. A) mezcla de materiales B) llenado del barril con la mezcla.....	109
Figura 28A. Microorganismos de montaña en fase Líquida. A) Barril armado.	109
Figura 29A. Panfleto de del producto microbiológico Rikoderma 8WP.	111
Figura 30A. Panfleto del producto microbiológico BM-Pum 10 EC.	112
Figura 31A. Inicio del estudio. A) Preparación del suelo y siembra. B) Diseño y rotulado de las unidades experimentales.....	113
Figura 32A. Desarrollo del cultivo. A) 37 días después de siembra. B) 58 días después de siembra.....	113
Figura 33A. Toma de datos del estudio. A) Medición de altura y grosor de tallo a 97 dds B) Pesaje de la cosecha obtenida por cada unidad experimental.....	114
Figura 34A. Muestreo de suelo de la parcela experimental. A) Toma de sub-muestras previo al cultivo. B) Toma de sub-muestras al finalizar el ciclo del cultivo.....	114
Figura 35. Capacitación de manejo de nivel en “A” y trazo de curvas con participantes del CADER.....	121
Figura 36. Estructura de conservación realizada en cultivo de maíz.....	122
Figura 37. Evaluación de acequias en visita de campo.....	123
Figura 38. Barrera muerta de piedra en cultivo de frijol.....	124
Figura 39. Barrera muerta de piedra en cultivo de maíz.	124
Figura 40. Evaluación de estructura de conservación en la etapa final del cultivo de maíz.....	125
Figura 41. Estructura de conservación del suelo por medio del cultivo de pasto zacatón (<i>Panicum maximum</i>).....	125
Figura 42. Capacitación sobre huertos familiares con participantes del CADER.	126
Figura 43. Capacitación y demostración sobre formas de siembra de hortalizas.....	127
Figura 44. Capacitación sobre preparación de atol de amaranto coordinado con la extensionista para el desarrollo del hogar rural.....	129
Figura 45. Visita de campo luego del cercado y preparación del suelo en una parcela...	130
Figura 46. Parcela con producción de rábano, amaranto y güicoy elaborada por uno de los participantes de CADER.....	130
Figura 47. Participantes de la aldea aplicando vacuna ocular a un polluelo.	132
Figura 48. Jornadas de vacunación de aves de traspatio con apoyo de los participantes de la comunidad.....	133
Figura 49. Gallinero implementado por uno de los participantes de la aldea.....	135
Figura 50. Inicio de capacitación sobre la importancia del encierro de aves.....	135
Figura 51. Práctica de encierro de aves mediante un gallinero realizado por participante de la comunidad con recursos propios.....	136
Figura 52. Capacitación sobre el cultivo de frijol de porte bajo.	141
Figura 53. Entrega de semilla de frijol ICTA Altense a participantes de la comunidad....	141
Figura 54. Parcela de frijol implementada por uno de los agricultores.	142

Figura 55. Frijol obtenido de la cosecha por una de las agricultoras del CADER de Sacaj.....	142
Figura 56. Preparación del suelo (labranza mínima) y siembra.	144
Figura 57. Siembra de maíz en distribución de 2 y 3 granos por postura.	144
Figura 58. Enfermedades frecuentes en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) daño foliar.	146
Figura 59. Enfermedad frecuente en época lluviosa en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) daño en el tallo.....	146
Figura 60. Mazorcas obtenidas en la cosecha del híbrido p4082w.	147
Figura 61. Parcela de maíz híbrido con 70 días después de la siembra.	147
Figura 62. Parcela de maíz ICTA B-15 a los 60 días después de la siembra (dds).....	148
Figura 63. Mazorcas obtenidas de la cosecha de la parcela de maíz ICTA B-15.....	148
Figura 64. Daño generalizado en la parcela a los 90 días.....	148
Figura 65. Parcela de maíz local con 60 días después de siembra.	148
Figura 66. Demostración de la elaboración de la abonera.	151
Figura 67. Orden para la colocación de materiales en la abonera orgánica.	152
Figura 68. Resultado de la abonera a los 30 días después de su preparación.....	152
Figura 69. Preparación de abonera, se observa materia vegetal verde, broza, ceniza y panela.....	153
Figura 70. Abonera realizada por uno de los participantes con un proceso de descomposición tardío.....	154
Figura 71. Siembra de semilla de cebolla en el almacigo.	156
Figura 72. Almacigo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) a los 30 días después de la siembra. ...	156
Figura 73. Trasplante de plántulas de cebollas a campo definitivo a los 40 después de siembra.....	157
Figura 74. Riego por aspersion en cultivo de cebolla.....	158
Figura 75. Visita de campo y observación de los primero bulbos.....	160
Figura 76. Homogenización de sub-muestras colectadas.....	170
Figura 77. Toma de sub-muestra con uno de los agricultores.....	170
Figura 80. Preparación de muestras de suelo para lectura de pH.	171
Figura 79. Preparación de materiales para la demostración de resultados.....	171
Figura 81. Presentación de propuesta para el manejo del cultivo de maíz.	171
Figura 78. Exposición del análisis de la situación actual de los suelos y del cultivo de maíz.....	171

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Integrantes del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), 2018	7
Cuadro 2. Cantidad de población en la Aldea Sacaj I por edad y sexo.....	11
Cuadro 3. Resumen de población estudiantil por nivel del año 2018.....	12
Cuadro 4. Tasa el analfabetismo en personas mayores de 15 años por sexo.	13
Cuadro 5. Distribución aproximada de la tierra por familias.	15
Cuadro 6. Tipos de abastecimiento de agua en la Aldea Sacaj I	19
Cuadro 7. Ingresos mensuales por familia en la Aldea Sacaj I	21
Cuadro 8 Matriz de priorización de problemas.	24
Cuadro 9. Calendario agrícola de la Aldea Sacaj.....	28
Cuadro 10. Calendario estacional de la Aldea Sacaj.	28
Cuadro 11. Clasificación botánica del Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	36
Cuadro 12. Etapas fenológicas del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	39
Cuadro 13. Síntomas de deficiencia de nutrientes en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	42
Cuadro 14. Descripción taxonómica del hongo (<i>Trichoderma harzianum</i>)	53
Cuadro 15. Taxonomía del género (<i>Bacillus</i> spp.)	60
Cuadro 16. Insumos utilizados para la preparación de microorganismos de montaña sólidos.....	68
Cuadro 17. Insumos para preparar los microorganismos líquidos, antes de aplicarlos.....	69
Cuadro 18. Tratamientos microbiológicos utilizados en el estudio realizado en el cultivo de . maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	70
Cuadro 19. Resultados de análisis químico de suelo de la aldea Sacaj y requerimientos nutricionales del cultivo de maíz.....	73
Cuadro 20. Resumen del rendimiento de grano producido en cada tratamiento microbiológico evaluado sobre el cultivo de maíz.....	78
Cuadro 21. Análisis de varianza (ANDEVA), para la variable rendimiento kg/ha.	79
Cuadro 22. Resumen de mediciones de altura de la planta de maíz obtenida en cada tratamiento microbiológico.....	79
Cuadro 23. Análisis de varianza (ANDEVA), para la variable altura de planta (m).	80
Cuadro 24. Resumen de mediciones de grosor de tallo en plantas de maíz obtenidas en cada tratamiento.....	81
Cuadro 25. Análisis de varianza (ANDEVA), para la variable diámetro de tallo (cm).....	82
Cuadro 26. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el desarrollo vegetativo y el rendimiento.....	82
Cuadro 27. Ingresos y costos totales para cada tratamiento por hectárea.	84
Cuadro 28. Resumen de análisis de suelos previo y posterior al ciclo del cultivo.	86
Cuadro 29A. Ingresos y costos totales por cada tratamiento por ha.	103
Cuadro 30A. Costos de producción de una hectárea de maíz en la aldea Sacaj, en áreas con más de 5 años de explotación	104

Cuadro 31A. Costos de producción de microorganismos de montaña.....	105
Cuadro 32. Parámetros para establecer las obras de conservación según la pendiente.	122
Cuadro 33. Cronograma de actividades realizado durante la práctica de conservación del suelo.....	123
Cuadro 35. Calendario de vacunación de pollos de traspatio (<i>Gallus gallus domesticus</i>).	134
Cuadro 36. Cronograma de actividades desarrollado para la mejor de técnicas avícolas.	135
Cuadro 37. Productos químicos y biológicos para el combate de insectos plaga en el cultivo de frijol.....	138
Cuadro 38. Productos usados para el combate de enfermedades del frijol.	139
Cuadro 39. Cronograma de actividades ejecutado durante el proceso de cultivo de frijol en la aldea.....	140
Cuadro 40. Cronograma de actividades realizadas durante la evaluación de maíces mejorados.....	146
Cuadro 41. Insumos utilizados en la elaboración de abono fermentado tipo bocashi.	151
Cuadro 42. Cronograma de actividades ejecutadas durante la realización de aboneras.	153
Cuadro 43. Cronograma de actividades realizado durante el proceso de producción del cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....	159
Cuadro 44. Cronograma de actividades desarrolladas durante el estudio de fertilidad del suelo.....	162
Cuadro 45. Resultados del análisis de suelo.....	162
Cuadro 46. Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz híbrido.	163
Cuadro 47. Requerimientos nutricionales por tonelada de grano producido.	163
Cuadro 48. Requerimientos nutricionales del maíz en forma elemental.	163
Cuadro 49. Resultados del análisis, interpretación y estimación de nutrientes en forma elemental y comercial.....	164
Cuadro 50. Valores de fertilización recomendados por cuerda de maíz criollo, en densidades de 80,000 plantas/ha (5,000 plantas/cuerda).....	166
Cuadro 51. Valores de fertilización recomendados por cuerda, para maíz híbrido en densidades de 80,000 plantas/ha. (5,000 plantas/cuerda).....	166
Cuadro 52. Propuesta de programa de fertilización para el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) para áreas de 625m ²	169
Cuadro 53. Resumen de costos por servicio ejecutado.	174

EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS APLICADOS AL SUELO, EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA ALDEA SACAJ DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN LA ALDEA SACAJ DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación compila el diagnóstico, investigación y servicios desarrollados durante la realización del ejercicio profesional supervisado de agronomía (EPSA), en la aldea Sacaj de San Andrés Sajcabajá, Quiché, con el apoyo del programa EPSUM, que es un programa de extensión de la Universidad de San Carlos de Guatemala que contribuye al fortalecimiento de la extensión rural en las municipalidades donde tiene intervención. Este trabajo se desarrolló de febrero de 2018 a abril de 2019.

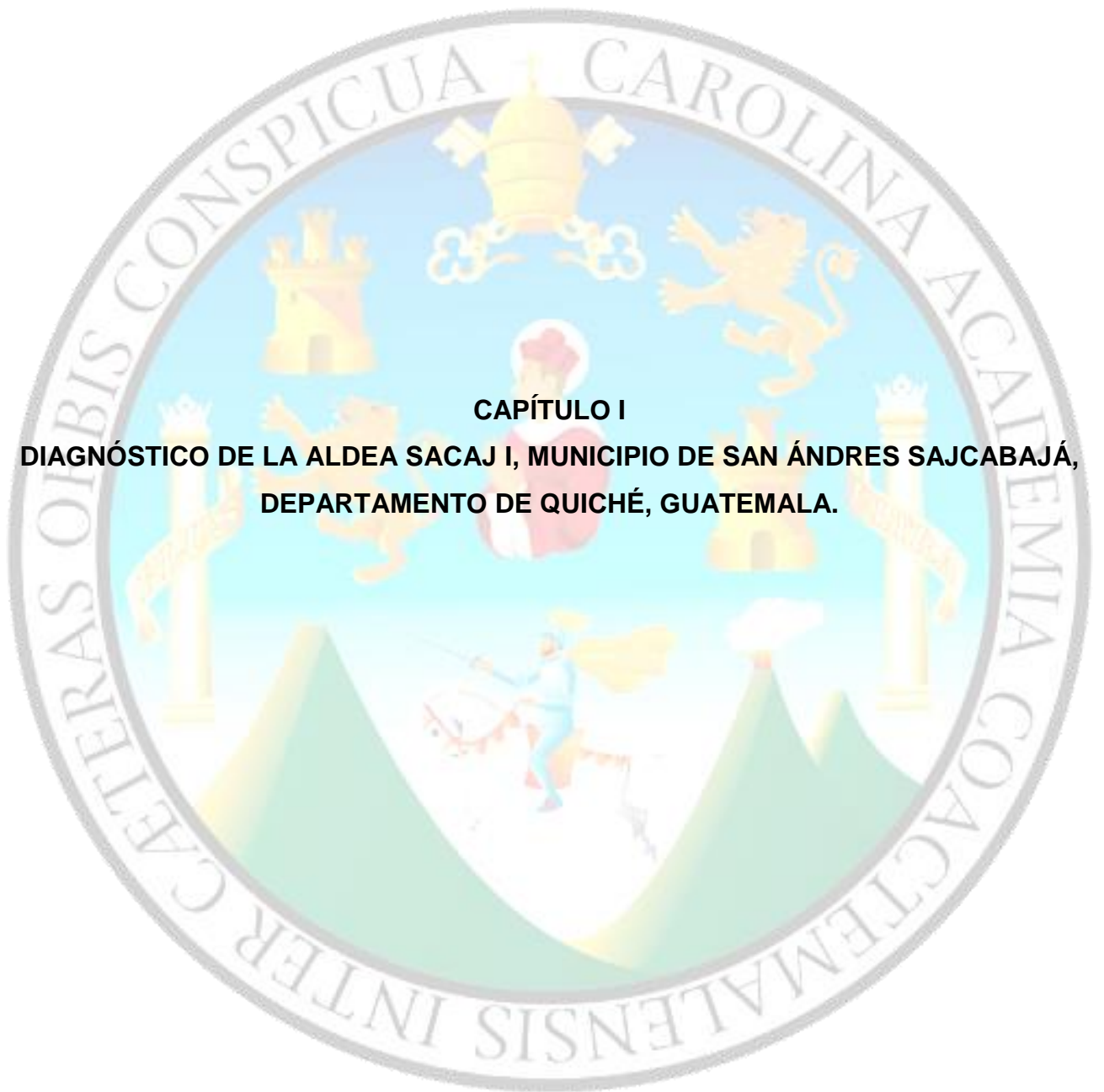
Durante el periodo del ejercicio en la aldea Sacaj del municipio de San Andrés Sajcabajá, se estudiaron las condiciones y problemas de la comunidad mediante un diagnóstico rural participativo. Se determinó que la principal actividad económica es la agricultura y las principales dificultades son los bajos rendimientos obtenidos en el cultivo de maíz generados por la baja fertilidad del suelo, incidencia de plagas y desconocimiento de técnicas que contribuyen a la sostenibilidad de las fincas familiares. Lo que genera baja productividad de la actividad agrícola y bajo beneficio económico.

Con el propósito de evaluar nuevas alternativas agronómicas que mejoren el rendimiento del cultivo de maíz local (*Zea mays* L.) y la fertilidad del suelo, se estudiaron los efectos de microorganismos de montaña, (*Trichoderma harzianum*) y (*Bacillus pumilus*) sobre el rendimiento, altura de planta, diámetro de tallo y sobre la química del suelo. Se estudió también la correlación existente entre la altura y rendimiento y la relación beneficio/costo del cultivo en relación a los tratamientos evaluados.

Para el estudio se emplearon semillas de maíz local, en un diseño experimental de bloques al azar realizando seis aplicaciones de cada tratamiento durante el ciclo del cultivo. Al finalizar el estudio se determinó que no existió efecto significativo entre las parcelas tratadas con agentes microbiológicos y el testigo en cuanto a rendimiento, altura y diámetro de tallo. La rentabilidad fue viable únicamente para el testigo. En relación al

efecto sobre el suelo, no se observaron cambios relevantes en la capacidad de intercambio catiónico (CIC), ni contenido de materia orgánica (MO).

Se realizaron también una serie de servicios enfocados a mitigar algunos de los problemas priorizados en la aldea en conjunto con la Agencia Municipal de Extensión Rural (AMER-MAGA) y los habitantes de la aldea, proceso que consistió en asesorías técnicas, capacitaciones y realización de prácticas agronómicas que mejoran la sostenibilidad de la agricultura, fortaleciendo la producción agrícola y diversidad de alimentos, la conservación de suelo y el uso eficiente de recursos.



CAPÍTULO I
DIAGNÓSTICO DE LA ALDEA SACAJ I, MUNICIPIO DE SAN ÁNDRES SAJCABAJÁ,
DEPARTAMENTO DE QUICHÉ, GUATEMALA.

1.1 Presentación

Guatemala, dentro de sus riquezas posee una diversidad de regiones, climas, ambientes y formas de vida donde los pueblos se han establecido organizacional y culturalmente. Las comunidades a lo largo de su creciente desarrollo se han encontrado con obstáculos que con la medida de la experiencia y la asistencia técnica sobrellevan.

La aldea Sacaj, nombre que hace referencia a un pueblo trabajador, se ubica al sur del municipio en las regiones altas de la sierra de Chuacús a 18 km de la cabecera municipal, étnicamente los habitantes se identifican como Mayas de origen K'iche' y una minoría como mestizos, sus actividades económicas principalmente se basan en la agricultura y crianza de animales.

Para conocer acerca de su desarrollo se llevó a cabo un diagnóstico, cuyo objetivo fue determinar y analizar la situación actual de la aldea, mediante un plan estratégico, utilizando la metodología del diagnóstico rural participativo (DRP), entrevistas, observaciones y consultas bibliográficas.

El DRP, permitió el acercamiento y obtención de información de fuente primaria, con lo que los actores comunitarios pueden visualizar los problemas y oportunidades en las distintas actividades cotidianas, económicas, agrícolas, entre otras que ellos realizan.

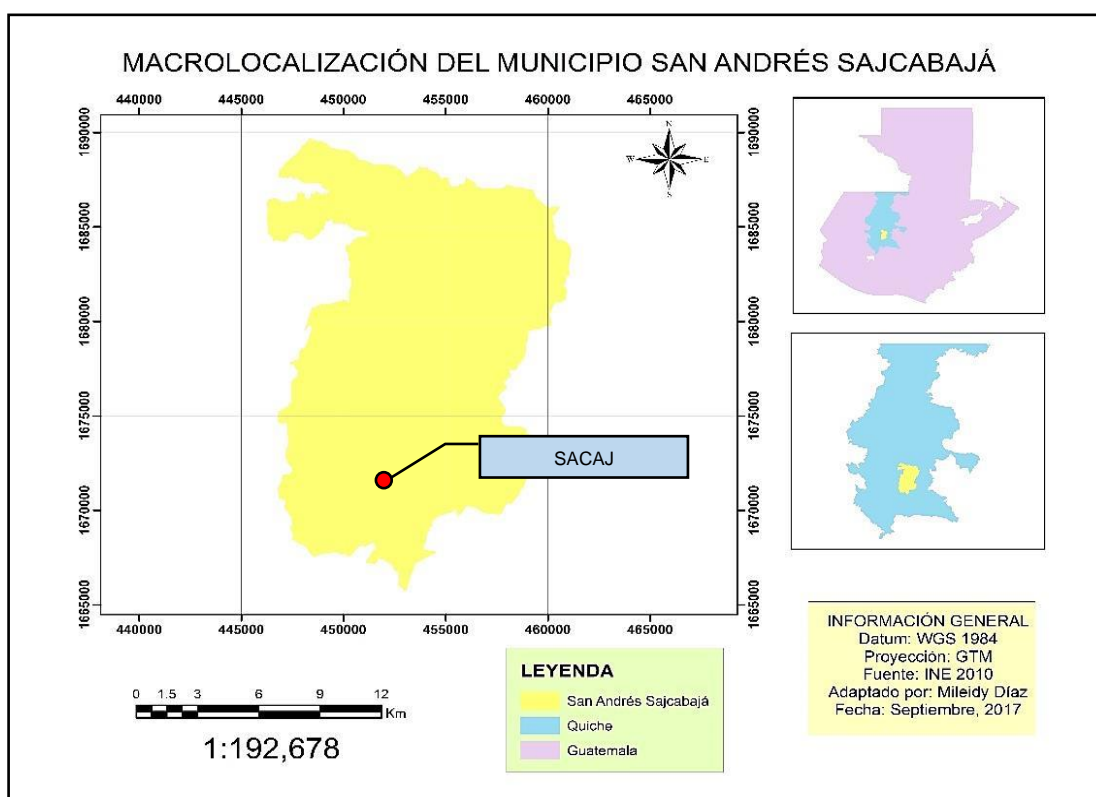
A través de la actividad estratégica, se ejecutaron las herramientas en la aldea y mediante las experiencias de las personas se ponen de manifiesto algunos problemas. Se determinó que la principal actividad económica es la agricultura y las principales dificultades son los bajos rendimientos obtenidos en el cultivo de maíz generados por la baja fertilidad del suelo, incidencia de plagas y desconocimiento de técnicas que contribuyen a la sostenibilidad de las fincas familiares. Lo que genera baja productividad de la actividad agrícola y bajo beneficio económico.

Con este análisis se generan propuestas de solución y recomendaciones que permiten elevar el nivel en la calidad de vida de la población en la comunidad con recursos del medio en el cual se desarrollan.

1.2 Marco referencial

1.2.1 Localización.

La comunidad de Sacaj se ubica al sur de del municipio de San Andrés Sajcabajá, a 18 km de la cabecera municipal, en las coordenadas: latitud (N) 15° 06' 14.69" longitud (W) 90° 56' 48.97"; (UTM) Este(X) 720653.7 Norte (Y) 1670868.3. Se asienta en el margen del río Sacaj, sierra de Chuacús a 1,530 msnm, dentro de la Micro-región IX del municipio, colinda al norte con Xetulup, al noreste con Mangales, al este con Tintuleo y Patzac, al sur con Pizuan y Piedras Negras, al oeste con Churrache. (OMAS, 2016). Comprende un área aproximada de 312.6 ha.

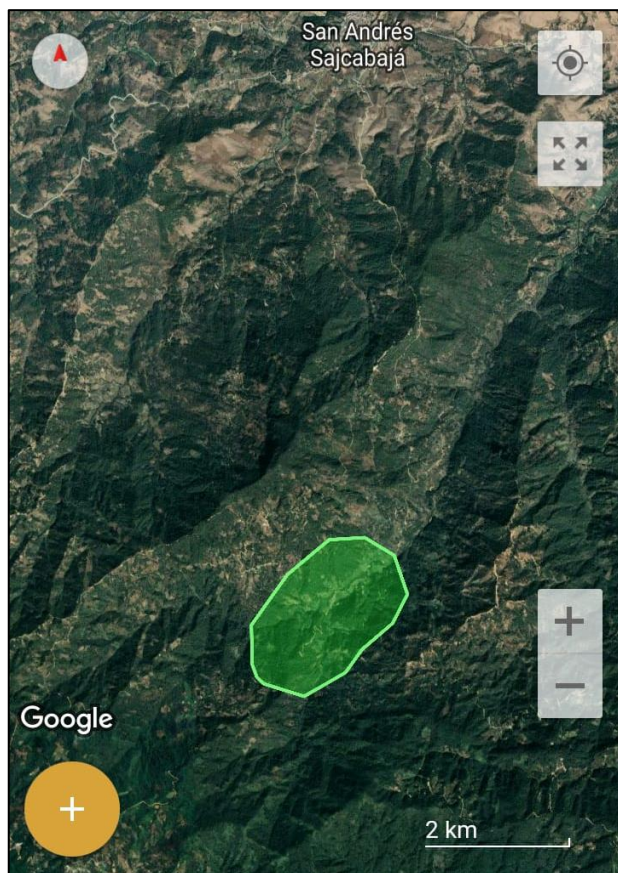


Fuente: INE 2010, adaptado por Mileidy Díaz, 2017.

Figura 1. Ubicación de Aldea Sacaj, del municipio de San Andrés Sajcabajá

1.2.2 Antecedentes históricos.

La comunidad de Sacaj tiene registro de su establecimiento en el Diccionario Geográfico de Guatemala (1976), donde hace mención del censo realizado en el año de 1964 y el VIII Censo General de población del 7 abril de 1973. Censos en los cuales figuraba dicha comunidad.



Fuente: Google Maps. (Escala indeterminada)

Figura 3. Referencia de la ubicación de la Aldea Sacaj I en mapa satelital.



Fuente: Google Maps. (Escala indeterminada)

Figura 2 . Área de la Aldea Sacaj I, del municipio de San Andrés Sajcabajá.

Es una comunidad que ha crecido consistentemente y que ha procurado el bienestar de sus habitantes. Fue un pueblo golpeado por acontecimientos que desestabilizaron su permanencia aproximadamente durante los años de 1980. Indican sus habitantes que en el año de 1996 se constituyó el primer Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) a través del cual se han obtenido algunos proyectos comunitarios que les han permitido desarrollarse en educación, servicios y otros¹.

El nombre de la comunidad "SACAJ" se puede traducir al español como "arrecho"², palabra que en contexto guatemalteco hace referencia a una persona hábil e inteligente que trabaja arduamente sin descanso. En el Diccionario de la Real Academia Española

¹ Chach, G. 11 mar. 2018. Consejo comunitario de desarrollo (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Vocal. COCODE.

² Chach, G. 11 mar. 2018. Traducción del nombre de la aldea de idioma K'iche' a idioma español. San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Vocal. COCODE.

(2014) se cita el significado como un adjetivo utilizado en Guatemala que indica a una persona valiente o animosa. Este nombre se le dio a la comunidad porque se observó que en esta comunidad la milpa o el maíz están verdes durante la época seca dándose a entender que trabajan constantemente.

1.2.3 Unidad bioclimática.

De acuerdo a las fórmulas del sistema Holdridge, la aldea Sacaj I se encuentra en una zona de vida Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB), con una altitud de 1,500 a 2,000 msnm, precipitación pluvial 1,000 a 2,000 mm anuales, temperatura 12 a 18 °C. Los vientos alcanzan una velocidad de 7.4 kilómetros por hora, las corrientes que provienen de Norte América durante los meses de noviembre a febrero, originan temperaturas muy bajas en regiones altas del Departamento, con valores promedio de 4°C mínima, 20°C máxima y una media anual de 12°C. (Ramos, J. 2010:3).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un diagnóstico comunal de la aldea Sacaj I del municipio de San Andrés Sajcabajá, por medio de procedimientos, técnicas e instrumentos que permitan establecer condiciones, tendencias y problemáticas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Generar mapas, matrices y diagramas, que identifiquen aspectos productivos, sociales, económicos, políticos, biofísicos, culturales y organizacionales.
- Identificar los problemas presentes en la comunidad, para proponer soluciones.
- Priorizar los problemas de la comunidad de Sacaj, para establecer medios de intervención.

1.4 Metodología

El diagnóstico de la comunidad de Sacaj se realizó mediante la metodología rural participativa (DRP) con el fin de obtener información de fuente primaria comunitaria con acercamiento interactivo mediante diálogos y entrevistas abiertas a los actores comunitarios. Se realizaron también visitas a instituciones con intervención en la

comunidad como fuente de información primaria se consultaron también informes anuales, planes de desarrollo e informes institucionales como fuente secundaria.

El procedimiento participativo comunitario planificado consistió en fijar el objetivo del diagnóstico, preparar los instrumentos de recolección, identificar a los participantes, realizar un recorrido por la comunidad para reconocer y establecer el contexto que permitiera obtener información y un análisis complementario.

Para la ejecución se inició con la inmersión y visita a la comunidad durante la última semana del mes de febrero, en donde se estableció contacto con autoridades comunitarias y se llevó a cabo el recorrido comunitario.

Se realizó una reunión donde se convocó a los habitantes, líderes comunitarios e integrantes del Centro de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER). El CADER es una herramienta de capacitación promovida por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) para incrementar la productividad de las familias campesinas a través de la metodología de aprender haciendo, en este caso conformado por 78 personas en su mayoría mujeres. La reunión fue dirigida por el epesista y se llevó a cabo el día 5 de marzo del año 2018 a las 2 de la tarde a un lado del centro de convergencia de la comunidad.

Dentro de los recursos se llevaba pliegos de papel manila, marcador, grabadora, cámara y libreta de campo. Las herramientas de diagnóstico a emplear fueron: mapa de la comunidad, calendario agrícola, calendario estacional, calendario de enfermedades de la comunidad, entrevistas orales, matriz de priorización.



Figura 4. Reunión con participantes de la comunidad de Sacaj y aplicación de la metodología DRP.

1.5 Resultados obtenidos de fuente secundaria.

1.5.1 Organización comunitaria.

De acuerdo a la información proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de San Andrés Sajcabajá, la comunidad de Sacaj actualmente se encuentra organizada por un Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) integrado por 9 personas de la comunidad; un presidente, un vicepresidente, un secretario, un tesorero y cinco vocales. El COCODE forma parte del Consejo Municipal de desarrollo COMUDE, legalizado por la municipalidad de la localidad.

Cuadro 1. Integrantes del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), 2018

Cargo	Representante
Presidente	Victoriano Chach
Vicepresidente:	Gaspar Chach
Secretario	Marvin Chach Urizar
Tesorero	Celso Tiquiram Chach
Vocal I	Vicente Chach Mayic
Vocal II	Andrés Olmos Blanco
Vocal III	Carlos Lopez Us.
Vocal IV	Graciela Chach Urizar
Vocal V	Lorenza Mejia Us

Fuente: Elaboración propia, en base a entrevista con Presidente del COCODE.

1.5.2 Alcaldes auxiliares o comunitarios

Los alcaldes auxiliares o comunitarios, quienes actúan en representación del Alcalde Municipal en sus comunidades y con quien tienen comunicación directa, tienen un periodo de representación de un año y trabajan de manera coordinada con el Consejo Comunitario de Desarrollo COCODE. Su participación en la comunidad se relaciona en velar por el ornato, la seguridad, así también participan en la resolución de conflictos que se generan entre las familias o vecinos de la comunidad. (SEGEPLAN, 2011:7).

Los alcaldes auxiliares de la aldea en el año 2018 fueron, Felipe Chach Urizar y Catarino López Castro.

1.5.3 Contexto institucional

Las instituciones tienen y han tenido intervención dentro de la aldea, de manera permanente o temporal en el cumplimiento de objetivos institucionales de desarrollo en cooperación.

Las instituciones con presencia permanente son la Municipalidad de San Andrés Sajcabajá en línea administrativa y a través de las oficinas técnicas y el COCODE que en representación de la aldea gestiona proyectos de desarrollo en conjunto con la municipalidad, a través de consejos de desarrollo u otras organizaciones.

Otras instituciones con presencia temporal en la comunidad son el MAGA a través del acompañamiento técnico agrícola, CONALFA con el programa de alfabetización a personas mayores de 15 años y el MIDES a través del programa de becas. Otras como Water for People que han tenido intervención con proyectos específicos de introducción de agua con programas de saneamiento básico.

1.5.4 Recursos naturales

1.5.4.1 Hídrico.

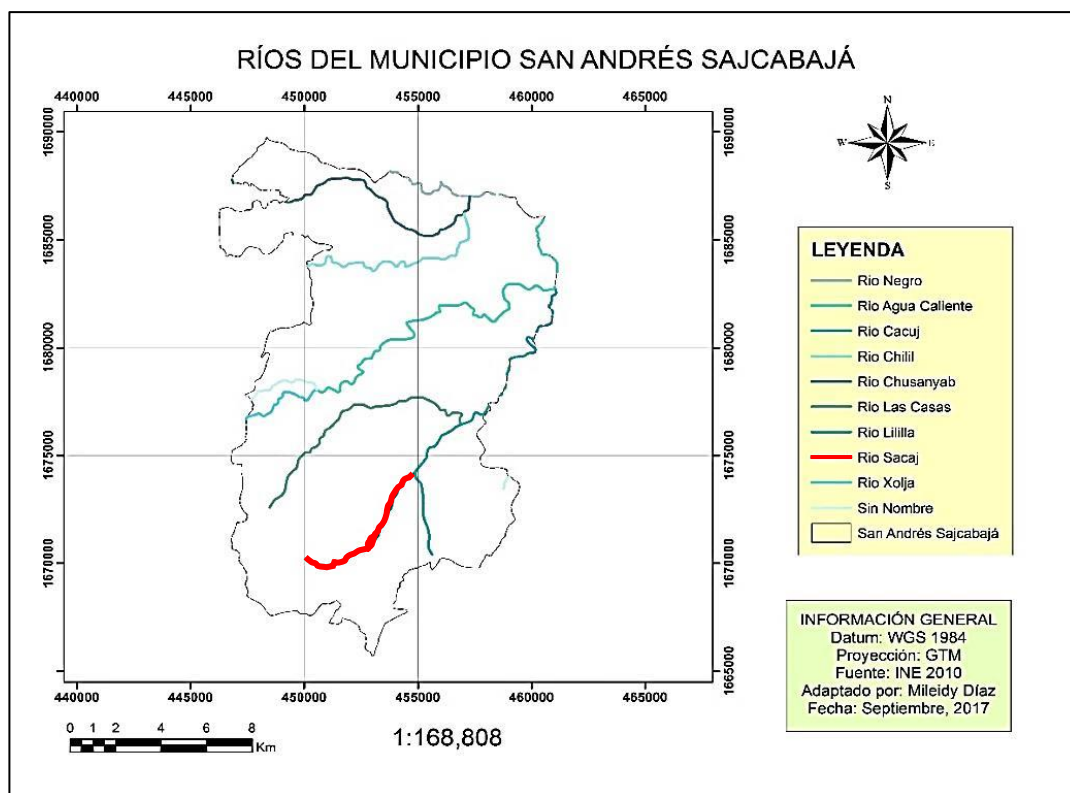
El potencial hídrico de la aldea procede principalmente el río Sacaj que se encuentra en la cuenca del río salinas, con un caudal promedio de $1.8\text{m}^3/\text{s}$ en época seca. La comunidad se asienta en el margen de este río. (SEGEPLAN, 2011:47)

1.5.4.2 Fisiografía.

Se encuentra ubicado en la región fisiográfica de las tierras cristalinas del altiplano occidental y central de la Sierra de Chuacús, las colinas van de moderada o fuertemente escarpadas (Figura 12) (SEGEPLAN, 2011:48)



Figura 5. Río Sacaj en la aldea Sacaj I.



Fuente: INE 2010, adaptado por Mileidy Díaz, 2017.

Figura 6. Ríos del municipio de San Andrés Sajcabajá.

1.5.4.3 Suelo.

En el municipio de San Andrés Sajcabajá predominan los suelos poco profundos de textura mediana, bien drenados o moderadamente drenados, de color pardo o café y superficial (Figura 13) (SEGEPLAN, 2011:48). Según el Manual de Calificación de Tierras por Capacidad de Uso del Instituto Nacional de Bosques, San Andrés Sajcabajá, Quiché, se encuentra en la región de las Tierras Metamórficas que incluyen suelos formados a partir de materiales geológicos tales como filitas, esquistos, dioritas, serpentinas, gneis. Desde el punto de vista orográfico, la Sierra de Chuacús, la Sierra de las Minas y las Montañas del Mico, se encuentran conformando una buena parte de las tierras incluidas en esta región. Entre los usos de la tierra predominantes en esta región, se encuentran, tierras con bosques, cultivos de subsistencia (maíz y frijol). Con una capacidad de uso adaptable a Agroforestería con cultivos anuales y Sistemas silvopastoriles (Aa/Ss). (INAB, 1998:19-27)

1.5.4.4 Flora.

La flora de municipio es diversa y rica debido al relieve fuertemente marcado de las tierras, está conformada por una gran diversidad de plantas, la cobertura forestal está compuesta de bosques mixtos coníferos y latifoliados que cubre el 68.13% del territorio equivalente a 213 ha. Entre las especies con mayor presencia se encuentran roble (*Quercus* sp.), ilamo (*Populus* L.), aliso (*Alnus* MILL), pino triste (*Pinus pseudostrobus* LINDL.), pino de ocote (*Pinus oocarpa* SCHIEDE EX SCHLTDL.), cerezo (*Prunus* sp.), otras especies presentes son palo de pito (*Erythrina berteroana*), amate (*Ficus insípida*), palo jiote (*Bursera simaruba*), eucalipto (*Eucalyptus* sp.), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), órgano o nopal (*Myrtillocactus* sp.) , ciprés (*Cupressus* L.), nance (*Byrsonima crassifolia*), aguacate (*Persea americana*), limón (*Citrus x limon*), verbena (*Verbena officinalis*), apazote (*Dysphania ambrosioides*), durazno(*Prunus persica*) y jocote (*Spondias purpurea* L). Así mismo, se encuentra una gran cantidad de especies arbustivas. (SEGEPLAN, 2011:49)

1.5.4.5 Fauna.

Las especies animales del municipio se hallan principalmente en las áreas rurales de acuerdo a los hábitats preferidos por cada especie. Las especies animales que generalmente son observadas en el municipio son: gato de monte (*Urocyon cinereoargenteus*), venados (*Odocoileus virginianus*), coyotes (*Canis latrans*), ardillas (*Sciurus deppei*), comadrejas (*Mustela frenata*), armados (*Dasyopus* sp.), gavilanes (*Accipiter* sp.), tacuazín (*Didelphis marsupialis*), mazacuatas (*Boa constrictor*), conejos (*Sylvilagus* sp.), zopilotes (*Coragyps* sp.), patos (*Aythya* sp.), palomas (*Columba* sp.), clarineros (*Quiscalus* sp.), bovinos, ovinos, aves de corral, perros y gatos. (SEGEPLAN, 2011:49)

1.5.5 Demografía y Cultura

1.5.5.1 Población.

Según el censo realizado en 2016 por el centro de atención permanente (CAP) de San Andrés Sajcabajá, la población total de la aldea asciende a 975 habitantes, que conforman 268 familias, en 193 viviendas. (CAP, 2016)

Cuadro 2. Cantidad de población en la Aldea Sacaj I por edad y sexo.

Descripción masculino	Cantidad	Descripción femenino	Cantidad
Niños de 0 a 4 años	81	Niñas de 0 a 4 años	72
Niños de 5 a 9 años	67	Niñas de 5 a 9 años	73
Hombres de 10 a 19 años	111	Mujeres de 10 a 19 años	110
Hombres de 20 a 29 años	75	Mujeres de 20 a 29 años	107
Hombres de 30 a 39 años	61	Mujeres de 30 a 39 años	80
Hombres de 40 años en adelante	66	Mujeres de 40 años en adelante	72
Subtotal	461	Subtotal	514
Población total			975

Fuente: Adaptado de CAP, San Andrés Sajcabajá, censo de medioambiente, 2017.

1.5.5.2 Descripción étnica.

El 99% (963 personas) de la población se identifica como maya indígena de la etnia K'iche' y al menos unas 12 personas que representan el 1% se identifica como mestizo aunque estos últimos no residen de manera permanente en la aldea, las mujeres utilizan el traje típico del municipio, güipil, corte y faja, unos 6 hombres de tercera edad son quienes utilizan un pantalón blanco y faja roja, los adultos y jóvenes ya han variado su vestimenta.³

1.5.5.3 Aspectos Culturales y tradicionales.

El municipio celebra la fiesta titular todos los años en honor al patrono San Andrés, llevándose a cabo del 26 al 30 de noviembre y celebra también la Semana Santa con actos tradicionales de penitencia que realizan los gateadores. (SEGEPLAN, 2011:17)

Algunos habitantes de la Aldea de Sacaj, anteriormente realizaban ceremonias Mayas en el bosque a orillas de la comunidad mismas que han dejado de realizarse, actualmente algunos comunitarios efectúan una celebración eclesiástica perteneciente a la iglesia evangélica una vez durante el año, también frecuentan la iglesia que está a cargo del

³ Chach, V. 11 mar. 2018. Descripción étnica. (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Presidente, COCODE.

pastor Diego Mateo, donde se reúnen en días que han establecido para realizar sus respectivas actividades.⁴

1.5.6 Educación

La comunidad cuenta con escuela donde se imparten clases en los niveles pre-primario y primario.

1.5.6.1 Nivel pre-primario.

Se desarrolla en la “Escuela Oficial Rural Mixta” de la comunidad, actualmente asisten 6 niñas y 5 niños para un total de 11 estudiantes en este nivel. (CTA, 2018)

1.5.6.2 Nivel primario.

En el nivel primario se imparten clases a 50 niñas y 40 niños, para un total de 90 de estudiantes que se encuentran cursando clases de primer a sexto grado. Las clases son facilitadas por 4 docentes, empleados públicos del estado, algunos de ellos son maestros multigrados. (CTA, 2018)

1.5.6.3 Nivel medio.

La comunidad no cuenta con establecimiento para nivel medio, las y los adolescentes graduados de sexto grado primario deben movilizarse a la cabecera municipal para continuar el proceso en dicho nivel. (CTA, 2018)

Cuadro 3. Resumen de población estudiantil por nivel del año 2018.

Nivel	Niños	Niñas	Total
Pre-primario	5	6	11
Primario	40	50	90
Medio	0	0	0
Total			101

Fuente: Elaborado con datos de Coordinación técnico administrativa 14-14 (CTA), San Andrés Sajcabajá, 2018.

1.5.6.4 Tasa de alfabetización

La coordinación municipal de alfabetización de San Andrés Sajcabajá estima que actualmente existe un 48% de la población mayor de 15 años que sabe leer y escribir, por

⁴ Chach, G. 11 mar. 2018. Aspectos culturales y tradicionales. (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Vocal, COCODE.

lo que un 52% equivalente a de la población mayor de 15 años no sabe leer y escribir. (CONALFA, 2018)

Cuadro 4. Taza el analfabetismo en personas mayores de 15 años por sexo.

Hombres	Mujeres	Total de personas con analfabetismo
313	369	682

Fuente: Adaptado con datos obtenidos de CONALFA y Censo de medio Ambiente, CAP. 2017.

1.5.6.5 Sistema de alimentación escolar

Según la Dirección de Fortalecimiento de Comunidad Educativa, actualmente todas las escuelas del municipio están dentro del programa nacional de alimentación escolar. DIGEFOCE es la encargada de regular este programa en el municipio. Actualmente y de acuerdo al decreto número 16-2017. Ahora se realizan acciones conjuntas con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, para suplir la demanda de las escuelas con productos locales.

1.5.7 Salud

Los habitantes de la aldea acuden al centro de atención permanente (CAP) ubicado en la cabecera departamental, debido a que en la aldea no se cuenta con centro de salud. Cuando se originan emergencias las personas pagan un flete que va de 50 hasta 200 quetzales. Debido a la distancia a la que se encuentra el CAP de la comunidad. En la comunidad según el base del sala situacional de San Andrés Sajcabajá, la comunidad cuenta con 4 comadronas.⁵

En lo relativo a vacunación en niños, los técnicos del CAP realizan visitas mensuales a la comunidad para realizar jornadas de vacunación. (CAP, 2018)

1.5.7.1 Morbilidad

Se refiere casos registrados de habitantes que adquieren una enfermedad en un determinado lugar y momento.

⁵ Chach, G. 11 mar 2018. Emergencias de salud. (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Vocal, COCODE.

Las enfermedades que comúnmente se presentan en la comunidad se deben a dolores de cabeza por decaimiento o insolaciones, dolores por problemas dentales o caries, problemas con los oídos por infecciones, infecciones respiratorias agudas e infecciones diarreicas o parasitarias por falta de saneamiento básico e higiene.⁶

1.5.7.2 Desnutrición

La desnutrición es consecuencia de una dieta baja en nutrientes o ingesta inadecuada de ellos lo que provoca enfermedades y riesgo de muerte.

La comunidad de Sacaj I esta priorizada dentro de la Comisión Municipal de Seguridad Alimentaria y Nutricional (COMUSAN), con la intención de seguir fortaleciendo las acciones que buscan mejora las deficiencias nutricionales ya que según el IV censo de talla en escolares 2015 la Aldea Sacaj presentaba un 70% de desnutrición crónica (SESAN, 2015), debido a las acciones de COMUSAN actualmente no se tienen registrados casos de desnutrición.

1.5.7.3 Saneamiento

De acuerdo al censo de medio ambiente y sistema de información gerencial de salud (SIGSA), la comunidad de Sacaj tiene registrados 26 hogares con letrinas o inodoros para deposición de excretas y 240 hogares que realizan deposición de excretas por otros medios no adecuados por ejemplo al aire libre. (CAP, 2017)

1.5.8 Economía

La principal actividad económica de la aldea es la agricultura, donde la población se dedica a la producción de granos básicos, como maíz y frijol, el que se destina para el consumo familiar y en algunos casos se comercializa una parte de la producción en el mercado del municipio. (SEGEPLAN, 2011:57)

1.5.9 Sistemas productivos

1.5.9.1 Tenencia de la tierra.

La mayor parte de las tierras se mide en cuerdas con un área de 625 metros cuadrados. La cantidad de terreno por cada familia es variada. Estas tierras las dedican a la siembra

⁶ Chach, G. 11 mar 2018. Enfermedades de salud. (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Vocal, COCODE.

de maíz, frijol y cuidado de especies pecuarias. Dependiendo de las posibilidades de cada persona, pueden arrendar tierras con un costo que va de 25 a 100 quetzales por cuerda.⁷

Cuadro 5. Distribución aproximada de la tierra por familias.

Número de cuerdas (equivalentes a 625 m ²)	Número de familias	Total de área en cuerdas de 625m ²
2	120	240
7	70	490
10	30	300
15	24	360
20	10	200
25	8	200
30	6	180
Total	268	1,970 equivalentes a 123 ha de un total de 312.6 ha.

Fuente: Elaborado con base a entrevista con Victoriano Chach presidente del COCODE, 2018.

1.5.9.2 Agrícola.

Las tierras de la comunidad de Sacaj poseen una topografía marcada, el 68.13% es área con cobertura forestal, el 30.9% es empleada en el uso agrícola y el 1.35% es ocupado por viviendas.

Dentro de los cultivos producidos en la comunidad se encuentra el maíz (*Zea mays* L.) en asocio con el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y áreas de monocultivo de ambas especies que son desarrollados como cultivos de subsistencia o consumo familiar, obteniendo de 1.3 a 1.9 t/ha de maíz y de 0.30 a 0.35 t/ha de frijol (SEGEPLAN, 2011:62), el 60% de familias de la comunidad cultiva maíz y frijol para un total de 480 cuerdas (30 ha.) esto se realiza en la época seca, de noviembre a abril, empleando regadío a través de 3 tomas obtenidas del río Sacaj, lo realizan en estas fechas con el fin de evitar o disminuir la presencia de enfermedades y acame por las variaciones climáticas y excesos de humedad producidos durante los meses de mayo a septiembre, sin embargo en la época lluviosa un 30% de

⁷ Chach, V. 11 mar. 2018. Tenencia de la tierra. (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Presidente, COCODE.

familias cultivan un total de 80 cuerdas (5 ha) pero con menores rendimientos y durante los periodos de canícula prolongada a finales del mes de junio se emplea el riego.⁸



Figura 7. Área cultivada con Maíz (*Zea mays* L.) al fondo área boscosa.

1.5.9.3 Pecuario.

Dentro de la comunidad todos sus habitantes se dedican a la cría de aves de traspatio y alrededor de 15 familias crían ganado porcino y bovino. El patrimonio pecuario de la comunidad es de aproximadamente 2,500 aves de traspatio, 75 porcinos y 60 vacunos, en el caso de aves de traspatio se crían con fines de consumo y también pueden ser vendidas por Q75.00 y en el caso de porcinos y ganado vacuno se comercializan con precios que van de Q300.00 a Q400.00 para porcinos y Q 2,000.00 a Q 2,500.00 en reses. Esos recursos permiten la obtención de otros productos. Estos animales generalmente se alimentan de la biomasa del lugar y de napier (*Pennisetum purpureum*) cultivado en el lugar, sin embargo no todos cuentan con espacios específicos para la cría de animales ni planes profilácticos para la prevención de enfermedades.⁹

⁸ Chach, V. 11 mar. 2018. Sistema productivo agrícola. (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Presidente, COCODE.

⁹ Chach, V. 11 mar. 2018. Sistema productivo pecuario. (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Presidente, COCODE.



Figura 8. Ganado bovino criado en la aldea Sacaj I alimentándose de rastrojo de maíz.

1.5.9.4 Flora.

El valle de Sacaj conserva en sus alrededores y partes altas una consistente masa boscosa que es empleada en construcción y como material energético (leña) para uso comunitario, estas maderas no son explotadas intensamente con fines de comercialización fuera de la comunidad, esto ha permitido la permanencia de la zona boscosa, algunas de las especies de la comunidad son empleadas como cerco vivo con fines de separación como el pito (*Erythrina berteroana*) y palo jote (*Bursera simaruba*) y otras para consumo como el limón (*Citrus x limon*), durazno (*Prunus persica*) y jocote (*Spondias purpurea* L)¹⁰.

1.5.9.5 Riego.

Los habitantes de la comunidad cuentan con el río Sacaj como fuente agua para riego cubriendo 30 ha de área cultivable beneficiando al 60% de las familias de la aldea. Los abuelos, habitantes de quienes desciende la población actual, crearon tomas que permitieron conducir el agua por distintas zonas de la comunidad a través de mangueras y vegas con caudales iniciales de 4 a 6 gal/s, los caudales finales en algunos casos disminuyen entre 0.5 y 2 gal/s dependiendo de los desvíos. Los riegos se realizan por

¹⁰ Chach, G. 11 mar 2018. Flora de la comunidad de Sacaj I. (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Vocal, COCODE.

turnos para cubrir las demandas hídricas de los cultivos, generalmente realizan ciclos de riego durante 10 a 15 días.¹¹



Figura 9. Conducción de agua para riego por inundación.

1.5.10 Servicios

1.5.10.1 Centro de atención permanente.

Actualmente la comunidad cuenta únicamente con un centro de convergencia, donde se realizan jornadas de vacunación cada mes.

El centro de atención permanente está ubicado en la cabecera municipal que es donde se cubren las emergencias de esta comunidad.

1.5.10.2 Centros educativos.

La comunidad cuenta con dos escuelas, donde se imparten clases para los niveles pre-primario y primario.

1.5.10.3 Mercados.

El Municipio de San Andrés Sajcabajá tiene definido dos días de mercado para transacciones comerciales, siendo los días domingo y jueves en instalaciones de un mercado municipal. Dentro de los procedimientos del sistema de comercialización de la

¹¹ Chach, V. 11 mar. 2018. Sistema productivo agrícola. (entrevista). San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala. Presidente, COCODE.

producción, primero se realiza a nivel interno comunitario, luego a nivel interno municipal y en algunos casos, la comercialización se maneja intermunicipal dentro del departamento. (SEGEPLAN, 2011:61)

Los habitantes de la comunidad de Sacaj no poseen un mercado comunal, únicamente realizan negocios entre ellos según les convenga y cuentan con tiendas de conveniencia dentro de la comunidad donde hallan insumos de uso cotidiano que pueden ser necesarios.

1.5.10.4 Sistema de drenajes.

Según la oficina municipal de servicios públicos la comunidad de Sacaj I no cuenta con sistema de drenajes ni fosas sépticas comunes, 26 hogares utilizan las letrinas con fosa ciega como medio de saneamiento. Generalmente las aguas utilizadas para lavar ropa y otros corren sobre la superficie de tierra.

1.5.11 Agua y cloración.

Según la oficina municipal de agua y saneamiento (OMAS), la aldea de Sacaj I posee el servicio de agua entubada, sin embargo no toda la aldea cuenta con el proceso de desinfección a través de cloración. Debido a opiniones populares dentro de la comunidad, que indican que la cloración puede generar algunas alteraciones en el organismo.

Cuadro 6. Tipos de abastecimiento de agua en la Aldea Sacaj I

Comunidad	Viviendas	Abastecimiento de agua						
		Pozo		Chorro		Rio	Otros	TOTAL
		Propio	Comunitario	Propio	Comunitario			
Sacaj I	266	120	0	103	0	43	0	266

Fuente: Adaptado de Sala situacional CAP, 2017.

1.5.11.1 Energía eléctrica

Según la oficina municipal de servicios públicos la aldea de Sacaj, actualmente no cuenta con el servicio de energía eléctrica.

1.5.11.2 Vías de acceso.

Actualmente la comunidad cuenta con una carretera de terracería, en algunos tramos cuentan con carrileras por su difícil acceso.

1.5.11.3 Transporte

No existe una línea de transporte específica, los comunitarios se movilizan por medio de pick up y motocicletas. El costo de pasaje es de Q. 10.00 por persona de la cabecera municipal a la comunidad.

1.5.12 Vivienda

El 100% de viviendas son de adobe con techo de teja, el 80% tiene piso de tierra y el 20% tiene piso de cemento de un total de 266 viviendas (EPSUM, 2018:14). En el área rural predomina la construcción tradicional, con viviendas de forma rectangular, con uno o dos ambientes comunicados por un corredor y cocina. En la población las casas tienen la forma cuadrada con ambientes construidos a los laterales y un patio central. (SEGEPLAN, 2011:41)

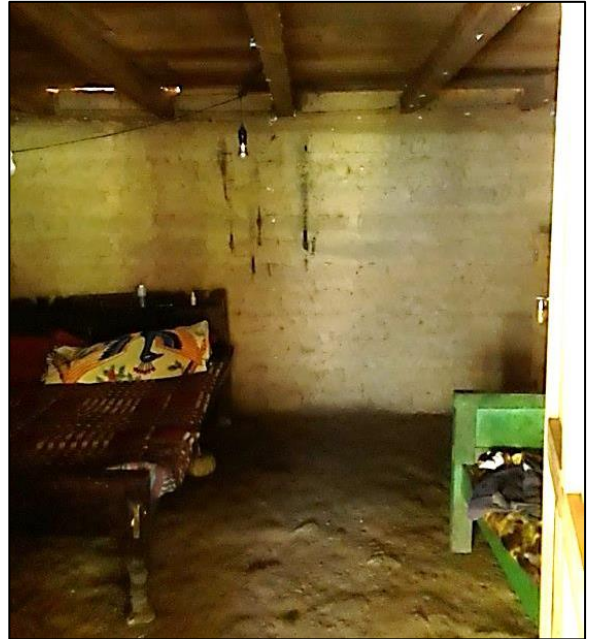


Figura 10. Interior de casa de adobe y piso de tierra en la aldea.

1.5.13 Nivel de pobreza

Para analizar las condiciones de pobreza del municipio se utilizó el parámetro de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) a partir de 2005 el cual considera pobres a todas aquellas personas que perciben ingresos iguales o menores a 2.5US\$ al día y pobres extremos todas aquellas personas que perciben un ingreso no mayor a 1.25US\$ al día.

Según el cuadro 7 el 24.98% de familias se encuentran en pobreza extrema y el 18.8% de familias está en situación de pobreza, para un total de 43.78% de familias afectadas.

Cuadro 7. Ingresos mensuales por familia en la Aldea Sacaj I.

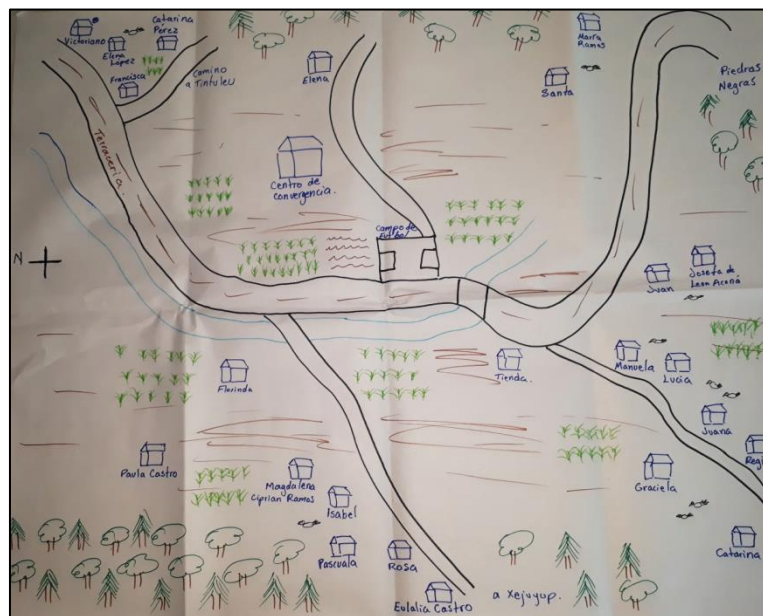
Ingresos mensuales por familia en la Aldea Sacaj I								
Rango	Menos de Q100.00	Q101.00 a Q300.00	Q301.00 a Q600.00	Q601.00 a Q900.00	Q901.00 a Q1200.00	Q1201.00 a Q1500.00	Q1501.00 a Q2000.00	Total
Porcentaje	21.88%	3.1%	18.8%	31.25%	3.1%	3.1%	18.8%	100 %
US\$/día	0 – 0.44	0.4-1.3	1.3-2.7	2.7-4	----	----	----	----

Fuente: Adaptado de Encuestas necesidades insatisfechas EPSUM, 2018.

1.6 Resultados del Diagnostico rural participativo (DRP)

1.6.1 Mapa de la comunidad

El mapa siguiente (Figura 11) muestra una representación de la situación en la cual vive y se desarrolla la aldea de Sacaj I, es un esquema básico de las viviendas y recursos naturales que se encuentran en la zona con el propósito de identificar problemas y oportunidades.



Fuente: Elaboración por participantes del CADER aldea Sacaj I.

Figura 11. Mapa de la comunidad de Sacaj.

Dentro de ello explican también los comunitarios las deficiencias existentes y a las cuales aspiran en el futuro, entre ellos la acometida de energía eléctrica en la comunidad,

mejores carreteras, un instituto de educación básica, agua para todos, mejores tecnologías agrícolas, trabajar con nuevos cultivos de ciclos cortos y perennes.

1.6.1.1 Bosque.

La comunidad se encuentra dentro de la micro-cuenca del río Sacaj, la zonas circundantes poseen un bosque mixto con predominancia de coníferas. La madera obtenida del bosque es utilizada como medio energético (leña) para cocinar y también en construcción. Según los habitantes de la comunidad la cobertura boscosa se ha mantenido estable, pues el recurso es principalmente explotado para uso de la comunidad. No existe ningún manejo específico o medio de recuperación fuera de la regeneración natural.



Figura 12. Fisiografía y área boscosa de la aldea Sacaj I.

1.6.1.2 Agua.

Los ríos que atraviesan la comunidad permanecen constantes en la época seca, lo cual permite que desarrollen cultivos por medio de riego, pues en la época lluviosa los rendimientos de maíz y frijol disminuyen a causa de la presencia de enfermedades por exceso de humedad.

1.6.1.3 Suelos.

Lo suelos de la comunidad presentan algunas deficiencias a causa del deterioro por erosión hídrica y explotación agrícola. Poseen áreas de cultivo con poca pendiente principalmente zonas de sedimentación y áreas donde las pendientes son pronunciadas,

estas últimas son las más deterioradas por escorrentía, mientras que las tierras bajas suelen ser más fértiles por sedimentación de elementos. Los estratos bajos se caracterizan por ser profundos y arenosos, con pH (potencial de hidrógeno) ácido y poca cantidad de materia orgánica menor del 1%. (Ver análisis de suelo Figura. 24A)



Figura 13. Tipo de suelo observado con mayor frecuencia dentro del área territorial de la Aldea Sacaj I.

1.6.1.4 Cultivos.

La comunidad ha practicado la siembra de maíz y frijol a lo largo de su desarrollo sin embargo no se practica la diversificación o rotación de dichos cultivos, el ciclo de los cultivos desde la preparación del suelo hasta la cosecha ocupa de 4 a 6 meses. En la comunidad se cultivan alrededor de 480 cuerdas (30 ha) con maíz y frijol, el 60% de los agricultores cultiva bajo riego en época seca, el 25% de ellos riega por aspersión y el restante lo hace mediante inundación realizando turnos de riego cada 8 -15 días. Durante la época lluviosa solo hacen uso del riego si la canícula que se presenta a finales de junio o inicios de julio se prolonga por varios días.

1.6.1.5 Viento.

A pesar de ser una comunidad con cobertura forestal, en la zona poblada y cultivada permanece el viento predominante en dirección suroeste, que ocasiona dificultades como la erosión eólica y el acame del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en primeras etapas. El mes con más dificultades por vientos es el mes de julio el cual llaman mes de "Santiago".

1.6.2 Matriz de priorización de problemas.

El cuadro siguiente enlista los problemas presentes en la aldea según el criterio de los participantes. A través de la matriz se priorizaron los problemas de acuerdo a su importancia agrícola y económica.

Cuadro 8 Matriz de priorización de problemas.

Problema	Total de votos según criterio de los participantes.	Grado de priorización.
Bajo rendimiento en cosechas de maíz (<i>Zea mays L.</i>) y frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	38	1
Poca fertilidad en el suelo	35	2
Falta de técnicas sostenibles en el manejo de maíz y frijol.	30	3
Plaga, gallina ciega (<i>Phillophaga sp.</i>)	28	4
Plaga, gusano cogollero (<i>Spodeptera frugiperda</i>)	28	5
No posee cultivos de hortalizas	26	6
Meses sin cultivos	24	7
Enfermedades de aves	22	8
Vientos fuertes	19	9
Poco cultivo de frutales	14	10
Pérdida de bosque	10	11

Fuente: Elaboración con participantes del CADER, aldea Sacaj I.

1.6.2.1 Bajo rendimiento en cosechas de maíz

Según los habitantes y agricultores de la comunidad, desde hace más de diez años el rendimiento del maíz ha ido decreciendo, aunado al desconocimiento de las buenas prácticas agrícolas y cambios en la agricultura tradicional lo cual ha generado disminuciones importantes en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*), pues no se obtiene el rendimiento deseado en las cosechas. Por ejemplo, algunos de ellos aplican cal como medida de prevención a las plagas y enfermedades obteniendo resultados positivos y

negativos, mientras que unas 70% de las familias de agricultores con acceso a agroquímicos hacen uso de ellos realizando seis a ocho aplicaciones de prefenofos y cipermetrina y dos aplicaciones de fertilizante químico sulfato de amonio en cantidades que varían, según el criterio del agricultor aplican uno o dos quintales por cada 625 m² (metros cuadrados) esto refleja alta dependencia de insumos agroquímicos. El rendimiento obtenido aproximado actual es de 1 a 2 quintales por cuerda, de 0.7 a 1.45 t/ha en relación a años donde se obtenían hasta tres quintales (2.18 t/ha) con un manejo tradicional con menor uso de las tecnologías modernas.

1.6.2.2 Bajos rendimientos en el cultivo de frijol.

Además de no ser el cultivo de preferencia, quienes lo cultivan obtienen bajos rendimientos por desconocimiento de buenas prácticas agrícolas, algunos de ellos con acceso a agroquímicos realizan la misma cantidad de aplicaciones durante el ciclo del cultivo y aplicaciones de fertilizante nitrogenado, que en el caso de maíz, obtienen aproximadamente 30 libras por cuerda. (0.21 t/ha).

1.6.2.3 Pérdida de fertilidad de suelo.

Con los años se ha perdido la fertilidad del suelo, según lo indican, para ellos es indispensable la aplicación de fertilizantes como sulfato de amonio, además de la aplicación de excretas de ganado vacuno, con lo cual han logrado mantener los actuales rendimientos, pero que no son comparados con los rendimientos de 15 años atrás. Los agricultores fertilizan dos veces, la primera a los 25 días después de siembra (dds) y la segunda en el panojamiento o pre-floración (VT) comúnmente llamado “candeleo”, utilizan de un quintal a dos quintales de sulfato de amonio por área de 625 metros cuadrados.

1.6.2.4 Falta de técnicas sostenibles en el manejo agronómico del maíz.

Los agricultores exponen la necesidad de utilizar medios orgánicos o ecológicos para el cultivo de maíz que permita un mejor control y con efectos menos adversos al ambiente y ellos mismos, así como la mejor nutrición vegetal y recuperación de suelos, proveyendo un manejo agronómico sostenible del cultivo de maíz, frijol y frutales con recursos naturales y locales.

1.6.2.5 Plagas de gallina ciega (*Phyllophaga* sp.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Las personas de la comunidad han tenido problema con insectos en estado larval (*Phyllophaga* sp.) y (*Spodoptera frugiperda*), los cuales causan daño durante cada ciclo de cultivo, lo cual afecta el rendimiento de la cosecha de maíz y frijol, generando dificultades y gastos por la constante compra de productos fitosanitarios.

1.6.2.6 No poseen cultivo de hortalizas.

Los comunitarios mencionan que no han diversificado sus plantaciones debido a desconocimiento de algunos cultivos. Y que el maíz es el producto con más importancia en la comunidad. También mencionan que existe interés en la producción de nuevas especies de vegetales.

1.6.2.7 Bajos rendimientos.

El bajo rendimiento de cultivos causado por la pérdida de fertilidad del suelo, enfermedades como el denominado empíricamente “argeño” que lo han descrito como un marchitamiento general, que en una vista comparativa puede tratarse del complejo mancha de asfalto y plagas antes mencionadas; esto es un complejo que les ocasiona pérdidas económicas y bajos rendimientos en las cosechas, motivo por el cual el cultivo de maíz disminuye considerablemente en época lluviosa y prefieren cultivar por regadío.

1.6.2.8 Meses sin cultivos.

Las personas de la comunidad indican que a pesar de realizar siembras en la época lluviosa, los rendimientos han decrecido respecto de los últimos 10 años, además se producen pérdidas por enfermedades por lo que disminuye la cantidad de área cultivada con maíz y frijol, quedando áreas sin cultivar que son usadas para pastoreo y en la época seca aproximadamente el 60% de agricultores cultivan bajo sistemas de regadío, sin embargo las reservas de maíz se agotan antes de la siguiente cosecha por lo que deben comprar maíz.

1.6.2.9 Viento.

Los habitantes de la comunidad mencionan que constantemente se presentan vientos fuertes, los cuales en la época lluviosa incrementan y producen acame en las plantaciones, sumado al daño mecánico producido por gallinas ciegas (*Phyllophaga* sp.).

1.6.2.10 Pocos cultivos de frutales.

En la comunidad se da escaso interés al cultivo de frutales y los que se encuentran establecidos no producen lo necesario debido al poco manejo y la antigüedad de los mismos. Los frutales mayormente cultivados son el durazno (*Prunus persica* L.) y limón (*Citrus x limon* L.) Uno de los cultivos en los cuales ellos encuentran viabilidad es el aguacate.

1.6.2.11 Pérdida de bosque.

Aunque no es uno de los principales problemas, ellos consideran que con el crecimiento de la población el recurso boscoso será utilizado con más frecuencia.

1.6.3 Calendario agrícola.

En el calendario agrícola se observan las actividades productivas que se realizan durante un ciclo de cultivo en la aldea, esto permite conocer las etapas y el tiempo en el cual se realizan las diferentes labores que cubren el manejo agrícola actual en las áreas cultivadas. El objetivo es poder analizar el método actual y observar oportunidades que puedan facilitar el aprovechamiento de las tierras de acuerdo a la época del año y los ciclos de cultivo.

El calendario muestra el inicio del ciclo del cultivo en el mes de noviembre y las actividades realizadas como preparación del suelo, manejo del rastrojo del ciclo de cultivo anterior ya sea quemado o para alimentación del ganado (Figura 8), en esta época del año se cultiva con regadío por aspersión o inundación, algunos problemas que presentan son el denominado “frío” o “argeño” por la época en que se cultiva, sin embargo es el ciclo con mayores rendimientos. El siguiente ciclo de cultivos es practicado a partir del mes de mayo en este periodo son pocos los agricultores que siembran y los rendimientos son menores. También se observa la poca diversidad de cultivos y la forma extensiva del uso de las tierras. La diversificación con otros cultivares de ciclos menores a 120 días puede representar una opción de diversificación y medio de rotación de cultivos.

Cuadro 9. Calendario agrícola de la Aldea Sacaj.

Calendario agrícola aldea Sacaj												
Mes	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Cultivo												
Maíz	Limpia de terrenos Quema del rastrojo y maleza Alimentación del ganado con rastrojo Preparación del suelo Siembra (regadío)	Ocurrencia de acame por viento.	Limpia Abonado Presencia y control de plagas		Secado	Cosecha	Limpia de terrenos Quema del rastrojo y maleza Alimentación del ganado con rastrojo Preparación de suelo Siembra (Secano)		Limpia Abonado		Secado	Cosecha
Frijol	Preparación del suelo Siembra (regadío)		Limpia Abonado Presencia y control de plagas.		Secado	Cosecha	Preparación de suelo Siembra (secano)		Limpia Abonado		Secado	Cosecha

Fuente: Elaboración con participantes del CADER, aldea Sacaj I.

1.6.4 Calendario estacional.

Cuadro 10. Calendario estacional de la Aldea Sacaj.

Calendario estacional aldea Sacaj												
Mes	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Actividad												
Corte de café	x	X										x
Corte de caña		X	x	X	x	x						
Lluvias	x						X	x	x	x	x	x
Sequias									x			
Viento		X							x			
Enfermedades de animales			x						x	X		
Reserva de alimentos						x	X	x	x	X		

Fuente: Elaboración con participantes del CADER aldea Sacaj I.

El calendario anterior presenta algunos fenómenos climáticos, sociales y económicos de la comunidad, que permite tomar en cuenta las variaciones y relaciones entre las actividades y las variables no controlables, lo cual establece un marco de acción y planificación.

1.7 Conclusiones

De acuerdo al diagnóstico rural participativo (DRP) realizado en la aldea Sacaj, del municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento de Quiché, se establecieron las siguientes conclusiones:

1. La principal dificultad en la producción agrícola son los bajos rendimientos generados por manejos agronómicos deficientes en el cultivo de maíz (*Zea maíz* L.) durante largos periodos de explotación, se aproximan actualmente a 1 t/ha en maíz y 0.22 t/ha en frijol.
2. En la comunidad no se practican técnicas de manejo sostenible para el cultivo de maíz y se realiza de forma tradicional con adaptaciones de la agricultura moderna.
3. La principal actividad productiva de la comunidad es la agrícola, se cultiva maíz y frijol destinado al autoconsumo.
4. Los principales problemas identificados por los comunitarios a través del diagnóstico son: bajos rendimientos en los últimos años, pérdida de fertilidad de los suelos, falta de conocimiento en el uso de técnicas sostenibles para el manejo agronómico de los cultivos, presencia de gallina ciega (*Phyllophaga* sp.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), poca diversificación de cultivos, periodos del año sin cultivos, vientos fuertes, poco cultivo de frutales, deficiencia en el manejo del bosque, enfermedades en aves de patio.
5. Como medio de abastecimiento hídrico, la comunidad cuenta con tres tomas de agua proveniente del río Sacaj, lo que les permite establecer cultivos durante todo el año.
6. En materia de servicios, es una comunidad en desarrollo temprano, no posee energía eléctrica, ni puesto de salud y tampoco líneas de transporte, es una comunidad relativamente distante lo que representa dificultad para acceder a los mercados del municipio.

1.8 Recomendaciones

Al realizar el análisis de conclusiones, con el fin de promover mejoras al sistema agrícola y económico de los habitantes de la comunidad se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Adquirir las herramientas y conocimiento técnico a través de capacitaciones con el fin de mejorar los sistemas productivos de la comunidad, fortaleciendo el manejo de recursos locales, las buenas prácticas agronómicas y su uso sostenible.
2. Promover la experimentación con maíces locales y nuevas variedades, así también técnicas de siembra, adaptables a la zona, que sean de preferencia y económicamente rentables, para fortalecer la economía y contrarrestar la inseguridad alimentaria.
3. Implementar diversificación de cultivos para el aprovechamiento intensivo de las tierras cultivables y equilibrar los ciclos de los agentes biológicos presentes.
4. Aprovechar sustentablemente el recurso hídrico con el cual cuenta la comunidad, como oportunidad para ampliar y diversificar los sistemas de producción.
5. Realizar el análisis de la zona con el fin de optimizar la utilización de las tierras.
6. Gestionar a través del gobierno comunitario la implementación de proyectos de desarrollo en acuerdo con la municipalidad.

1.9 Referencias bibliográficas

- CAP (Centro de Atención Permanente). 2016. Censo de población por grupo etario, San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala: Centro de Atención Permanente.
- CAP. 2017. Censo de medio ambiente, SIGSA, San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala: CAP.
- CONALFA. (Comité Nacional de Alfabetización). 2018. Taza de alfabetización. Coordinadora Municipal de Alfabetización de San Andrés Sajcabajá Guatemala.
- Congreso de la República de Guatemala. 2017. Ley de Alimentación Escolar. Decreto número 16-2017. Diario de Centro América. Guatemala, 19 oct 2017: República de Guatemala. 17 p.

- CTA (Coordinación Técnico Administrativa 14-14). 2018. Registro de establecimientos de la coordinación técnico administrativa 14-14, San Andrés Sajcabajá, Guatemala.
- OMAS (Oficina Municipal de Agua y Saneamiento). 2016. Mapa de microrregiones de San Andrés Sajcabajá. San Andrés Sajcabajá, Quiché: Oficina Municipal de Agua y Saneamiento.
- EPSUM (Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario) 2018. Encuestas necesidades insatisfechas. EPSUM/USAC. p. 14.
- INAB. (Instituto Nacional de Bosque). 1998. Clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. p. 19-27. (en línea) Consultado 28 may. 2018. Disponible en: http://portal.inab.gob.gt/images/centro_descargas/manuales/Clasificaci%C3%B3n%20de%20tierras%20por%20capacidad%20de%20uso.pdf
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2002. Croquis aldea Sacaj. División de censos y encuestas departamento de cartografía, Guatemala C.A.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1976. Diccionario Geográfico de Guatemala. (2ª. ed.) vol.III. Guatemala: Tipografía Nacional.
- CEPAL. sf. Indicadores de pobreza y pobreza extrema utilizadas para el monitoreo de los ODM en América Latina. Extraído de: Naciones Unidas (2010) p. 2. (En línea). Consultado 06 sep. 2018. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/indicadores_de_pobreza_y_pobreza_extrema_utilizadas_para_el_monitoreo_de_los_odm_en_america_latina.pdf
- RAE (Real Academia Española). 2014. Diccionario de la lengua española (23ª. ed.). (En línea). Consultado 28 may. 2018. Disponible en <http://www.rae.es.rae.html>
- Ramos, J. 2010. "ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL (PRODUCCIÓN DE MAÍZ) Y PROYECTO: PRODUCCIÓN DE PAPA" Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. USAC. Guatemala. p. 3. (en línea) Consultado 28 may. 2018. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0759_v5.pdf
- SEGEPLAN/DPT, 2011. Consejo Municipal de San Andrés Sajcabajá, Quiché. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación

Territorial. Plan de Desarrollo San Andrés Sajcabajá, Quiché. Guatemala: SEGEPLAN/DPT. p. 7-62.

SESAN (Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional) 2015. Prevalencia de desnutrición crónica según el IV censo de talla en escolares 2015. SESAN. Guatemala.



Vo.Bo. _____

Firma y Sello Biblioteca CUSACQ



CAPÍTULO II

EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS APLICADOS AL SUELO, EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA ALDEA SACAJ I DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA.

CHAPTER II

EFFECT OF BENEFICIAL MICROORGANISMS APPLIED TO THE SOIL, IN THE PRODUCTION OF CORN (*Zea mays* L.), IN THE SACAJ I VILLAGE OF SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA.

2.1 Presentación

El maíz es uno de los cultivos más difundidos e históricamente es un símbolo valioso ligado a la cultura guatemalteca (Fuentes, et al. 2005:iii). Por esta misma razón el maíz representa la base de la alimentación de la población. Según datos publicados por el MAGA en el 2016 en la revista “El agro en cifras”, se posiciona a Quiché como el tercer productor de maíz con 8% de la producción nacional después de Petén y Alta Verapaz.

Estos valores buscan ilustrar la importancia del cultivo, pero no representan homogeneidad en el departamento, pues los productores de la comunidad estudiada únicamente producen bajo el carácter de subsistencia e infra subsistencia, de manera que el consumo de maíz de mercados externos sigue aumentando considerablemente por la demanda de sus habitantes.

El promedio nacional de los rendimientos cosechados de maíz en el 2008 fue de 2.01 t/ha y para el 2017 fue alrededor de 2.17 t/ha (FAOSTAT, 2019). Esta tendencia expresa un leve aumento a nivel nacional, aunque no de forma homogénea para todos los sectores del país, esto muestra también la capacidad de acceso a la tecnología, uso de áreas no aptas para la producción, vulnerabilidad al cambio climático, falta de infraestructura de riego, crédito agrícola, entre otros factores (Fuentes, 2002:2) que refrenan la mejora de la actividad agrícola.

Hoy en día la agricultura tradicional se caracteriza por la utilización de tecnología que ignora la heterogeneidad ambiental, socioeconómica y cultural. Este desarrollo se ha enlazado parcialmente, pero no de forma permanentemente con las necesidades de los agricultores, ni con los potenciales agrícolas locales (Altieri, 1991:1). Debido a que se requiere aumentos en el uso de pesticidas y fertilizantes, pero la eficiencia disminuye y los rendimientos se estancan (Altieri, 2009:116) por desconocimiento de principios esenciales en la nutrición del cultivo, generando un problema para los agricultores pues el cultivo del maíz es de gran importancia en la dieta guatemalteca, estimándose el consumo por persona en 110 kg/año (2.4 quintales por año) en forma de tortilla (ICTA, 2016:10).

En el municipio de San Andrés Sajcabajá el rendimiento promedio es de 1.27 a 1.9 t/ha (SEGEPLAN/DPT, 2011:62). En la aldea Sacaj I se sabe según el relato de los

agricultores que dos décadas atrás los rendimientos eran aproximadamente de 1.45 t/ha lo cual se aproxima al rendimiento promedio nacional de los años de 1996 al 2000 que osciló entre los 1.45 a 1.72 t/ha (FAOSTAT, 2019), para ese entonces la severidad de las plagas era baja, el suelo sustentaba parcialmente las necesidades nutricionales para el desarrollo de los cultivos y las variedades nativas (de polinización libre) eran preferidas. Los rendimientos actuales oscilan cerca de los 0.9 t/ha que distan del promedio nacional del año 2017 que fue de 2.17 t/ha (FAOSTAT, 2019).

En la actualidad en la aldea Sacaj se cultiva maíz una o dos veces por año, empleando productos fitosanitarios y sulfato de amonio como única fuente de nitrógeno, pero con deficiencias en la aplicación de buenas prácticas agrícolas como la incorrecta utilización de fertilizantes y plaguicidas, poca o ninguna práctica de conservación del suelo y falta de aplicación de enmiendas cálcicas y de materia orgánica. Una de las mayor causas del bajo rendimiento es la pérdida de plantas, aproximadamente 30-40% se pierde debido al desconocimiento de buenas prácticas agrícolas (BPA) (Fuentes, et al. 2005:60), deficiencia en la nutrición y cantidad de materia orgánica presente en el suelo, a lo anterior también se suma los casos de pobreza que es una limitante más para el desarrollo.

Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de aplicaciones de microorganismos benéficos locales y comerciales, como alternativa en el manejo agronómico del maíz. Esto con el objetivo de determinar si existe aumento significativo en el rendimiento del cultivo de maíz al emplear estos insumos agrícolas que permitan recomendar y ampliar su uso como una alternativa sostenible.

Para la investigación se empleó el diseño experimental de bloques al azar en un arreglo de 4x5, evaluando: a) microorganismos de montaña (MM), b) *Trichoderma harzianum* c) *Bacillus pumilus* y d) testigo. Las aplicaciones de microorganismos fueron dirigidas al suelo con el fin de obtener diferencia en el desarrollo, rendimiento y características del suelo que fueran significativas en alguno de los tratamientos utilizados.

Al finalizar el estudio se determinó que no hubo diferencia significativa en cuanto a las aplicaciones sobre los tratamientos establecidos y variables estudiadas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) evaluado. Sin embargo se obtuvieron otros datos relevantes sobre el cultivo y el suelo.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Origen del Maíz

El maíz está clasificado dentro de la especie botánica (*Zea mays* L.) Tiene dos parientes cercanos, que son el *Tripsacum* y el Teosinte. Ambos crecen en forma silvestre en Guatemala. (Segura, 2008:5)

Se han mencionado dos lugares como el posible origen del maíz. Estos son: a) los valles altos de Perú, Ecuador y Bolivia, y b) la región del sur de México y la América Central. En ambas áreas se han encontrado muchos tipos de maíz. Se ha expuesto varias teorías para explicar el origen del maíz. La primera era que el maíz se originó del Teosinte o de los ancestros del mismo. La otra teoría sugiere que el maíz se originó de un maíz primitivo tunicado pero todavía se ignora el origen de este maíz. (Bolaños & Edmeadea, citado por Segura, 2008:5)

2.2.2 Clasificación botánica del Maíz.

Cuadro 11. Clasificación botánica del Maíz (*Zea mays* L.)

Reino	Vegetal
División	<i>Tracheophyta</i>
Subdivisión	<i>Pteropsidae</i>
Clase	<i>Angiospermae</i>
Subclase	<i>Monocotiledoneae</i>
Grupo	<i>Glumiflora</i>
Orden	<i>Graminales</i>
Familia	<i>Poaceae o Gramínea</i>
Tribu	<i>Maydeae</i>
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>
Variedad	<i>Diversas</i>

Fuente: Tomado de EL cultivo de maíz en Guatemala, ICTA. Fuentes, 2002.

2.2.3 Características Morfológicas, Taxonómicas y Bromatológicas del Maíz.

La diversidad genética del maíz a nivel mundial es extensa. Hay más de 250 razas catalogadas y se encuentran alrededor de 10,000 entradas recopiladas en los principales

bancos de germoplasma a nivel mundial. Mesoamérica es considerada centro de origen, donde se cultiva desde las épocas pre-colombinas. En Guatemala se han catalogado 13 razas de maíz, entre las cuáles se pueden mencionar: raza Olotón, San Marceño, Quiché, Naltel, entre otros. Dentro de la diversidad de maíz existen cultivares de menos de 1 m de altura, 8-9 hojas y una madurez de 60 días y otros con más de 5 m de altura, 40-42 hojas y una madurez de 340 días (Fischer y Palmer, 1984 citados por Fuentes, 2002:11).

El maíz es una monocotiledónea perteneciente a la familia Gramínea, Tribu Maydae, con dos géneros: (*Zea*) ($2n=20$) y (*Tripsacum*) ($2n=36$). El género (*Zea*) tiene además de la especie (*Z. Mays*) maíz común, cuatro especies conocidas como Teosintles (*Zea mexicana*), (*Z. luxurians*), (*Z. diploperennis*) y (*Z. perennis*). Es una gramínea anual, robusta, de 1-4 m de altura, determinada, normalmente con un solo tallo dominante, pero puede producir hijos fértiles, hojas alternas en ambos lados del tallo, pubescentes en parte superior y glabras en parte inferior, monoica con flores masculinas en espiga superior y flores femeninas en jilotes laterales; potándrica con la floración masculina ocurriendo normalmente 1-2 días antes que la femenina, polinización libre y cruzada con exceso de producción de polen de 25-30 mil granos por óvulo, granos en hileras incrustados en el olote, mazorca en su totalidad cubierta por hojas; grano tipo cariopsis; metabolismo fotosintético C4 (Kiesselbach, 1949; Purseglove, 1972; Fisher y Palmer, 1984 citados por Fuentes, 2002:11)

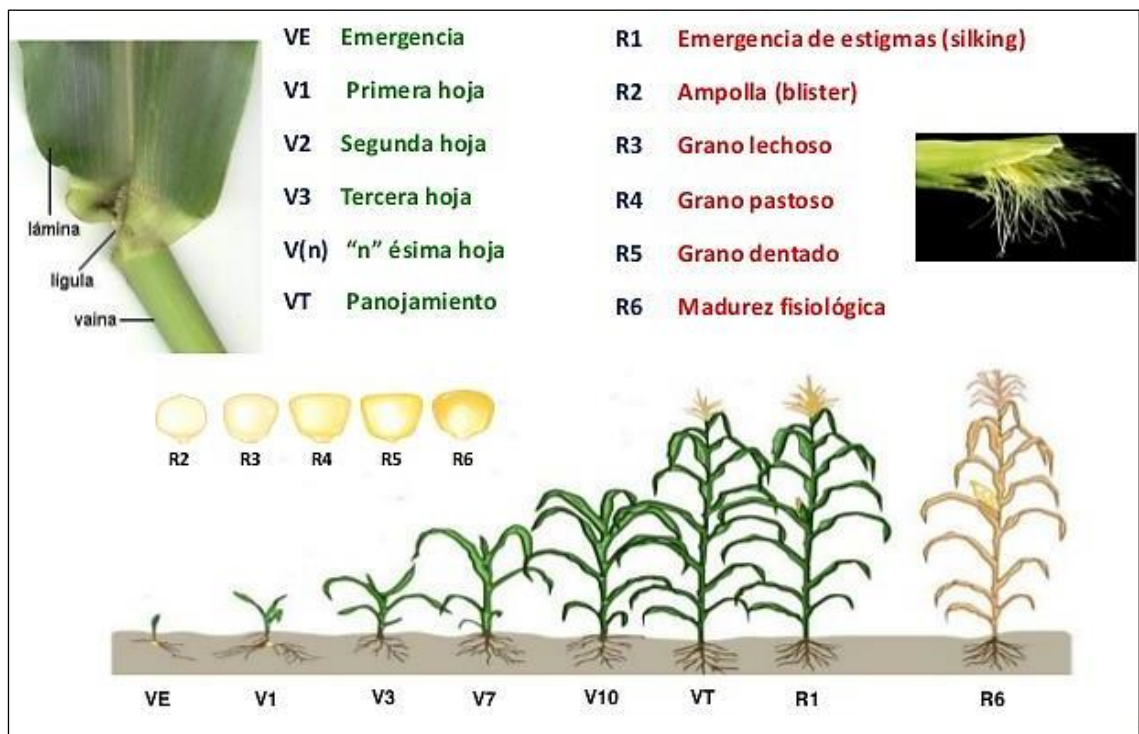
El grano de maíz es una fruta completa (cariópside) con una semilla. La semilla, que consiste fundamentalmente en el embrión y el endospermo, se encuentra incrustada en el pericarpio, que es parte del ovario. En promedio, el pericarpio ocupa 5.5%, el endospermo 82%, el embrión 11.5% y el pedicelo solamente 1% del total, respectivamente. El grano contiene alrededor de 1.5-1.6% de N, 0.3% de P, 0.35% de K, 0.03% de Ca, 0.12% de S, 0.17% de Mg, correspondiente con 75% de carbohidratos, 10% de proteína, 5% de lípidos y 10% de agua. (Kiesselbach, 1949; Purseglove, 1972 citados por Fuentes, 2002:12)

El endospermo que forma la mayor parte del grano 80-85% contiene en su superficie una capa llamada aleurona, cuyo espesor está formado por una célula, capa que es muy rica en proteínas y grasas. El contenido de proteína promedio en el maíz es de 8-10%, aproximadamente la mitad o las tres cuartas partes se hallan en la porción de gluten

corneo. El germen constituye 10-15% del peso del grano, encierra la quinta parte del total de proteínas del grano entero. El maíz contiene cuatro tipos de proteínas: prolaminas, principalmente en forma de zeína, globulina, glutelina y albúmina. La zeína aporta casi la mitad de la proteína total del grano entero y aproximadamente la mitad de las contenidas en el endospermo. Los hidratos de carbono equivalen a 73% del grano de maíz y está formado por hidratos de carbono bajo la forma de almidón, azúcar y fibra (celulosa). El almidón se encuentra principalmente en el endospermo, el azúcar en el germen y la fibra o celulosa en la cubierta (Fuentes, 2002:12)

2.2.4 Fenología de una planta de maíz.

Las fases de desarrollo se pueden agrupar en cuatro grandes períodos, crecimiento de plántulas (etapas VE, V1); crecimiento vegetativo (etapas V2, V3...Vn); floración y fecundación (etapas VT, R0 y R1); llenado de grano y madurez (etapas R2 a R6)



Fuente: Tomado de <https://www.slideshare.net/rubentoleado144/crecimiento-desarrollologeneracion-de-rendimiento-111825951/24>

Figura 14. Escala fenológica de Ritchie y Hanway (1982) para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

El siguiente cuadro ejemplifica las fases y duración del desarrollo de una planta de maíz.

Cuadro 12. Etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

Etapa	DAS*	Características
VE	5	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo.
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta, generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. (La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%)
* DAS: número aproximado de días después de la siembra en tierras bajas tropicales, donde las temperaturas máxima y mínima pueden ser de 33°C y 22°C, respectivamente. En los ambientes más fríos, se amplían estos tiempos.		

Fuente: Tomado de Etapas de crecimiento de maíz. Maíz, CONACYT/CIBIOGEM, Gobierno de México. s.f.

2.2.5 Prácticas agronómicas bajo condiciones del altiplano.

2.2.5.1 Preparación del terreno

Esta práctica varía a través de las localidades ubicadas en la zona de altiplanicie. Esta labor puede ser mecanizada mediante el paso de arado, con tracción animal o una labranza en forma manual (Fuentes, 2002:28) en la comunidad se practica la labranza mínima preparación del suelo a través de tracción animal en franjas o en forma manual.

2.2.5.2 Siembra.

La práctica más común en la comunidad para la siembra del maíz es cavar cuidadosamente con azadón hasta encontrar la humedad residual, separar la tierra seca de la tierra húmeda, depositar el grano y cubrirlo con tierra húmeda desmenuzada. De esta forma que se facilite la germinación del grano (Fuentes, 2002:30). En algunos casos se aplica material orgánico al momento de la siembra.

2.2.5.3 Control de plagas del suelo.

Las localidades ubicadas en el Altiplano presentan similar problemática debido a la presencia de plagas en el suelo, que afectan el comportamiento de la germinación y estado de plántula de la semilla de maíz en las etapas iniciales del ciclo de cultivo y que incide negativamente en disponer de menor población de plantas por unidad de área. Se recomienda realizar la aplicación de un producto químico insecticida que posibilite proteger a la semilla a partir del momento de la siembra y 20-25 días posteriores. Esta práctica favorece a disminuir la pérdida de plantas y favorece a disponer de buen vigor en la germinación. (Fuentes, 2002:30)

2.2.5.4 Distanciamiento de siembra.

Para siembras manuales, las distancias recomendadas son de 75 a 80 centímetros (cm.) entre surcos y 40-50 centímetros por postura, colocando dos y tres granos por postura en forma alterna. (Fuentes, 2002:29)

2.2.5.5 Manejo de la fertilización química.

Inicialmente es deseable disponer de un análisis del suelo para determinar el contenido de los principales nutrientes del terreno. Estos resultados determinarán la mejor fertilización para el terreno seleccionado. Para las condiciones del trópico bajo de Guatemala por varios años se ha evaluado la respuesta del maíz a la fertilización con N, P, K y S, resultando respuestas significativas únicamente al N. Al relacionar los resultados de años anteriores con los análisis económicos, se recomienda de manera aproximada la aplicación de 100 kg de N/ha, 40 kg de P_2O_5 /ha y 0 kg de K_2O /ha, que equivale a la utilización de 4.5 qq de 20-20-0 por manzana, distribuida en dos aplicaciones. Como primera aplicación en los primeros 10 días después de la siembra y 1.5 qq de Urea al 46% a los 35 a 40 días después de la siembra (dds).

Estos niveles posibilitan maximizar los rendimientos del grano de maíz. Es importante indicar que las aplicaciones de los fertilizantes requieren que exista de suficiente humedad en el suelo. (Fuentes, 2002:32)

2.2.5.6 Manejo fitosanitario del maíz.

De acuerdo al crecimiento fenológico del cultivo del maíz, este puede ser afectado por la presencia de plagas, enfermedades y malezas que pueden incidir negativamente, disminuyendo el potencial de rendimiento y productividad del mismo. Es importante conocer la fisiología y fenología de la planta, las relaciones dinámicas entre sus etapas de crecimiento, así como las reacciones negativas o positivas ante la aplicación de los insumos y la implementación de prácticas culturales (Fuentes, 2002:32)

2.2.6 Deficiencias nutricionales

2.2.6.1 Síntomas primarios

A veces el rendimiento puede ser reducido en un 10-30% por carencias de nutrimentos importantes antes de que aparezcan síntomas claros de carencia en el campo. El retraso del crecimiento o cambios de color son los síntomas típicos de deficiencia. Las observaciones de campo, cálculos y análisis del suelo pueden indicar las deficiencias de nutrientes. (CIMMYT, s.f.)

2.2.6.2 Causas de las carencias nutricionales.

Algunas de las causas de las carencias de nutrimentos son debido a que no se aplicó suficiente fertilizante (NPK); el fertilizante aplicado se perdió por lixiviación, escurrimiento o volatilización; se aplica fertilizante cuando el cultivo no puede aprovecharlo bien o cuando el cultivo ya está achaparrado a causa de factores como control inadecuado de malezas; el aniego provoca carencia de N; hay competencia excesiva por los nutrimentos con la maleza o el cultivo intercalado; el pH del suelo hace que ciertos nutrimentos sean inaprovechables. Cuando el pH es de 8, son comunes las carencias de Zn, Fe y Cu; el suelo contiene escasas cantidades de ciertos micro nutrimentos. (Laffite, 1994:68)

Cuadro 13. Síntomas de deficiencia de nutrientes en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

Síntoma	Deficiencia probable	Comentario
Palidez y amarillamiento de las hojas.	Nitrógeno o azufre.	N es más evidente en las hojas viejas, S en toda la planta.
Color púrpura rojizo.	Fósforo.	El color purpura puede ser debido al frío.
Amarillamiento y muerte a lo largo del borde de la hoja.	Nitrógeno o potasio.	El nitrógeno forma una V invertida a partir de la punta de la hoja. La sequía causa síntomas similares.
Bandas cloróticas en las hojas superiores.	Hierro o raramente de cobre.	La clorosis puede ser inducida por alto pH del suelo.
Amplias franjas blancas a lo largo del centro de las hojas nuevas.	Zinc.	
Formación de bandas amarillas (clorosis) en las hojas inferiores.	Magnesio.	

Fuente: Tomado de Evaluación de la respuesta del Cultivo de Maíz (*Zea mays*) a tres programas de fertilización química. Pérez, C. (2015).

2.2.7 Plagas

Dentro de las plagas de mayor importancia económica en el altiplano de Guatemala podemos mencionar la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) (Coleoptera: *Scarabaeidae*), como una de las principales plagas del suelo, el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidoptera: *Noctuidade*) este se alimenta vorazmente del cogollo haciendo agujeros grandes e irregulares y el gusano elotero (*Helicoverpa zea*) (Lepidoptera: *Noctuidade*), esta es una plaga que afecta a ambos órganos sexuales de la planta, el gusano elotero es el insecto que más daño le causa a la mazorca. (Fuentes, 2002:36-38).

2.2.8 Manejo de enfermedades en el cultivo

La incidencia y severidad de las enfermedades en el maíz está relacionada con las condiciones climáticas que rodean al cultivo y al manejo que se provea al mismo. La precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa que favorecen al cultivo también

posibilita el desarrollo de hongos y bacterias del mismo modo el manejo que se le da lo condicionaran para que pueda tolerar o no la incidencia de estas enfermedades. (Fuentes, 2002:38)

2.2.8.1 Complejo de Mancha de Asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl, *Monographella maydis* Müller & Samuels, *Coniothyrium phyllachorae* Maubl.)

El complejo de mancha de Asfalto está conformado por tres especies de hongo (*Phyllachora maydis* Maubl.) Produce lesiones elevadas oscuras, un segundo hongo asociado a la enfermedad es (*Monographella maydis* Müller & Samuels), el cual provoca lesiones alrededor de las producidas por (*P. maydis*). También, en tejido necrótico se puede observar (*Coniothyrium phyllachorae* Maubl), que confiere una textura ligeramente áspera al tejido dañado. (Parbery; Hamlin; Müller y Samuels; Hock *et al.*, citados por Pereyda *et al.*, 2009:512)

2.2.8.2 Tizón foliar (*Helminthosporium maydis*)

El (*H. maydis*) provoca lesiones en el área foliar del maíz que cuando son jóvenes son pequeñas y romboides. A medida que maduran se alargan, pero el crecimiento se ve limitado por las nervaduras adyacentes, de manera que la forma final de la lesión es rectangular de 2-3 cm de largo. Las lesiones pueden fusionarse, llegando a producir la quemadura completa de un área foliar considerable. (Fuentes, 2002:39)

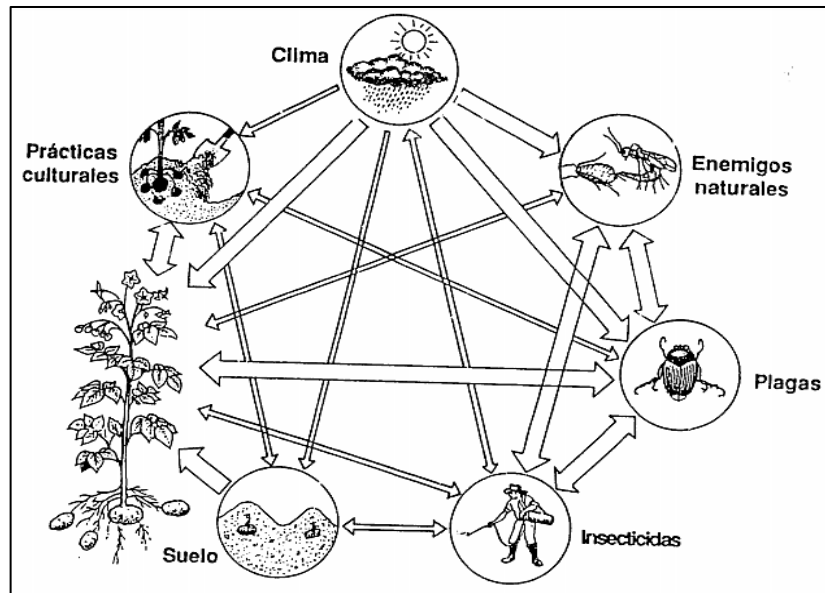
2.2.8.3 Royas del maíz (*Puccinia sorghi*) y (*Puccinia polysora*)

Son diferentes enfermedades que afectan a la parte foliar de la planta de maíz. La (*P. sorghi*), es una enfermedad ampliamente distribuida en las zonas maiceras. La roya común se presenta con mayor incidencia al momento de la floración del maíz. Puede ser reconocida por las pústulas pequeñas y pulverulentas, tanto en el haz como en el envés de las hojas. Estas enfermedades se presentan en las regiones cálidas y húmedas. (Fuentes, 2002:39)

2.2.9 Manejo integrado de plagas y enfermedades.

Es un sistema que trata de manejar las plagas y enfermedades de los cultivos a niveles que no causen daño económico utilizando preferentemente los factores naturales adversos al desarrollo de las plagas y enfermedades, incluido el ciclo de las plagas,

factores de mortalidad natural y en última instancia el uso de insecticidas . (Cisneros, 1992:4)



Fuente: Tomado de El manejo integrado de plagas. Cisneros, H. 1992.

Figura 15. Principales interacciones de un sistema agrícola tomados en cuenta para realizar el MIP.

2.2.9.1 Control químico natural

El uso de las plantas en el control de las plagas se practica desde la antigüedad y forma parte de las tradiciones agrícolas en muchos lugares del mundo. Estas sustancias tienen un amplio espectro de acción y matan insectos beneficiosos tanto como plagas, por lo que hay un grupo de riesgos asociados a éstas que están limitando su uso en los sistemas de producción orgánicos (Dudley, 1988 citado por Pérez & Vázquez, 2001:204). Pero la flora vegetal es muy rica y ofrece amplias posibilidades. (Pérez & Vázquez, 2001:204).

La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal, exhiben un efecto insectistático más que insecticida (Silva et al. 2002 citado por Silva, Lagunes & Rodríguez, 2003:154). Lo que expresa que inhiben el desarrollo y comportamiento de los insectos en lugar de matarlos directamente por sus propiedades tóxicas.

2.2.9.2 Control químico sintético

Es un método que dentro del manejo integrado de plagas (MIP), es considerado el último recurso como medida de emergencia frente a la ecología de una población de insectos

que se ha convertido en plaga. Se inició como respuesta a la deficiencia de la protección de cultivos. Este control se toma en función directa de la plaga, idealizando su máxima mortalidad o erradicación temporal. (Cisneros, 1992:4).

2.2.9.3 Control biológico

La primera definición de control biológico en fitopatología fue acuñada por Baker y Cook en 1974 como "la reducción de la densidad de inóculo o de las actividades inductoras de enfermedad de un patógeno o parásito en su estado activo o dormante, por uno o más organismos, que se logra de manera natural o a través de manipulación del ambiente, el hospedante, el antagonista, o por introducción en masa de uno o más antagonistas". Tiempo después la definición fue cambiada a "La reducción de la cantidad de inóculo o de las actividades inductoras de enfermedad de un patógeno que se logra mediante la acción de uno o más organismos además del hombre" (Cook y Baker, citado por Bautista *et al.* 2008)

2.2.10 Abonos orgánicos

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. Es un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aeróbico o anaerobio, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo. (Libreros, 2012:13)

2.2.11 Bioestimulantes

El término el bioestimulante se refiere a sustancias que a pesar de no ser un nutrimento, un pesticida o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades pequeñas generan un impacto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el desarrollo de los frutos. Esta definición resulta poco específica y ello ha conducido a que en el mercado el término bioestimulante se utilice para describir una amplia gama de productos, que van desde extractos de plantas hasta extractos animales, además combinaciones de estos con productos de reconocida función, tales como nutrimentos, vitaminas o reguladores de crecimiento. (Saborío, 2002:107)

Existen diversos tipos de bioestimulantes, unos químicamente bien definidos tales como los compuestos por aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos. Existen otros más complejos en cuanto a su composición química, como pueden ser los extractos de algas y ácidos húmicos, los cuales contienen los componentes anteriormente citados pero en combinaciones diferentes y en algunos casos con sus concentraciones reportadas en rangos y no con valores exactos. (Saborío, 2002:107)

El efecto de los bioestimulantes va a depender de su composición y tal como se expuso anteriormente esta presenta una gran diversidad. Si se excluye el efecto de componentes de acción conocida como los reguladores de crecimiento (auxinas, citoquininas, etileno, etc.) el modo de acción de los bioestimulantes puede explicarse de diferentes maneras:

Al aplicar bioestimulantes formulados a base de aminoácidos se sule a la planta con estos bloques estructurales (aminoácidos). Esto favorece el proceso de producción de proteínas con lo que se produce un ahorro de energía que la planta puede dirigir hacia otros procesos tales como floración, cuajado y producción de frutos. Este ahorro de energía tiene un valor especial cuando estos productos son aplicados en un momento en el cual el cultivo está debilitado por alguna condición extrema como un estrés hídrico, una helada, ataque de una plaga, un trasplante, el transporte de una localidad a otra, enfermedades y/o efectos fitotóxicos tales como la aplicación indebida de productos fitosanitarios, etc. (Saborío, 2002:117)

Se sugiere que las plantas tratadas con bioestimulantes son más resistentes a los insectos, posiblemente porque ellas son más vigorosas, y pueden producir más de los compuestos defensivos (los cuales son energéticamente caros) como los polifenoles. (Saborío, 2002:119)

2.2.12 Microorganismos de Montaña (en adelante MM)

2.2.12.1 Aspectos generales.

Las comunidades microbianas en los suelos se consideran vitales para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas (Young y Crawford; Barrios; Van der Heijden et al.; Eisenhauer et al.; Mendes et al.; Chaparro et al.; citados por Castro et al. 2015:23), donde son responsables de funciones tales como: las transformaciones de carbono, el ciclaje de nutrientes, el mantenimiento de la estructura del suelo y la regulación de las poblaciones

biológicas. (Castro et al.; Singh et al.; Kibblewhite et al.; citados por Castro et al. 2015:23). En los agrosistemas estas funciones tienen una influencia permanente sobre la salud y la productividad de los cultivos (Castro et al. 2015:23).

Torsvik y Øvreås; Kibblewhite et al. citados por Castro et al. (2015:23) destacan que la diversidad microbiana y los procesos en el suelo son llevados a cabo por “consorcios microbianos” cuya característica principal es la diversidad funcional más que la de grupos taxonómicos, por lo que las funciones individuales en estos consorcios quedan traslapadas, este hecho es de gran importancia para la estabilidad y resiliencia del ecosistema suelo.

La elaboración de microorganismos de montaña (MM) se fundamenta en la tecnología desarrollada en los años 80 por el japonés Dr. Teruo Higa, conocida como Microorganismos Eficientes (EM) (Mayera et al. citado por Castro et al. 2015:23)

Los MM contienen un promedio de 80 especies de microorganismos de unos 10 géneros, que pertenecen básicamente a cuatro grupos (Medina y Talavera, 2014:18), todos ellos son mutuamente compatibles entre sí y pueden coexistir en un cultivo mixto (Higa y Farr; Szymanski y Patterson; Diver, citados por Cruz, 2012:23). Estos cumplen distinta función y se describe a continuación según Paniagua, citado por Medina y Talavera (2014:18).

Bacterias fotosintéticas como (*Rhodopseudomonas palustris*) y (*Rhodobacter spaeroides*) que utilizan la energía solar en forma de luz y calor, y sustancias producidas por las raíces, para sintetizar vitaminas y nutrientes. Cuando se establecen en el suelo, producen también un aumento en las poblaciones de otros microorganismos eficaces, como los fijadores de nitrógeno, los actinomicetos y las micorrizas (hongos).

Actinomicetos como (*Streptomyces albus*) y (*S. griseus*) hongos benéficos que controlan hongos y bacterias patógenas (causantes de enfermedades), de manera que la tierra que causa enfermedades se convierte en tierra que suprime enfermedades, y que dan a las plantas mayor resistencia frente a estos a través del contacto con patógenos debilitados.

Bacterias productoras de ácido láctico como (*Lactobacillus plantarum*, (*L. casei*) y (*Streptococcus lactis*). El ácido láctico es un potente esterilizador posee la propiedad de controlar la población de algunos microorganismos perjudiciales como el hongo (*Fusarium*

sp.) Producen ácidos a partir de azúcares y otros carbohidratos provenientes de las bacterias fotosintéticas y las levaduras. Además, mediante la fermentación, promueven la descomposición de materia orgánica como la lignina y la celulosa, y aumenta el contenido de humus, esto ayuda a mejorar el crecimiento de las plantas y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica.

Levaduras como (*Saccharomyces cerevisiae*) y (*Candida utilis*), estas bacterias utilizan sustancias que producen las raíces de las plantas y otros materiales orgánicos, para sintetizar vitaminas y activar otros microorganismos del suelo.

2.2.12.2 Ventajas de los MM en la agricultura

Los MM son un producto de fabricación artesanal de bajo costo, que no requiere medios de crecimiento sofisticados para el escalamiento y que pretende aprovechar la diversidad microbiana tanto taxonómica como funcional, de las comunidades de microorganismos nativos de zonas boscosas, para luego incorporarlos en las unidades de producción agrícola. Entre los usuarios de este tipo de tecnología se acepta que la mejor fuente de inóculo son los bosques cercanos a los sitios de producción agrícola, ya que presentan microorganismos adaptados a las condiciones de la zona. Existe poca literatura que respalde las respuestas positivas del uso de este tipo de inóculo en la producción, se destaca el aporte de Restrepo y Hensel (Castro et al. 2015:23).

2.2.12.3 Mecanismos de acción de los MM

Según Silva, citado por Medina y Talavera (2014:18), reporta que los MM generan un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando así la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.

La aplicación de MM incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar. (Medina y Talavera. 2014:19).

En aspersiones foliares, la aplicación de MM se utiliza para mejorar el crecimiento del follaje y de esta manera aumentar el área fotosintética, lo que se va a traducir en una mayor elaboración de nutrimentos para la planta y por ende en un incremento de su productividad, además se ha comprobado que algunos microorganismos presentes en los MM asperjados al follaje, son capaces de proteger a las plantas del ataque de determinados patógenos (Peñañiel y Donoso, citados por Medina y Talavera. 2014:19).

2.2.12.4 Antecedentes del uso de MM

Según Umaña et. al. (2017:136-137) los MM con dos semanas de fermentación aplicados al suelo en el cultivo de Culantro (*Coriandrum sativum*) y espinaca (*Spinacia oleracea*) aumentaron la actividad microbiana y la respiración del suelo, se obtuvo un aumento de 128% respecto del control, también se observó un valor más alto de carbono orgánico respecto del testigo. Se presentó una mayor CIC y microelementos como P^{+5} , Fe^{3+} y Zn^{2+} se presentaron significativamente en niveles más altos que en el control, mientras que K^{+} y Mg^{2+} no variaron significativamente entre el control y los tratamientos. Otros aspectos evaluados como la retención de agua y la textura del suelo no tuvieron diferencia significativa.

En relación al suelo, Orbe (2017:17-18) indica también que la aplicación de MM influyó en la modificación de algunas características químicas del suelo para un periodo de cultivo de 30 días. Estas modificaciones se expresaron en la disminución de pH, el incremento en las proporciones de P. En el caso de las bases K, Mg, Na aumentaron esto se atribuye a la forma de preparación en la que se incluyó ceniza y la disminución de Ca que se debe a que el biofertilizante no aportó este elemento.

El efecto de MM en la proporción de estas características químicas podría cambiar si el tiempo de investigación se extiende a más de 30 días en varios ciclos de cultivo. Es importante mencionar que en el análisis de suelos posterior al cultivo realizado por Orbe, (2017:18) el análisis mostró un aumento de dos mg de P. Este incremento pudo haberse dado por procesos metabólicos principalmente de bacterias y en menor grado por acción de hongos los cuales solubilizan nutrientes de la materia orgánica generando compuestos fosforados. (Pineda 2014 citado por Orbe, 2017:17)

Campo et al. (2014:86,84) Indica que los organismos aceleran el proceso de mineralización de la materia orgánica, en la investigación empleada en acelga se obtuvieron mejoras en cuanto a materia orgánica aumentando de 6,3 al 12,8%, favoreciendo el desarrollo del cultivo y aumentando la dinámica de nutrientes, mejoró la calidad del suelo evaluado, ya que provocó cambios en su fertilidad (vista como contenido de materia orgánica) e incremento el pH y el contenido de nitrógeno.

En relación al desarrollo vegetativo Umaña et al. (2017:137,142) Observó un aumento del 150% en ancho y largo de las hojas de culantro y un 200% en espinaca, también observó un aumento en relación a peso seco de 1000% en culantro y 350% en espinaca. Indica que el efecto de MM sobre el sistema edáfico productivo es altamente beneficios, se reflejó no solo en cambios a nivel del suelo, sino en la respuesta de las plantas a una dinámica más acelerada de los microorganismos ejerciendo una mejor actividad biológica y fisiológica. En el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) Milian et. al. (2014) obtuvieron resultados significativos en la longitud de la panícula y número de granos por panícula cuando se aplicaron microorganismos eficientes de tipo comercial (ME-50) de forma foliar.

En el cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.), también se obtuvieron resultados positivos al aplicar MM (27.20 ml de solución por m²), Orbe (2017:18) indica que el cultivo manifestó un mejor desarrollo vegetativo, un mayor ancho y largo de hojas y bulbo. También hubo un mayor peso del bulbo, 148% más que en el control.

Medina y Talavera (2014:25-34) indican también que aplicaciones foliares de MM en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) presentaron altos promedios en la floración y número de frutos cosechados por planta, pero únicamente las variables de número de frutos y diámetro de frutos cosechados presentaron diferencia significativa estadística.

En relación al rendimiento, los promedios más altos obtenidos en el peso de las semillas y número de semillas por mazorca, peso fresco de las mazorcas y estimación de rendimientos por hectárea se presentaron por uso del tratamiento MM con sales (1.5 litros de solución/planta), existiendo diferencias significativas estadísticamente para todas las variables a excepción de número de semillas por mazorcas. (Medina y Talavera, 2014:36)

En otra investigación realizada en una planta de ciclo corto, acelga (*Beta vulgaris var. cicla*), Campo et. al. (2014:85) determina que los microorganismos capturados en un sistema potrero y café fueron los que presentaron mayor eficiencia en las plantas de acelga aplicados dos veces por semana, estos tratamientos presentaron mayor altura, diámetro y vigor y menor incidencia de plagas, a pesar de no darle las condiciones de abonamiento y fertilización al cultivo con respecto al testigo. El mejor rendimiento obtenido estuvo en 391 g. frente a 196 g. del control.

Finalmente Medina y Talavera (2014:36) indican que la relación costo beneficio fue mayor en el control que con la aplicación de tratamientos en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). En el caso de arroz (Milian et. al. 2014:334) la relación costo beneficio tuvo mayor efectividad en las parcelas tratadas con MM. Para la investigación realizada en rábano se obtuvo una rentabilidad mayor que en el control con una relación costo beneficio de 1.5 y 0.61 para el control.

Se demostró también que la aplicación de MM (ME-50) disminuyó los niveles de infestación con una efectividad técnica de 82%, las larvas de (*Lissorostus brevis* Suffrian) de 0,32 larvas por plantón hasta 0,03 larvas por plantón (Milian et. al. 2014:335). En otro ensayo realizado en acelga las plantas tuvieron menor incidencia plagas con 0%, a lo mejor dado por que en los sistemas de donde se extrajeron los MM, potrero y café, se encuentra una alta población de bacterias ácido lácticas, que limitan los microorganismos nocivos para las plantas, a largo plazo pueden desarrollar en la planta una resistencia sistémica gracias a las bacterias ácido lácticas y levaduras que sintetizan diferentes compuestos antimicrobiales que inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos y por tal motivo se pueden incluir dentro de un manejo integrado, lo que les permite ser más tolerantes frente a ataques de insectos o presión de patógenos. (Campo et. al. 2014:85)

2.2.13 Trichoderma harzianum (en adelante Th)

2.2.13.1 Aspectos generales.

El género *Trichoderma* está compuesto por un grupo de especies de hongos saprofitos del suelo y de la madera (Jensen y Wolffhechel, citados por Cubillos et al., 2009:81) y es ampliamente conocido por el efecto antagónico contra un amplio rango de fitopatógenos. Debido a su ubicuidad, facilidad de aislamiento y cultivo, crecimiento rápido en un gran

número de sustratos, y al hecho de no atacar a las plantas superiores. Diferentes especies de (*Trichoderma*) son utilizadas para el control de hongos patógenos del suelo, principalmente de los géneros *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Colletotrichum*, *Pythium* y *Fusarium*, entre otros (González *et al.*, citados por Cubillos *et al.*, 2009:81)

Además del efecto biocontrolador de patógenos, se ha comprobado que la inoculación de (*T. harzianum*) aporta otros beneficios a las plantas; a través de la descomposición de materia orgánica, libera nutrientes en formas disponibles para la planta y presenta actividad solubilizadora de fosfatos , por lo cual se utiliza frecuentemente como un organismo biofertilizante en diferentes productos comerciales; promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal; tiene la capacidad de multiplicarse en el suelo y colonizar las raíces de las plantas liberando factores de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) que estimulan la germinación y el desarrollo de las plantas (Howell; Godes; Valencia *et al.*; Valero; Vera *et al.*; Moreno *et al.*; Sutton y Peng ; Altomare *et al.*, citados por Cubillos *et al.* 2009:82).

Se ha reportado la producción de ácido 3-indol acético (AIA), sustancia que actúa como hormona vegetal favoreciendo el desarrollo del sistema radical, entre otros beneficios. Estas sustancias producidas por (*T. harzianum*) actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de la planta, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas se desarrollen más rápido en comparación con plantas que no han sido tratadas con dicho microorganismo, (*T. harzianum*) también ha sido reportado como promotor del crecimiento vegetal en cultivos de berenjena, arveja, frijol, café, tomate, papa, especies forestales, entre otros (Valencia *et al.*; Zambrano; Börkman *et al.*; Dandurand y Knudsen, citados por Cubillos *et al.* 2009:82).

2.2.13.2 Taxonomía.

Según Agrios (1995) citado por Amboya (2012:6), se describe el género de la siguiente manera:

Cuadro 14. Descripción taxonómica del hongo (*Trichoderma harzianum*)

Reino:	<i>Mycetae</i>
División:	<i>Eumycota</i>
Subdivisión:	<i>Deuteromycotina</i>
Clase-forma:	<i>Hyphomycetes</i>
Orden-forma:	<i>Hyphales (Moniliales)</i>
Género-forma:	<i>Trichoderma</i>
Especie:	<i>Harzianum</i>

2.2.13.3 Morfología.

El género (*Trichoderma*) en su estado vegetativo presenta micelio con septos simples. Las especies son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucano. Se reproducen asexualmente por conidios. Presentan conidióforos hialinos ramificados, fiálides simples o en grupos, conidios de 3 a 5 μm de diámetro, generalmente ovalados, unicelulares, coloreados (usualmente verdes); de rápido desarrollo en medios sintéticos. Tiene la capacidad de producir clamidosporas en sustratos naturales que son unicelulares, pero pueden unirse entre dos o más. Estas estructuras son de vital importancia para la sobrevivencia del género en el suelo bajo condiciones adversas. (Harman, citado por Companioni, et al. 2019:239)

2.2.13.4 Ecología.

El género *Trichoderma* está compuesto por hongos que se encuentran presentes en forma natural en casi todos los suelos y otros hábitats del planeta (Fernández, citado por Amboya, 2012:8).

Los hongos de los géneros (*Aspergillus*), (*Chaetomium*), (*Curvularia*), (*Fusarium*), (*Memnoniella*), (*Phoma*), (*Thielariopsis*) y (*Trichoderma*) son los principales causantes de la degradación de la celulosa en suelos húmedos (Alexander, citado por Amboya, 2012:8)

2.2.13.5 Capacidad antagonista y estimuladora.

La capacidad antagonista y estimuladora de (*Trichoderma*) es altamente variable, se demostró que de 255 aislamientos obtenidos de diferentes lugares, solo el 15% fue efectivo en el control de una enfermedad fungosa y que las cepas nativas de un lugar son

más eficientes que las importadas. (Mihuta-Grimm y Rowe citados por Martínez, Infante y Reyes, 2013:3)

Entre las características antagonistas y estimuladoras se encuentran: antibiosis, competencia (por espacio y nutrientes), micoparasitismo, desactivación de enzimas de los patógenos y otros. También Harman y Vinale et al, citados Martínez, Infante y Reyes, (2013:3) informaron nuevos mecanismos con los cuales (*Trichoderma*) ejerce su acción como antagonista y colonizador de las raíces, como son:

- Aceleración del desarrollo del sistema radicular que posibilita la tolerancia al estrés por parte de la planta.
- Solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos.
- Estimulación del crecimiento vegetal.
- Inducción de resistencia.

Estos actúan indirectamente sobre los patógenos, ya que su acción es elicitar o impulsar mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos en la planta. El estudio de estos modos de acción en condiciones de campo es complejo, pues *Trichoderma* es un hongo cuyo hábitat es el suelo y la mayoría de estos procesos se efectúan en la rizosfera. (Martínez, Infante y Reyes, 2013)

2.2.13.6 Competencia.

Un factor esencial para que exista competencia es la escasez o limitación de un requerimiento (espacio y/o nutrientes), por lo que competencia puede definirse como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de ellos, reduzca la cantidad necesaria para los demás. (Martínez, et al. 2013:3)

La presencia de (*Trichoderma*) en suelos agrícolas y naturales en todo el mundo es una evidencia, de que es un excelente competidor por espacio y recursos nutricionales (Hjeljord y Tronsmo, citados por Martínez, et al. 2013:3), y de su plasticidad ecológica (Infante, citado por Martínez, et al. 2013:3). La competencia por nutrientes de (*Trichoderma*), es principalmente por carbono, nitrato y hierro (Sivan y Chet, citados por Martínez, et al. 2013:3). De forma general, entre las cualidades que favorecen la

competencia de este antagonista se encuentra, la alta velocidad de crecimiento que posee gran parte de sus aislamientos y la secreción de metabolitos de diferente naturaleza, que frenan o eliminan a los competidores en el microambiente. Este modo de acción influye en «bloquear el paso» al patógeno y resulta importante para la diseminación del antagonista. (Martínez, et al. 2013:4)

2.2.13.7 Micoparasitismo

Este es un proceso complejo en la interacción antagonista-patógeno, que ocurre en cuatro etapas: Crecimiento quimiotrófico donde (*Trichoderma*) puede detectar a distancia a sus posibles hospedantes (Vinale et al., citados por Martínez, et al. 2013:4), Reconocimiento: Se considera que existe una alta especificidad del antagonista por su sustrato (Hoyos et al., citados por Martínez, et al. 2013:4), Adhesión y enrollamiento: Ocurre por la asociación de un azúcar de la pared del antagonista con una lectina presente en la pared del patógeno (Chet y Benhamou citados por Martínez, et al. 2013:4) y Actividad lítica: Producción de enzimas líticas extracelulares, fundamentalmente quitinasas, glucanasas y proteasas, que degradan las paredes celulares del patógeno y posibilitan la penetración de las hifas de (*Trichoderma*) (Küçük y Kivanç, citados por Martínez, et al. 2013:4). El micoparasitismo concluye con la pérdida del contenido citoplasmático de la célula hospedante, mostrando síntomas de disgregación (Nico et al., citados por Martínez, et al. 2013:3).

2.2.13.8 Antibiosis

Los metabolitos con actividad antifúngica secretados por (*Trichoderma*) constituyen un grupo de compuestos volátiles y no volátiles, muy diverso en cuanto a estructura y función. Muchas cepas de (*Trichoderma*) producen estos metabolitos secundarios, algunos de los cuales inhiben otros microorganismos, con los que no se establece contacto físico y estas sustancias inhibitorias fueron considerados «antibióticos» (Hjeljord y Tronsmo; Dennis y Webster, citados por Martínez, et al. 2013:4).

2.2.13.9 Desactivación de enzimas de patógenos.

Se supo que (*T. harzianum* T39), secreta una proteasa que degrada las enzimas que utiliza (*B. cinérea*) para atacar la pared celular de las plantas (Harman et al., citados por Martínez, et al. 2013:5), mientras que (*T. viride*) produjo α -glucosidasa para degradar una

fitotoxina de (*R. solani*) (Howell, citado por Martínez, et al. 2013:5). Es posible que el potencial enzimático de (*Trichoderma*) para detener el proceso infeccioso de los patógenos sea mucho mayor, pues este controlador biológico secreta más de 70 metabolitos, entre ellos: sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas. (Martínez, et al. 2013:5)

2.2.13.10 Inducción de resistencia.

Estudios recientes a niveles celular y molecular explican la diversidad de vías y mecanismos de acción de este hongo (Harman, et al., citados por Martínez, et al. 2013:5). Según este autor, se descubrió, que algunas cepas de (*Trichoderma*) pueden activar un mecanismo nativo de defensa en las plantas, conocido como Inducción de Resistencia Sistémica (por sus siglas en inglés IRS). Esto supone que puedan controlar a patógenos distantes del lugar donde se encuentra físicamente el antagonista. (Shoresh, Harman y Mastouri, citados por Martínez, et al. 2013:5)

2.2.13.11 Aplicación de aislamientos de Trichoderma bajo diferentes condiciones.

En la práctica se deben tener en cuenta aquellos aspectos, que permitan la expresión de los mecanismos de control de la cepa, y que se relacionan con la interacción planta - fitopatógeno susceptible - ambiente favorable (temperatura, humedad, presencia de oxígeno, pH), condiciones del suelo (estructura, contenido de materia orgánica y nutrientes) y horario de aplicación. (Martínez, et al. 2013:7)

Los productos a partir de cepas seleccionadas de (*Trichoderma*) pueden ser aplicados bajo diferentes condiciones.

Así por ejemplo, (*Trichoderma*) puede ser inoculado al sustrato para semilleros o directamente al suelo en semilleros a campo abierto. Este tipo de tratamiento ofrece incluso una protección mayor a los cultivos. También puede mezclarse con abonos orgánicos (estiércol, casting y biotierra) y otras enmiendas utilizadas como biofertilizantes, tal como se hace con inoculantes bacterianos usados como fertilizantes ecológicos. (Martínez, et al. 2013:7)

El tratamiento de la semilla con (*Trichoderma*) se emplea para el combate de hongos fitopatógenos, con los objetivos de disminuir la infestación natural acompañante de la

misma, y darle protección en el nicho, al ser sembrada la semilla. Esta variante es muy utilizada por ser rápida, de fácil realización y economizar tiempo y recursos. En el proceso, es importante tener en cuenta la textura de las semillas y la incorporación de un adherente, para asegurar el recubrimiento de estas con la dosis recomendada del producto. (Martínez, et al. 2013:7)

En un estudio realizado con (*Trichoderma* spp.) Para el control de (*Meloydogyne* spp.) Se encontró que mientras se realizaban aplicaciones para el control del nematodo, (*Trichoderma*) produjo metabolitos estimuladores de crecimiento vegetativo, los incrementos se observaron en las variables morfológicas, fisiológicas y productoras del cultivo de tomate con el mejor rendimiento en 47.05 t/ha sobre el control 26,81 t/ha. Las alternativas empleadas para el control de (*Meloydogyne* spp.) permitieron obtener una producción mayor al 30% lo que justifica los costos de producción. (Baños et al. 2011:229-231)

Un ensayo realizado con maíz dulce (*Zea mays*) demostró diferencia significativa en el aumento de la longitud, diámetro de la mazorca y peso seco de la raíz. (Castillo, R. 2007:4-5) a causa de las propiedades estimuladoras. Los mismos resultados se obtuvieron al realizar aplicaciones de (*T. harzianum*) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) donde al ser aplicado en semillero, trasplante y 15 días después del trasplante fue capaz de estimular el crecimiento tanto de la parte aérea como de la raíces aumentando la capacidad de las raíces en aprovechar los nutrientes agua, y a su vez, disminución en la aplicación de fertilizantes, lo que pudiera verse reflejado en un mayor rendimiento, en comparación con el control (Jiménez, C. 2011:7).

En otro estudio similar realizado en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por Rojas, N. (2014:31) indica que (*Trichoderma harzianum*) en dosis de 1, 2 y 5 kg/ha incrementó el rendimiento de fruto en el cultivo de tomate, incrementaron la altura de la planta en aproximadamente 0.20 m en relación al testigo sin aplicación alguna, favoreció también un desarrollo significativo de raíces en plantas de tomate. Y al utilizar la dosis de 1kg/ha se obtuvo una rentabilidad de 3.55 en relación a 2.79 del control.

Recinos (2015:27-32) evaluó varias aplicaciones de (*T. harzianum*), también en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) los resultados indican que las aplicaciones edáficas

cada 3 semanas mostraron los mejores resultados en relación al peso de masa radicular con valores de 8067.51 g frente al control con 6570.38 g, se observó también un mejor desarrollo del tallo, en cuanto al rendimiento se observa una diferencia significativa en las plantas tratadas, con un rendimiento total de 21.67 kg/m² en comparación con 16.33 kg/m² del control, este hongo comúnmente es utilizado como controlador biológico y segrega alrededor de 70 metabolitos cuando actúa sobre fitopatógenos, dentro de estos metabolitos se encuentran estimulantes que son los que promueven estas diferencias morfológicas favorables para la planta. Esta prueba mostró una relación costo benéfico de 1.78 frente a 1.35 del control, reflejando un mayor porcentaje de rentabilidad.

Marroquín, (2016:69) empleo (*T. harzianum*) en concentraciones de 5.2×10^{10} UFC, quince días después de la siembra en una leguminosa (*Phaseolus vulgaris* L.) para determinar el efecto que este hongo pudiera ejercer sobre el crecimiento radicular y el rendimiento, los resultados demostraron un rendimiento por planta de ejote francés de 470.43 gramos frente a 214.85 gramos por planta del control, debido a que este hongo no solo coloniza con facilidad el sistema radicular, sino también produce hormonas vegetales, incrementa la descomposición de la materia orgánica, haciendo disponible los nutrientes para las plantas y mejorando la capacidad de absorción de agua debido a que provoca la expansión del sistema radicular.

En relación a la raíz se obtuvo un peso de 10.86 gramos que difiere significativamente del control con un peso de 8.70 gramos. Sin embargo, la cantidad de nodulaciones características de las leguminosas disminuyó drásticamente pues el promedio de nodulaciones en plantas donde se aplicó (*T. harzianum*) fue de 21 mientras que en el control fue de 195 nódulos, lo que refleja el efecto antagonista que ejerce (*T. harzianum*) sobre otros organismos, inhibiendo el crecimiento de nódulos (Marroquín, 2016:70-74), en otros casos como en el mencionado por Badar y Qureshi, citados por Marroquín (2016:76) mencionan que su acción fue complementaria con *Rhizobium* en (*Vigna mungo*). Ellos reportan que incrementan el valor de los parámetros de crecimiento.

Otra investigación realizada en leguminosas muestra resultados similares al aplicar (*Trichoderma*) y otros productos estimulantes en diferentes dosis. El (*Trichoderma*) fue utilizado en una dosis de 10^8 UCF mL⁻¹ en 4 aplicaciones, los resultados obtenidos

muestran que la aplicación promovió el crecimiento del frijol común, el tamaño general, el área foliar, el área de la raíz y el número de raíces laterales en comparación con las plantas cultivadas sin presencia de hongos. En relación al rendimiento (*Trichoderma*) presentó una mejora en el rendimiento aunque de acuerdo a los resultados (*Trichoderma*) aplicado por sí solo no fue tan eficiente en comparación a la aplicación en conjunto con otros. (Calero, Pérez y Quintero, 2018:62-68)

Otras aplicaciones realizadas en laboratorio en maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener) con las cepas TCC-005 (comercial) y TCN-014 (nativa) de (*T. harzianum*) y tres concentraciones del inóculo (10^4 , 10^6 y 10^8 conidios/mL). Donde cada unidad experimental fue inoculada con 1 mL de la suspensión de (*T. harzianum*), demostraron resultados positivos en la germinación, además de un efecto antagónico reportado contra (*F. oxysporum*) y (*F. solani*), causantes de la secadera del maracuyá, por parte de las cepas nativa (TCN-0014) y comercial (TCC-005) de (*Trichoderma harzianum*). (Cubillos, et al. 2009:82)

En este caso los resultados indican similitud con los cultivos mencionados anteriormente pues ambas cepas tienen un efecto estimulador de la germinación in vitro de semillas de maracuyá, pero la inoculación con la cepa nativa mejora los resultados en porcentaje de germinación, aumenta la velocidad de germinación y disminuye el tiempo promedio de germinación hasta 3 días. Igualmente las dos cepas evaluadas promovieron significativamente el desarrollo de las plántulas, con importantes incrementos en todas las variables evaluadas, sobresaliendo el efecto sobre la biomasa total y la longitud de raíces. Sin embargo, la cepa nativa presenta un efecto superior en todas las variables con respecto a la cepa comercial; este hecho indica la conveniencia de usar microorganismos locales para la elaboración de productos biofertilizantes, biopromotores o biocontroladores, dada su mejor adaptación a las condiciones climáticas y edáficas de la zona agroecológica donde se esperan aplicar en condiciones de campo. (Cubillos, et al. 2009:85)

2.2.14 Bacillus pumilus

2.2.14.1 Aspectos generales.

Las poblaciones de bacterias en el suelo no se distribuyen al azar. Factores como la composición de los suelos, la materia orgánica, el pH, el agua y la disponibilidad de

oxígeno, junto con la planta huésped, desempeñan un papel importante (Alexander, citado por Calvo et al. 2010:31). La concentración de bacterias por gramo de suelo que se haya alrededor de las raíces de las plantas en la llamada rizósfera es mucho mayor que en el resto del suelo (Lynch, citado por Calvo et al. 2010:31), esto se puede deber a los altos niveles de nutrientes que se hayan en la zona que rodea a las raíces que permiten el desarrollo de poblaciones microbianas (Glick, citado por Calvo et al. 2010:31)

El género (*Bacillus spp.*) comprende una amplia diversidad de tipos fisiológicos, donde se destacan características como la degradación de la mayoría de los sustratos derivados de plantas y animales, incluyendo celulosa, almidón, pectina, proteínas, agar, hidrocarburos y otros; además su capacidad para la producción de antibióticos, la nitrificación, la desnitrificación, la fijación de nitrógeno, la litotrofía facultativa, la acidofilia, la alcalofilia, la psicofilia, la termofilia y el parasitismo, ejemplifican su capacidad de sobrevivir en diversos ambientes. (Claus y Berkeley, citados por Tejera, et al., 2011:132)

2.2.14.2 Taxonomía.

(*Bacillus pumilus*) fue descrita por primera vez por Meyer y Gottheil en 1901. Es conocida también por los nombres de (*Bacillus aminoglucosidicus*) o (*Bacillus mesentericus*).

Skerman et al. 1989, citado por García (2015:16) la describe taxonómicamente de la siguiente manera:

Cuadro 15. Taxonomía del género (*Bacillus spp.*)

Dominio:	<i>Bacteria</i>
Filo:	<i>Firmicutes</i>
Clase:	<i>Bacilli</i>
Orden:	<i>Bacillales</i>
Familia:	<i>Bacillaceae</i>
Género:	<i>Bacillus</i>

Fuente: Tomado de Skerman et al. 1989, citado por García (2015:16)

2.2.14.3 Biología.

Es una bacteria esporulante, aerobia o anaerobia facultativa, Gram-positiva, con un bajo contenido en Guaninas y Citocinas en su genoma. Es una especie considerada mesófila (Coorevits et al. citados por García, 2015:16) aunque también existen cepas que pueden ser termófilas y alcalófilas. (Moallic et al. citado por García, 2015:16). Morfológicamente, (*B. pumilus*) crece como una colonia lisa que se vuelve amarilla conforme avanza el tiempo de incubación. Es una especie móvil (posee flagelo), β -hemolítica en agar sangre, catalasa positiva, tolerante a las sales y susceptible a la penicilina (Tena et al; Porwal et al. citados por García, 2015:16)

Es considerada una bacteria no patógena para humanos, pero debido a su producción de hemolisinas se la considera una bacteria patógena oportunista. La infección humana por (*B. pumilus*) es excepcional (Porwal et al. citado por García, 2015:17).

Se considera como una bacteria presente en la naturaleza, comúnmente aislada de una gran variedad de fuentes ambientales; incluso en sitios poco comunes para el aislamiento de microorganismos como el interior de basalto del desierto de Sonora (Benardini et al. citado por García, 2015:17)

2.2.14.4 Ecología

Ecológicamente, (*B. pumilus*), al igual que otras bacterias de su género, mantiene relación endofítica con ciertas plantas, favoreciendo el crecimiento y desarrollo, y dando protección contra otros organismos del suelo que causan enfermedades, como hongos del género *Fusarium* (Benhamou et al. citado por García, 2015:17) y *Rhizoctonia* (Cottyn et al., citado por García, 2015:17).

(*B. pumilus*) al ser una especie esporulante, puede permanecer en estado de inactividad durante largos períodos de tiempo cuando las condiciones ambientales son desfavorables y luego volver a germinar y a formar una célula vegetativa (Nicholson et al., citado por García, 2015:17).

Sus esporas son resistentes al calor, desecación, radiación UV, radiación γ , H₂O₂ y a la escasez de nutrientes. (Gioia et al., citado por García, 2015:17)

2.2.14.5 Mecanismo de acción de (*Bacillus pumilus*)

2.2.14.5.1 Control de hongos y bacterias.

Algunas cepas de (*B. pumilus*) tienen actividad fungicida y han sido utilizadas como agentes de control biológico de hongos fitopatógenos. La propiedad de estas cepas para producir metabolitos extracelulares antifúngicos es una de las más explotadas, ya que inhiben el crecimiento del micelio y la producción de micotoxinas de muchas especies de hongos como (*Aspergillus*), (*Penicillium*) y (*Fusarium*), causantes de grandes pérdidas económicas en los cultivos a nivel mundial (Munimbazi y Bullerman, citados por García, 2015:20).

Se han descrito cepas de (*B. pumilus*) activas contra (*Mucoraceae*) y (*Aspergillus*) (Bottone y Peluso, citados por García, 2015:21), (*Phytophthora capsici*), (*Verticillium dahliae*), (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) (*Rhizoctonia solani*), (*Phytophthora parasítica*) y (*Ralstonia solanacearum*) (Mei et al. citados por García, 2015:21).

Muchas cepas de (*B. pumilus*) han sido patentadas con diferentes aplicaciones como por ejemplo la producción de metabolitos y antibióticos, han sido patentada por sus propiedades fungicidas frente a ciertos patógenos específicos de plantas (Lehman et al. citado por García, 2015:22).

2.2.14.5.2 Control de insectos.

Tradicionalmente, (*B. pumilus*) no ha sido considerada una especie entomopatógena. A pesar de la gran diversidad de actividades biológicas útiles que se han demostrado, sus aplicaciones se han centrado en el uso de bioplagicidas para la prevención y tratamiento de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, principalmente en las raíces de ciertos cultivos. (García, 2015:22)

Sin embargo, estudios demuestran la patogenicidad de cepas de (*B. pumilus*) contra insectos (Heins et al.; Eryurk et al.; Molina et al.; Yaman et al., citados por García, 2015:22)

En otro estudio, un *Bacillus* aislado del suelo e identificado como (*B. pumilus*) por métodos bioquímicos, presentó actividad tóxica frente a el escarabajo de la patata o dorífora (*Leptinotarsa decemlineata*), considerado como la plaga más importante en patatas,

berenjenas y tomates. Esta cepa alcanza niveles de mortalidad de 95.7 y 26.7% en larvas y adultos respectivamente, en ensayos de laboratorio (Eryurk et al. citado por García, 2015:23).

2.2.14.5.3 Bioestimulante.

(*B. pumilus*) ha sido descrita como rizobacteria promotora del crecimiento vegetal (Ryu et al.; Thomas; Choudhary y Johri; Udaya et al., citado por García, 2015:24), como una herramienta potencial que proporciona importantes beneficios a la agricultura por su capacidad de potenciar el crecimiento de la planta y por tanto el rendimiento del cultivo. (García, 2015:24)

Además, es considerado como un microorganismo que al ser administrado en dosis adecuadas confiere beneficios en su huésped. (García, 2015:24)

2.2.14.6 Aplicación de aislamientos de (*Bacillus pumilus*).

Según Akhtar y Siddiqui (2008:53) los efectos de (*Glomus intraradices*), (*Pseudomonas alcaligenes*) y (*Bacillus pumilus*) en el complejo de la enfermedad de la pudrición de la raíz causados por el nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*) y el hongo (*macrophomina phaseolina*) en el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) se evaluaron mediante la cuantificación de las diferencias en la masa seca del brote, número de la vaina, nodulación y contenido de clorofila, nitrógeno, fósforo y potasio. La inoculación de plantas con (*G. intraradices*), (*P. alcaligenes*) y (*B. pumilus*) solos y en combinación aumentó significativamente la masa seca del brote, el número de vainas y el contenido de clorofila, nitrógeno, fósforo y potasio en plantas inoculadas con patógenos sobre las plantas de control no inoculadas .

La aplicación combinada de (*G. intraradices*), (*P. alcaligenes*) y (*B. pumilus*) a las plantas inoculadas con patógenos causó un mayor aumento en la masa seca del tallo, número de nódulos, nitrógeno, fósforo y potasio que una aplicación de (*P. alcaligenes*) más (*B. pumilus*) o de (*G. intraradices*) más (*B. pumilus*). En presencia de (*P. alcaligenes*) y (*B. pumilus*), la colonización de la raíz por (*G. intraradices*) aumentó. En plantas inoculadas con un solo antagonista, (*P. alcaligenes*) redujo la multiplicación patógenos y nematodos seguido por (*G. intraradices*) y luego (*B. pumilus*). La mayor reducción en enfermedades, multiplicación de nematodos y podredumbre de la raíz se observó cuando ambas especies bacterianas y (*G. intraradices*) se aplicaron juntas.

En otro ensayo realizado en rábano (*Raphanus sativus* L.) se realizó la aplicación de tres organismos benéficos entre ellos (*Bacillus pumilus*) a una concentración de 1×10^8 UFC/mL, se administraron 50 ml a cada una de las plántulas por aspersion dos veces durante el cultivo, al momento de la siembra y a los 15 dds. Los resultados indicaron que (*B. pumilus*), no produjo diferencia significativa en la longitud del tallo, numero de hojas y peso seco. Sin embargo si logro un aumento promedio en longitud de tallos pero este no es significativo. Pero su uso combinado si produjo resultados significativos en las variables evaluadas. En general el uso de estos microorganismos presentó buenas expectativas en cuanto a su posible utilización en procesos combinados de fertilización. (Sotelo, et al. 2012:24-26)

Otro estudio realizado por Pérez (2012:32-34) acerca de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en pepino (*Cucumis sativus* L.) donde se utilizó (*Bacillus pumilus*) en aplicaciones individuales y combinadas con otros microorganismo, dio resultados positivos especialmente en la inoculación con (*Bacillus pumilus*) y (*Pseudomonas tolaasi*) que generaron mayor altura de planta en comparación con el testigo, en desarrollo radicular los mejores valores fueron presentados en la inoculación con (*Bacillus pumilus*) también en área foliar y peso seco. También se demostró un aumento en la concentración de nitratos, esto sugiere que el incremento en longitud radical causado por la inoculación de las cepas (*Bacillus pumilus*) y (*Pseudomonas tolaasi*) que permitió mayor absorción de nutrimentos

2.3 Objetivos

2.3.1 General

Generar información sobre los efectos del uso de microorganismos benéficos en la producción de maíz (*Zea mays* L.) bajo las condiciones de manejo tradicional practicadas en la aldea Sacaj del Municipio de San Andrés Sajcabajá.

2.3.2 Específicos

- Determinar si existe efecto de la aplicación de microorganismos beneficiosos sobre el rendimiento (kg/ha) del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de riego por inundación practicado en la aldea Sacaj de San Andrés Sajcabajá.
- Determinar si existe efecto de la aplicación de microorganismos sobre el método tradicional del cultivo de (*Zea mays* L.) en cuanto al desarrollo vegetativo en altura y diámetro de tallo de la planta.
- Determinar el tipo de correlación existente entre las cualidades fenotípicas: altura de planta, diámetro de tallo y el rendimiento, al cultivo de maíz (*Zea mays* L.).
- Cuantificar la relación beneficio-costos y la rentabilidad de la aplicación de microorganismos benéficos en la producción del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).
- Evaluar las variaciones químicas del suelo, potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y fósforo (P) a través del análisis previo y posterior al desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) (experimento), bajo condiciones de riego por inundación.

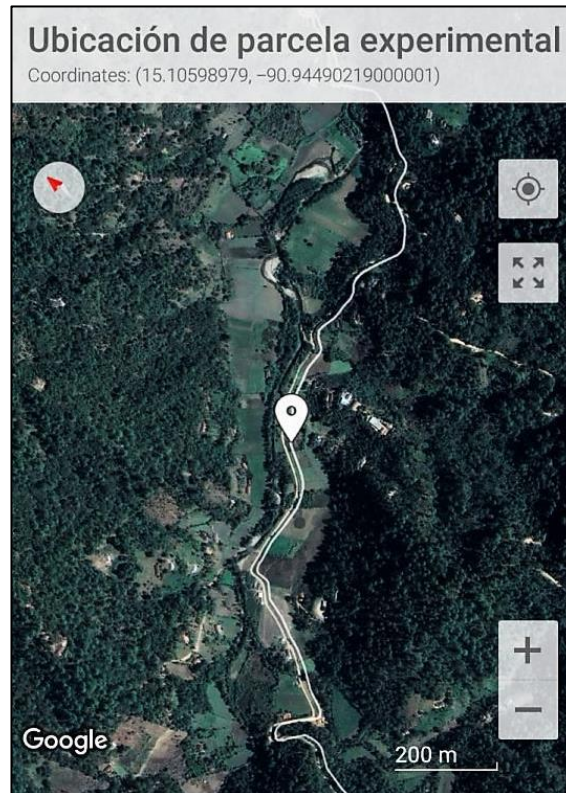
2.4 Hipótesis

- Ha. Al menos uno de los tratamientos generará diferencia significativa sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de manejo tradicional y riego por inundación.
- Ho. Ninguno de los tratamientos generará diferencia significativa sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de manejo tradicional y riego por inundación.

2.5 Metodología

2.5.1 Ubicación del experimento.

La comunidad de Sacaj se ubica al sur de del municipio de San Andrés Sajcabajá, a 18 km de la cabecera municipal, en las coordenadas: latitud (N) 15° 06' 14.69' longitud (W) 90° 56' 48.97"; (UTM) Este(X) 720653.7 Norte (Y) 1670868.3. (OMAS, 2016)



Fuente: Google Maps. (Escala indeterminada)

Figura 16. Ubicación de la parcela experimental dentro de la aldea Sacaj.

2.5.2 Unidad bioclimática.

De acuerdo a las fórmulas del sistema Holdridge, la aldea Sacaj posee una zona de vida Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB), con una altitud de 1,500 a 2,000 msnm, precipitación pluvial 1,000 a 2,000 mm anuales, temperatura 12 a 18 °C. Los vientos alcanzan una velocidad de 7.4 kilómetros por hora, las corrientes que provienen de Norte América durante los meses de noviembre a febrero, originan temperaturas muy

bajas en regiones altas del Departamento, con valores promedio de 4°C mínima, 20°C máxima y una media anual de 12°C. (Ramos, J. 2010:3).

2.5.3 Suelo

El estudio se realizó en suelo con textura arena franca, bien drenado, de color pardo o café claro, con bajo contenido de materia orgánica (Figura 24A). Material originario de las Tierras Metamórficas que incluyen suelos formados a partir de materiales geológicos tales como filitas, esquistos, dioritas, serpentinas, gneis. Desde el punto de vista orográfico, la Sierra de Chuacús, la Sierra de las Minas y las Montañas del Mico, se encuentran conformando una buena parte de las tierras incluidas en esta región. Entre los usos de la tierra predominantes en esta región, se encuentran, tierras con bosques, cultivos de subsistencia (maíz y frijol). Con una capacidad de uso adaptable a Agroforestería con cultivos anuales y Sistemas silvopastoriles (Aa/Ss). (INAB, 1998:19-27)

2.5.4 Material experimental

2.5.4.1 Maíz.

Se utilizará maíz local amarillo una variedad de polinización libre de la comunidad de Sacaj, con un ciclo de 5 meses de siembra a cosecha. Adaptado a 1500 msnm. Con una altura media de 2 metros.

2.5.4.2 Microorganismos de montaña (MM)

Los materiales biológicos utilizados en el experimento serán Microorganismos de Montaña denominados como un consorcio de bacterias fotosintéticas y productoras de ácido láctico, hongos actinomycetos y levaduras (Torsvik y Øvreås; Kibblewhite et al. citados por Castro et al. 2015:23) de bosques mixtos de latifoliados, leguminosas y pinofitas, en una zona de vida Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB) de la aldea Sacaj a una altitud de 1500 msnm, en el municipio de San Andrés Sajcabajá. El procedimiento de elaboración y aplicación se detalla en las siguientes páginas según Pérez, F. et al. (2017:5-7).

Cuadro 16. Insumos utilizados para la preparación de microorganismos de montaña sólidos.

Insumo	Unidad de medida	Cantidad
Barril de plástico de 200 litros con tapadera hermética.	Unidad	1
Tierra del bosque (sin piedras y hojas)	Quintal	3
Sémola o Afrecho	Quintal	2
Melaza	Galón	1
Aguan no clorada	Galón	Hasta alcanzar punto**

Fuente: Tomado de Pérez, F. et al. 2017:5

**Para medir el punto de humedad, utilizar la prueba del puño: al apretar con la mano debe mantenerse firme como la masa y no debe de gotear, si gotea agregar más afrecho. Si no se siente como masa y se desmorona agregar más agua de forma cuidadosa.

Preparación.

1. Recolectar tierra del bosque. Deben haber árboles y plantas de diferentes especies, preferible 50 especies por hectárea, con poca intervención humana, si es posible al terminar la época lluviosa.
2. Se quitan las ramas, hojas, piedras u otro material que sea grande, para recoger la tierra del bosque.
3. Para hacer la mezcla primero se coloca la tierra del bosque, esparciéndola en un piso de cemento o sobre una lona, luego se agrega el afrecho y por último la melaza.
4. Se voltea el material 6 o más veces, hasta que todo esté bien mezclado.
5. Se agrega agua de manera cuidadosa hasta obtener una consistencia correcta. (si se pasó de agua, puede agregar más afrecho).
6. La mezcla se va colocando dentro del barril, dos o tres paladas por vez, y se compacta muy bien antes de las siguientes tres paladas.
7. Se llena el barril hasta el tope y se coloca la tapa hermética o sellada, para que no entre aire. Se anota la fecha de elaboración y el nombre de producto.
8. El barril se almacena por 30 días antes de usarse. Se puede usar hasta por tres años.

Cuadro 17. Insumos para preparar los microorganismos líquidos, antes de aplicarlos.

Insumo	Unidad de medida	Cantidad
Barril plástico de 200 litros con tapadera hermética.	Unidad	1
Microorganismos de montaña del otro barril.	Libras	11
Melaza.	Galón	1
Aguan no clorada.	Galón	La cantidad necesaria para llenar el barril.

Fuente: Tomado de Pérez, F. et al. 2017:7

Preparación.

1. Añadir al barril 100 litros de agua.
2. Agregar agua a la melaza para disolverla y luego agregarla dentro del barril.
3. Colocar 11 libras de microorganismos de montaña sólidos en una bolsa de tela o malla fina que esté limpia y colocarlos dentro del barril. De preferencia sujetarlos a la tapa para que no toque los lados del barril.
4. Llenar con agua el resto del barril y cerrarlo herméticamente para que no entre aire.
5. Dejar fermentar por 5 a 10 días y utilizar.
6. Se deben usar 2 galones de microorganismos líquidos por bomba de mochila de 4 galones.

2.5.4.3 *Trichoderma harzianum*

Organismo deuteromyceto, del género (*Trichoderma spp.*) se empleará la especie (*T. harzianum*) RIFAI (1969) aislada y proporcionada por MIC, S.A. con el nombre comercial de RIKODERMA 8 WP, este actúa por antagonismo y para ello utiliza distintos mecanismos como la competencia, el micoparasitismo, la antibiosis, la desactivación de enzimas del hongo fitopatógeno (Harman, citado por Martínez, et al. 2013:3) y la generación de resistencia inducida en la planta, presenta también características saprófitas y actividad solubilizadora de fosfatos, además produce metabolitos que estimulan procesos de desarrollo vegetal. (Howell; Godes; Valencia et al.; Valero; Vera et al.; Moreno et al.; Sutton y Peng; Altomare et al., citados por Cubillos et al. 2009:82).

2.5.4.4 *Bacillus pumilus*

Organismo del género (*Bacillus spp.*) se empleará la especie (*B. pumilus*) aislada y proporcionada por MIC,S.A. con el nombre comercial de BM-Pum 10 EC este organismo tiene actividad antagónica y ha sido utilizada como agente de control biológico, previene la germinación de las esporas de los hongos en la planta mediante la formación de una barrera física entre la hoja y las esporas de los hongos y luego es capaz de colonizar las esporas de los hongos. (*Bacillus pumilus*) inhibe el crecimiento de los hongos mediante diferentes mecanismos, entre estos se encuentran: antibiosis, competencia por alimento, competencia por espacio, promueve el crecimiento e inducción de resistencia vegetal, lisis celular y micoparasitismo (García, 2015:17-22).

2.5.5 Factor a estudiar.

- Efecto de los microorganismos en el rendimiento (kg/ha) del cultivo de maíz.
- Efecto de los microorganismos benéficos en el desarrollo vegetativo de la planta de maíz (altura y diámetro de tallo).
- Coeficiente de correlación existente entre rendimiento de grano de maíz y la altura de la planta.
- Rentabilidad del cultivo en relación a cada tratamiento empleado según rendimiento de grano obtenido.
- Efecto sobre las características químicas del suelo que pueden modificarse a través de la aplicación de microorganismos.

2.5.6 Descripción de los tratamientos.

Cuadro 18. Tratamientos microbiológicos utilizados en el estudio realizado en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

Tratamiento	Código	Descripción	Concentración	Dosis	Obtención
T1	MML	<i>Microorganismos de montaña líquidos.</i>	5 kg. de MMS /200 L.	1:1 (MML:Agua)	Bosque local.
T2	TH	(<i>Trichoderma harzianum</i>)	2.4×10^8 UFC/gr	0.03 gr/L de agua.	Comercial
T3	BP	(<i>Bacillus pumilus</i>)	1×10^{11} UFC/ml	0.03 gr/L de agua.	Comercial.
T4	Testigo	Testigo relativo.	No aplica.	No aplica.	No aplica.

2.5.7 Diseño experimental

2.5.7.1 Bloques completos al azar.

Para la evaluación del estudio se implementó un diseño de bloques al azar, donde los bloques se ubican perpendiculares a la gradiente. Se evaluarán los 4 tratamientos distribuidos aleatoriamente en cada uno de los 5 bloques; cada bloque representa una repetición.

2.5.7.2 Modelo estadístico.

El modelo estadístico se describe a continuación:

Modelo estadístico para bloques al azar simple

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media general del experimento

τ_i = Efecto del i ...ésima tratamiento

β_j = Efecto del j ...ésimo bloque

ϵ_{ij} = Error experimental

2.5.8 Especificaciones del campo experimental

2.5.8.1 Parcela experimental

El área total de estudio fue de 460 metros cuadrados, donde se establecieron 20 unidades experimentales. Cada unidad experimental (UE) tuvo las dimensiones de 4.25 m x 3.8 m para un área de 15.8 metros cuadrados por UE. El distanciamiento de siembra usado fue de 0.80 m entre fila y 0.45 entre postura. Dentro de cada UE se establecieron 5 filas o surcos y 8 posturas. Las posturas se alternaron 2 y 3 granos según Fuentes (2002:29). Hasta cubrir la UE para un total de 100 plantas por UE (63,290 plantas/ha) y una parcela neta de 45 plantas en 18 posturas. El espacio de separación entre cada tratamiento y bloque fue de un metro.

2.5.8.2 Croquis de campo

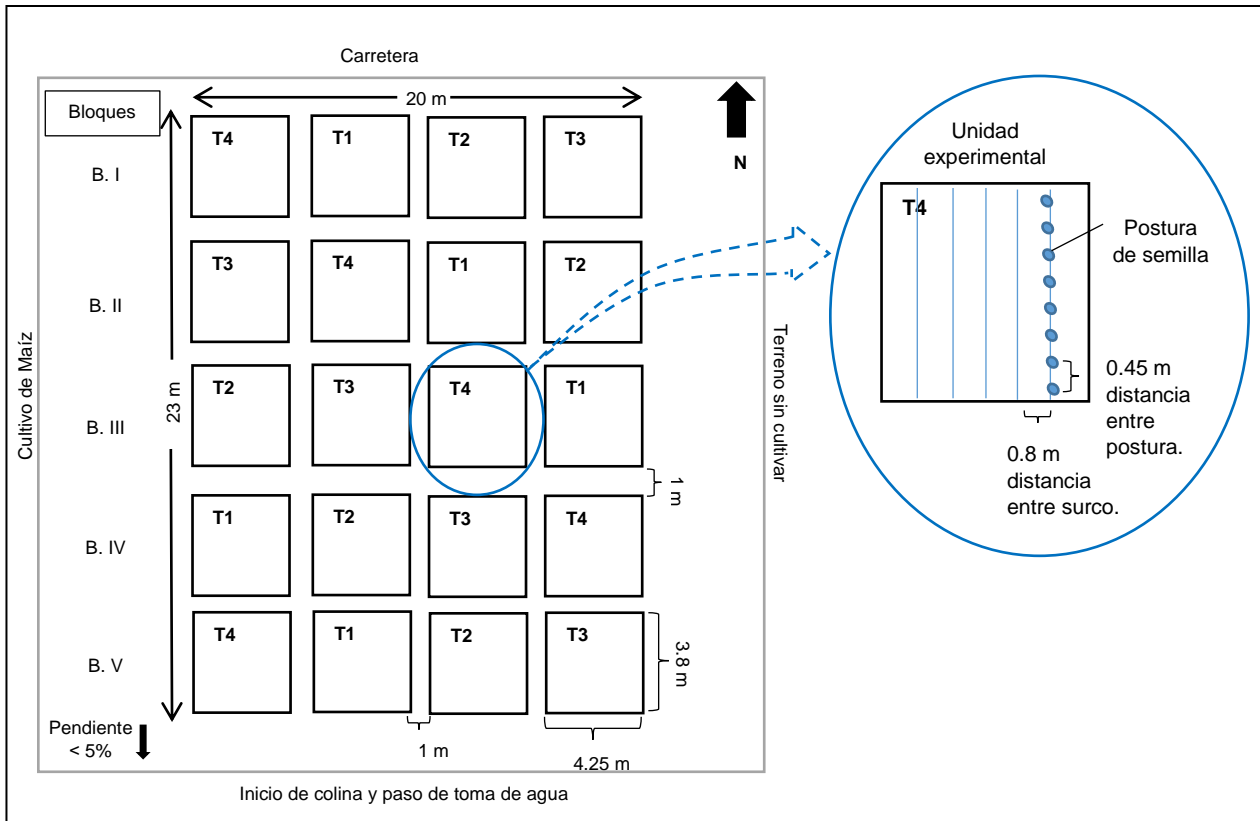


Figura 17. Croquis de parcela experimental y distribución de los tratamientos evaluados

2.5.9 Manejo agronómico del experimento en campo.

El estudio se llevó a cabo del 20 de noviembre (siembra) del 2018 al 20 de abril (cosecha) del 2019.

2.5.9.1 Preparación del terreno.

Para las labores de preparación del suelo se inició con la limpia superficial del terreno eliminando las malezas, se preparó el terreno en forma de labranza mínima realizando un barbechado superficial en todo el terreno 15 días antes de la siembra y al momento de la siembra se realizó una labor localizada que consistió desmenuzar la capa superficial del suelo únicamente donde se hace la postura de la semilla.

2.5.9.2 Siembra.

La siembra se realizó de acuerdo a la recomendación de Fuentes (2002:29), la siembra se realizó en forma manual, las distancias utilizadas fueron de 80 centímetros (cm) entre surcos y 45 centímetros entre postura, colocando dos y tres granos por postura en forma

alterna. Este método ya es practicado por los habitantes de la comunidad, también se observa métodos donde colocan 4 y 3 granos por postura.

2.5.9.3 Control de malezas.

Esta labor se ejecutó una sola vez, de acuerdo al manejo de la comunidad. La limpia manual se realizó a los 25 dds, con el propósito de evitar la competencia por nutrientes, agua y luz que pueden interferir con el desarrollo y rendimiento del cultivo.

2.5.9.4 Fertilización.

Se realizó de acuerdo al análisis de suelo, pero únicamente se emplearon elementos según el manejo de los agricultores de la comunidad donde se realizó el estudio para conocer los efectos en condiciones no ideales. Sin embargo se realizó la variante que consistió en fraccionar el fertilizante en tres fases de abonado.

Por lo que se utilizaron 160 kg/ha de N (forma elemental), lo que corresponde a 760 kg/ha (17.6 qq) de Sulfato de amonio (N 21% - S24%). La aplicación fue de forma manual fraccionada en tres aplicaciones según las recomendaciones de IICA / WFP (2014:24), se inició a los 8 días después de siembra (dds) aplicando 152 kg/ha, la segunda se realizó a los 35 dds en etapa V6 con 266 kg/ha, finalmente se aplicaron 342 kg/ha a los 55 dds en etapa V9.

Cuadro 19. Resultados de análisis químico de suelo de la aldea Sacaj y requerimientos nutricionales del cultivo de maíz.

Condiciones del suelo a 0-30 cm según análisis de laboratorio. (Fig. 24A)		Requerimientos del cultivo (híbrido) según Deras, H.	
Elemento	Kg/ha	Elemento	Kg/ha
N	-----	N	187
P	508	P	38
K	264	K	192
Ca	2696	Ca	38
Mg	519	Mg	44
Cu	6.75	Cu	0.1
Zn	4.5	Zn	0.3
Fe	220	Fe	1.9
Mn	40.5	Mn	0.3
pH	5.4	pH	5.5 a 7.0
M.O. %	0.65	M.O. %	2% a 5%
CE dS/m	0.3	CE dS/m	Tolera hasta 1.7

2.5.9.5 Riego.

Se realizaron 9 riegos por gravedad durante el experimento, según el manejo del agricultor. Un riego cada 16 días aproximadamente.

2.5.9.6 Monitoreo y control de plagas.

Se realizó monitoreo de la parcela experimental para conocer la incidencia de plagas y justificar la aplicación de fitosanitarios. Durante el estudio se realizaron dos aplicaciones de Lufenuron + Prefenofos. 55EC, para disminuir las poblaciones de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

2.5.9.7 Monitoreo y control de enfermedades.

Se realizó monitoreo de la parcela experimental para evaluar la incidencia de enfermedades, el porcentaje de daño y justificar la aplicación de productos fitosanitarios. Durante el estudio no se presentaron enfermedades, a excepción roya (*Puccinia* sp.) Con muy baja incidencia después de R5, donde no se justificó ninguna aplicación.

2.5.9.8 Aplicación de agentes biológicos.

Tratamiento 1

La aplicación de MM se realizó al momento de la siembra inoculando la semilla (asperjado) y cada 7 días durante las primeras 3 semanas. Luego se realizó una aplicación a los 15 días y posteriormente una aplicación a los 21 días. Se realizó un total de 6 aplicaciones (drench o tronqueado) con una dosificación de 1 L de MM / 1L de agua, durante el ciclo del cultivo.

Tratamiento 2

Las aplicaciones de (*T. harzinum*) se realizaron al momento de la siembra inoculando la semilla asperjado el producto, luego 3 aplicaciones cada 7 días. Luego una aplicación a los 15 días y finalmente una aplicación a los 21 días, a una concentración de 2.4×10^8 Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/gr) en dosis de 0.03 gr/L de agua, se realizaron un total de 6 aplicaciones (drench o tronqueado) durante el ciclo del cultivo.

Tratamiento 3

Las aplicaciones de (*Bacillus pumilus*) se realizaron en una dosis de 0.03 gr/L de agua en concentración de 1×10^{11} UFC/gr. Las aplicaciones se efectuaron de la siguiente manera: una al momento de la siembra inoculando la semilla asperjando el producto, luego se realizaron 3 aplicaciones cada 7 días, posteriormente una aplicación a los 15 días y finalmente una aplicación a los 21 días, para un total de 6 aplicaciones en drench, durante el ciclo del cultivo.

Tratamiento 4

Este tratamiento se empleó como testigo relativo, se realizó el mismo manejo en cuanto a aplicación de insumos y manejo cultural que a los tratamientos T1, T2, T3, exceptuando la aplicación de microorganismos benéficos.

En los tratamientos T1, T2 y T3, se aplicaron 80 cc de producto en solución por postura (aproximadamente 26 cc por planta).

2.5.10 Método de evaluación

2.5.10.1 Rendimiento de cosecha por parcela neta.

La respuesta a esta variable se determinó, tomando el peso total del grano producido en la cosecha de las parcela neta de cada unidad experimental en kg/ha obteniendo el promedio de los valores por bloque para cada tratamiento.

2.5.10.2 Diámetro de tallo y altura de plantas.

Se realizaron mediciones de tallo utilizando un vernier a una altura de 1.20 m desde el suelo en la parcela neta de cada unidad experimental, este procedimiento se realizó al momento de la floración en R3.

De la misma manera se realizaron mediciones de altura de planta en metros (m) por medio de una cinta métrica. Se midió desde el suelo hasta la primera hoja debajo de la panícula, sin estirarla y sin contar la inflorescencia según el Manual para la Evaluación Agronómica del CIAT (1982:105).

2.5.10.3 Correlación entre características fenotípicas del cultivo de maíz.

Se determinó la relación existente mediante el cálculo del coeficiente de correlación estadístico entre la altura y diámetro de tallo, rendimiento y diámetro de tallo y también entre las características altura y rendimiento con el fin de conocer la respuesta fenotípica de la planta de maíz en relación a la aplicación de cada tratamiento microbiológico. Esta información también permitió conocer la dispersión de las características de la variedad de maíz de polinización libre utilizada en la aldea Sacaj I.

2.5.10.4 Análisis económico.

La relación beneficio-costos es un indicador económico que permite conocer cuán rentable es un proyecto y mostrar la cantidad de dinero que retorna por cada unidad monetaria invertida durante un período determinado. La relación B/C indica el retorno en dinero obtenido por cada unidad monetaria invertida. Resulta de dividir el ingreso bruto entre el costo total cuando la relación es mayor que 1 se considera la obtención de ganancias de modo que se justifique la inversión. Si el valor es 1 este indicaría un equilibrio entre los ingresos y los gastos. Un valor menor a 1 indica que los costos son mayores a los ingresos. (Herrera et al, citados por Santos, 2002:6-7)

$$R(B/C) = \frac{BT}{CT}$$

R(B/C)= Relación beneficio/costo.

BT= Beneficio Total por tratamiento: El BT representa el ingreso monetario total por la venta de producto a un precio de mercado.

CT=Costo total por tratamiento: Se calcula al sumar los costos directos y costos indirectos invertidos en las actividades del proceso de producción.

También se realizó el análisis de rentabilidad que se refiere a los beneficios obtenidos por invertir dinero en una actividad económica, para el cálculo de este valor se empleó la siguiente fórmula:

$$Rentabilidad = \frac{Ingresos\ netos}{Costo\ total} * 100$$

El resultado obtenido indica en porcentaje la cantidad de beneficio económico obtenido por cada quetzal invertido, si el resultado es 0% o menor que cero se entiende como una pérdida.

2.5.10.5 Análisis químico de suelos.

Para conocer los efectos de la aplicación de microorganismos en el suelo se realizaron análisis químicos de suelos en el laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas UVIGER-FAUSAC. USAC. Se empleó el método Mehlich I, Carolina del Norte. Estos procedimientos se realizaron antes del iniciar el cultivo y al finalizar el ciclo. Las muestras finales se tomaron del suelo donde se encontraban las plantas, básicamente del espacio ocupado por la zona radicular. Para conocer las variaciones en pH, P, CIC y MO.

2.5.11 Análisis de información.

La recopilación de datos en la parcela experimental se realizó mediante el monitoreo programado durante el ciclo del cultivo de 150 días. Posteriormente se ingresaron y analizaron en el programa estadístico InfoStat ® 2018, donde se registró la información para la obtención de los análisis de varianza (ANDEVA) con el Modelo Lineal General (GLM), correlaciones y gráficos.

2.6 Resultados y discusión.

Luego de concluir la fase de campo y haber obtenido los resultados se procedió al análisis de datos, los cuales presentan la información correspondiente sobre los efectos de la aplicación de microorganismos en forma edáfica sobre el rendimiento del cultivo, crecimiento vegetativo de la planta, características químicas del suelo y el estudio de costo/beneficio y rentabilidad de cada uno de los tratamientos estudiados.

2.6.1 Rendimiento.

El análisis del rendimiento total del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) fue calculado en kilogramos por hectárea de grano obtenido en cada tratamiento estudiado en el ensayo, tomando en cuenta lo producido dentro las parcelas netas.

Cuadro 20. Resumen del rendimiento de grano producido en cada tratamiento microbiológico evaluado sobre el cultivo de maíz.

Tratamiento	Bloque completo					Σ_t	\bar{X}
	I kg/ha	II kg/ha	III kg/ha	IV kg/ha	V kg/ha		
1 MM	1931.01	2144.94	1677.22	2024.05	1378.48	9155.7	1831.14
2 Th	2423.42	2119.62	1298.73	2038.61	1895.57	9775.95	1955.19
3 Bp	2341.77	1856.33	1621.52	1610.76	1722.15	9152.53	1830.51
4 Testigo	2025.95	1996.2	1579.75	1951.9	2243.04	9796.84	1959.37
Σ_b	8722.15	8117.09	6177.22	7625.32	7239.24	37881.02	1894.05

De acuerdo a los promedios obtenidos se observa que dos de los tratamientos generaron mayor rendimiento, siendo el Testigo y Th las medias más altas. El testigo con 1959.37 kg/ha y Th con 1955.19 kg/ha. Lo que a simple vista indica que no ha existido un efecto directo de los tratamientos microbiológicos sobre el rendimiento.

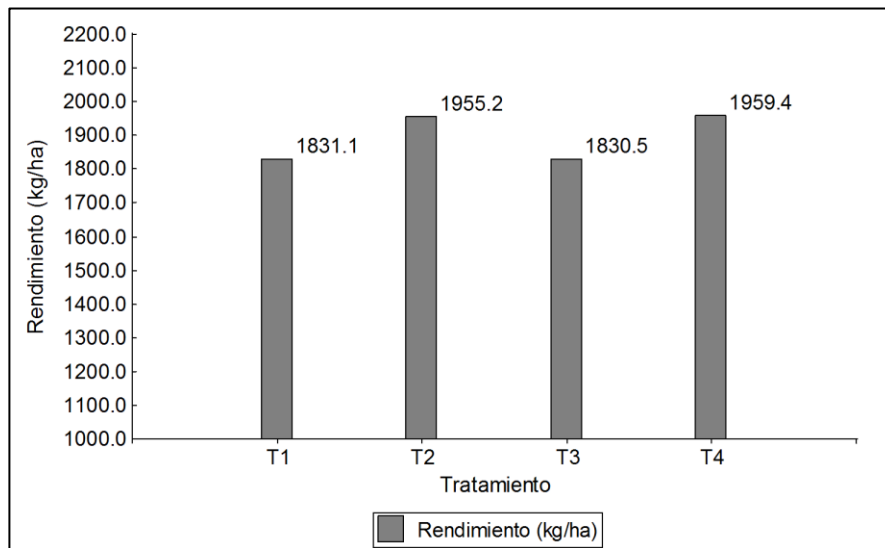


Figura 18. Rendimientos de maíz generados por tratamiento (kg/ha).

En la figura 18 se observan los resultados de las medias, donde el testigo (T4) y el tratamiento con (*T. harzianum*) (T2) presentan los rendimientos medios más altos y el tratamiento con MM y (*B. pumilus*) muestran rendimientos inferiores.

Cuadro 21. Análisis de varianza (ANDEVA), para la variable rendimiento kg/ha.

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Rendimiento (kg/ha)	20	0.58	0.33	13.1		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	999719.56	7	142817.08	2.32	0.0957	
Bloque	919719.72	4	229929.93	3.74	0.0338	*
Tratamiento	79999.84	3	26666.61	0.43	0.733	NS
Error	738443.72	12	61536.98			
Total	1738163.28	19				
* valor significativo al 5%						
NS. Diferencia no significativa.						

Por medio del análisis de varianza, se observó que el rendimiento de parcelas tratadas y el testigo no presentaron diferencias significativas en el rendimiento de grano de maíz ($p = 0.73 > 0.05$) al aplicar microorganismos benéficos por lo que se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula. Debido a que no existió diferencia significativa en las variables evaluadas no se fue necesario realizar separación de medias.

2.6.2 Altura de planta.

La altura de la planta de maíz (*Zea mays* L.) fue medida en metros, el procedimiento se realizó a cada planta y posteriormente se calculó el promedio por unidad experimental neta (quiere decir excluyendo las plantas de los bordes), con esto se obtuvieron los datos necesarios para realizar el análisis de varianza.

Cuadro 22. Resumen de mediciones de altura de la planta de maíz obtenida en cada tratamiento microbiológico.

Tratamiento	Bloque completo					Σt	\bar{X}
	I metros	II metros	III metros	IV metros	V metros		
1 MM	2.1368	2.2388	1.8864	2.2512	2.04	10.55	2.11
2 Th	2.2088	2.0072	2.1552	2.014	2.1448	10.53	2.11
3 Bp	2.0944	2.3368	1.9944	2.0888	2.1136	10.63	2.13
4 Testigo	2.1508	2.2604	1.8756	1.9836	2.3396	10.61	2.12
Σb	8.5908	8.8432	7.9116	8.3376	8.638	42.3212	8.46

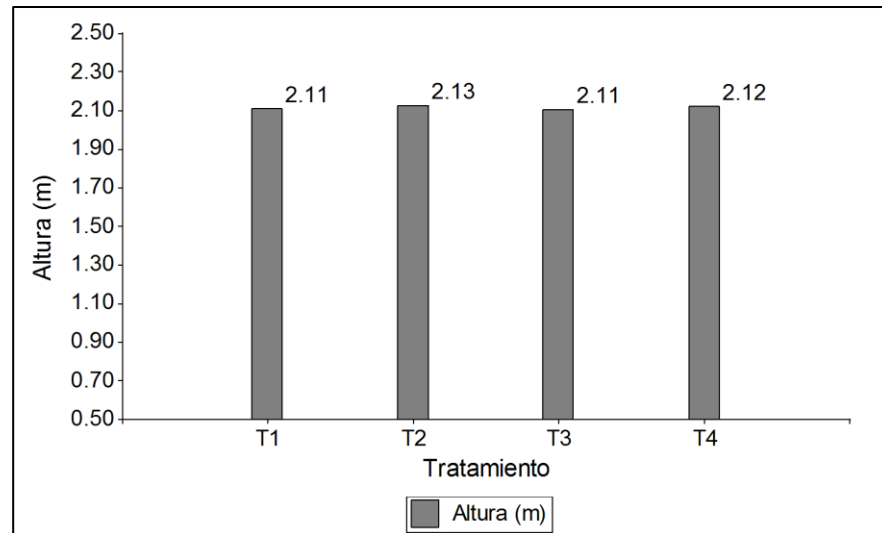


Figura 19. Efecto de los tratamientos sobre la altura de plantas de Maíz (*Zea mays* L.)

En la figura 19. se observan los resultados de valores medios obtenidos en altura de plantas, donde los valores no superan los dos centímetros de diferencia entre cada uno de los tratamientos. Eso indica que el comportamiento de las UE sometidas a los tratamientos y el testigo fue estadísticamente el mismo y no hubo diferencia significativa en el desarrollo vegetativo favorecido o desfavorecido por la aplicación de microorganismos.

Cuadro 23. Análisis de varianza (ANDEVA), para la variable altura de planta (m).

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Altura (m)	20	0.38	0.03	6.04		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	0.12	7	0.02	1.07	0.4374	
Bloque	0.12	4	0.03	1.85	0.1837	NS
Tratamiento	1.30E-03	3	4.20E-04	0.03	0.9942	NS
Error	0.2	12	0.02			
Total	0.32	19				
* valor significativo al 5%						
NS. Diferencia no significativa.						

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (Cuadro 23) muestran que para el indicador de altura de planta, no se mostraron diferencias significativas ($p. 0.99 > 0.05$) entre las plantas evaluadas con los tratamientos de microorganismos benéficos.

2.6.3 Diámetro de tallo.

Para el análisis de diámetro de tallo, se realizó la medición de las plantas sometidas a cada uno de los tratamientos, estas mostraron un desarrollo similar como se muestra en el resumen del cuadro 24.

Cuadro 24. Resumen de mediciones de grosor de tallo en plantas de maíz obtenidas en cada tratamiento.

Tratamiento	Bloque completo					Σt	\bar{X}
	I Centímetros	II cm	III cm	IV cm	V cm		
1 MM	1.664	1.684	1.352	1.552	1.4	7.65	1.53
2 Th	1.76	1.552	1.644	1.336	1.512	7.80	1.56
3 Bp	1.66	1.752	1.448	1.472	1.632	7.96	1.59
4 Testigo	1.648	1.624	1.336	1.464	1.688	7.76	1.55
Σb	6.732	6.612	5.78	5.824	6.232	31.18	6.24

En la figura 20 se observa el efecto de los tratamientos microbiológicos T1, T2, T3 y el testigo. La grafica muestra diferencias máximas de 0.5 mm (5 décimas de mm) entre diámetros como el caso de T1 y T2 y diferencias más leves entre las demás combinaciones. Siendo T2 el tratamiento con la media más alta, estas diferencias son muy leves por lo que no hay significancia estadística ($p 0.91 > 0.05$).

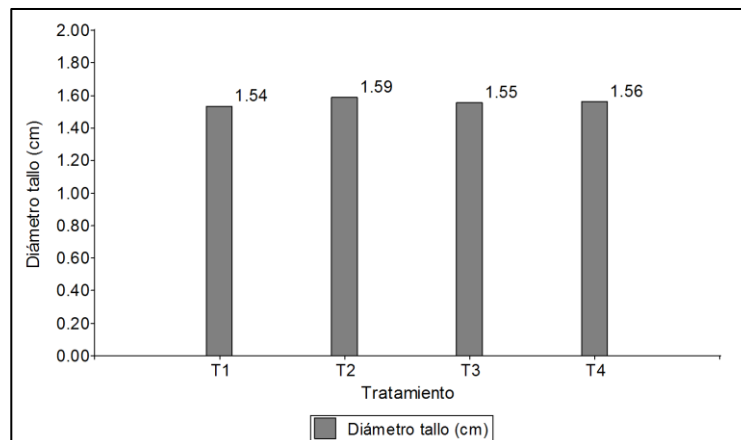


Figura 20. Efecto de los tratamientos sobre el diámetro de tallo en plantas de Maíz (*Zea mays* L.)

Cuadro 25. Análisis de varianza (ANDEVA), para la variable diámetro de tallo (cm).

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Diámetro tallo (cm)	20	0.55	0.28	7.34		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	0.19	7	0.03	2.07	0.1283	
Bloque	0.18	4	0.05	3.5	0.041	*
Tratamiento	0.01	3	2.10E-03	0.16	0.9191	NS
Error	0.16	12	0.01			
Total	0.35	19				
* valor significativo al 5%						
NS. diferencia no significativa.						

En el cuadro 25 se observan los resultados del análisis de varianza realizado sobre la variable grosor de tallo de planta, los datos obtenidos no mostraron diferencias significativa ($p\ 0.91 > 0.05$) entre el testigo y las plantas tratadas con MM (T1), Th (T2) y Bp (T3).

2.6.4 Correlación existente entre el desarrollo vegetativo y el rendimiento.

Luego de someter las medias de altura, diámetro de tallo y rendimiento a la prueba de normalidad (Shapiro-wilks) se determinó que la distribución de frecuencias se comportó de forma normal por lo que se procedió a calcular la correlación lineal de Pearson, la cual revela que el rendimiento observado se correlaciona positivamente con la altura de planta y diámetro de tallo.

Cuadro 26. Coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el desarrollo vegetativo y el rendimiento.

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades	Rendimiento (kg)	Altura (m)	Diámetro tallo (cm)
Rendimiento (kg)	1	0.0047	0.00018
Altura (m)	0.61	1	0.00001
Diámetro de tallo (cm)	0.74	0.82	1

En el caso del maíz evaluado, se observó una correlación positiva y de magnitud alta, que concuerda con estudios de Gaytán, Martínez y Mayek (2009:300) donde se evaluaron maíces híbridos y hacen mención al análisis de la correlación positiva altamente significativa existente entre el rendimiento de grano y diversos atributos de la planta, entre ellos la altura. Sin embargo no en todos los casos se presenta una correlación positiva, por ejemplo en el estudio de Ramirez (2013:38,40) la correlación entre la altura y el rendimiento fue baja y negativa e indicó que al parecer estas variables parecen no estar biológicamente asociadas en el maíz de ese estudio.

En este sentido un efecto estimulante de los tratamientos (T1, T2 y T3) sobre el desarrollo de la altura podría haber generar un mejor rendimiento, sin embargo en este estudio no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para rendimiento y altura de planta (Cuadros 23 y 21).

En el cuadro 26 se observan los coeficientes de correlación lineal entre el rendimiento y altura de planta (0.61), rendimiento y diámetro de tallo (0.74) y altura de planta y diámetro de tallo (0.82). Estas relaciones se pueden observar en las figuras 21 y 22.

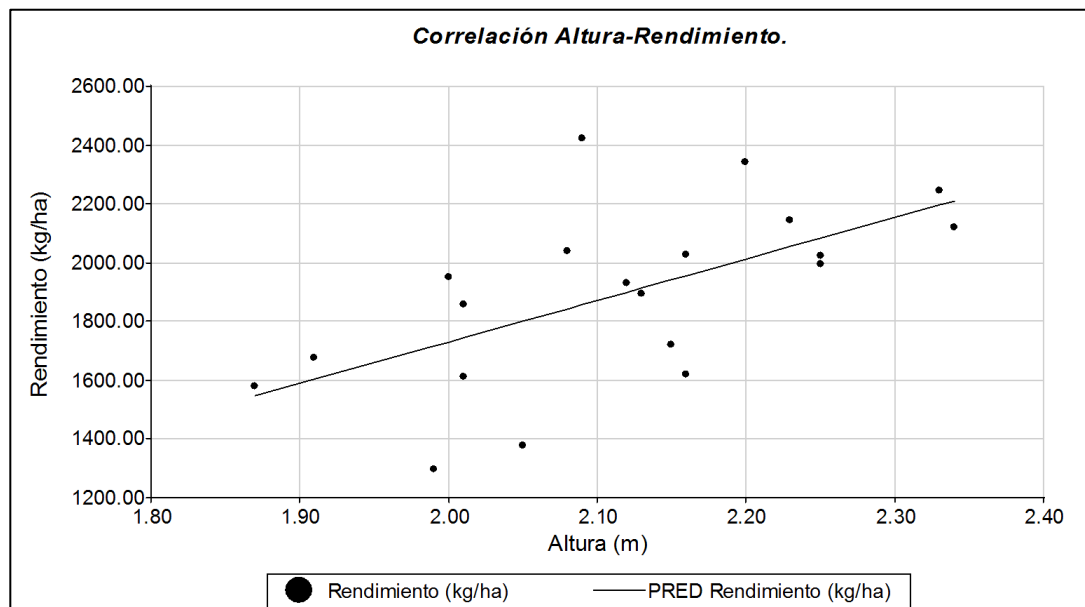


Figura 21. Diagramas de dispersión de puntos entre altura de planta y rendimiento de grano.

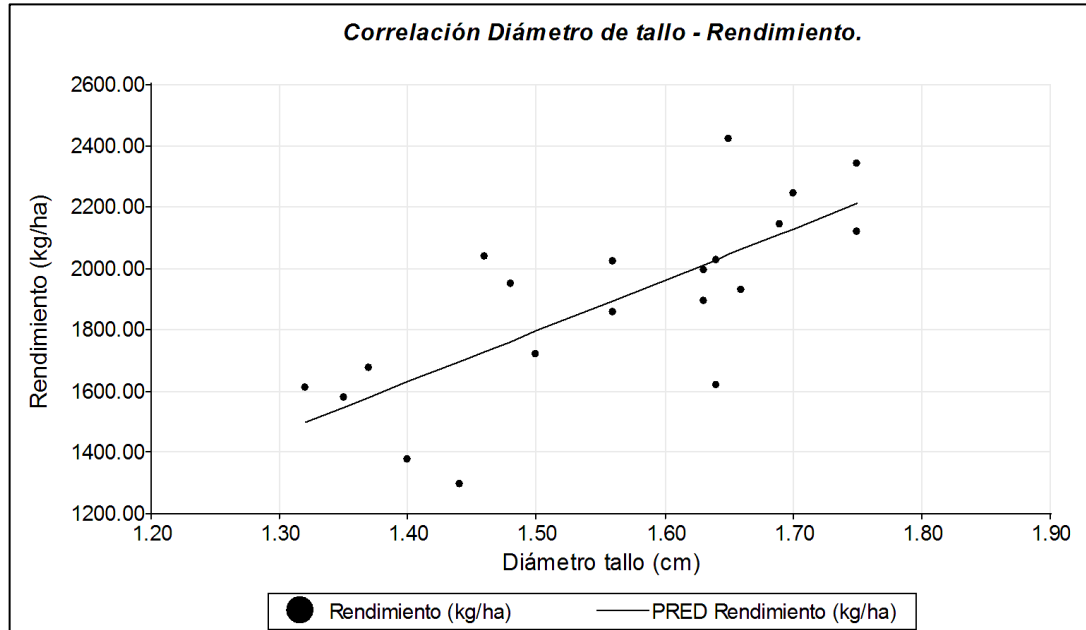


Figura 22. Diagramas de dispersión de puntos entre diámetro de tallo de planta y rendimiento de grano.

2.6.5 Análisis económico

En el cuadro 27 se observa el análisis económico de cada tratamiento por hectárea. Debido a que no existen diferencias significativas en rendimiento de las parcelas T1, T2 y T3 en comparación al testigo, se deduce que no hay diferencias en los ingresos totales de los tratamientos evaluados.

Cuadro 27. Ingresos y costos totales para cada tratamiento por hectárea.

Relación Costo/Beneficio de la producción de Maíz							
Tratamientos	Rendimiento	Precio por quintal	Ingreso total	Costo total	Ingreso neto	Relación C/B	Rentabilidad
	Quintales/ha	GTQ	GTQ	GTQ	GTQ		%
T1	Q 40.29	Q 180.00	Q 7,252.20	Q 6,748.04	Q 504.16	1.07	7.47%
T2	Q 43.01	Q 180.00	Q 7,741.80	Q 9,841.00	Q -2,099.20	0.79	-21.33%
T3	Q 40.27	Q 180.00	Q 7,248.60	Q 9,841.00	Q -2,592.40	0.74	-26.34%
T4	Q 43.11	Q 180.00	Q 7,759.80	Q 5,763.00	Q 1,996.80	1.35	34.65%

En el caso de los ingresos netos se observan números negativos los que indica que la relación beneficio/costo es menor a uno, también se observa una rentabilidad negativa por lo tanto no se justifica la aplicación de los productos del T2 y T3.

De acuerdo al criterio económico se recomiendan los tratamientos cuyos costos totales son menores y con una relación B/C > 1 (Pérez, 2015:74 y Herrera et al, citados por Santos, 2002:6-7). Para este estudio el tratamiento testigo T(4) reporta los costos de producción más bajos (Q 5,763.00) y la relación B/C más alta (1.35), que indica que por cada Q1.00 invertido se obtiene Q 00.35. Seguido por los MM (T1) que presentan costos de producción 14.6% más altos que el testigo, económicamente este no representa una opción, en este sentido la justificación para su aplicación podría valorarse bajo criterios técnicos beneficiosos sobre el suelo a largo plazo como los planteados por Cerón & Aristizábal (2012:293) y Montaña et al, (2010:17).

En la figura 23 se puede observar la similitud de los ingresos totales, también se muestra que únicamente T1 y T4 presentan ingresos netos, mientras T2 y T3 muestran no reflejan ingresos netas y también presentas los costos más altos de producción.

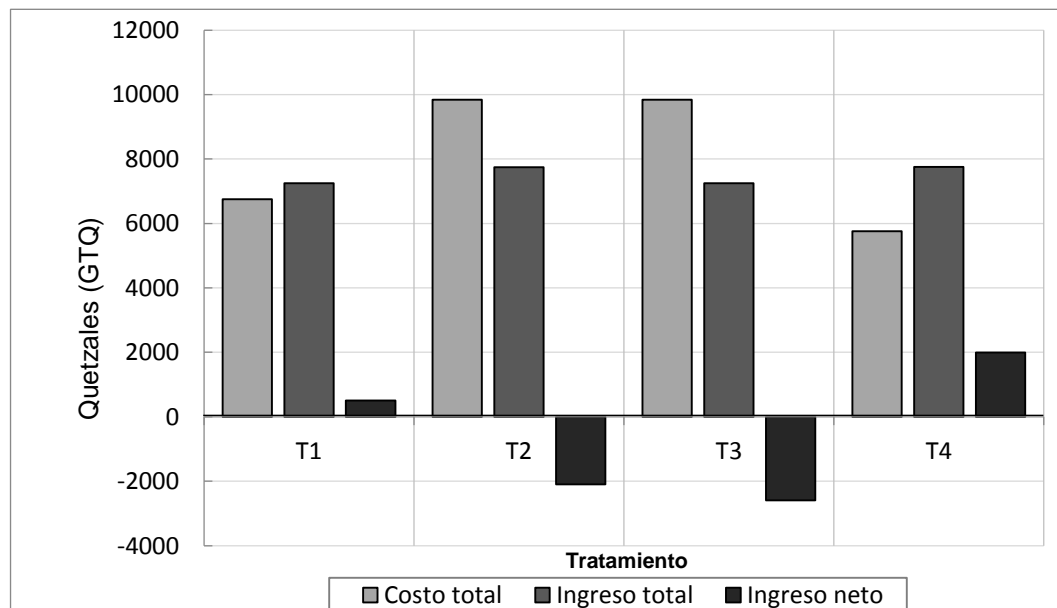


Figura 23. Análisis económico de los tratamientos evaluados.

2.6.6 Efecto sobre las características químicas del suelo.

En el cuadro 28 se observa el resumen de los análisis químicos del suelo previo al cultivo de maíz y posteriores al cultivo.

Cuadro 28. Resumen de análisis de suelos previo y posterior al ciclo del cultivo.

Identificación		Análisis previo cultivo	Análisis posterior por Tratamiento			
			MM (T1)	Th (T2)	Bp (T3)	Testigo (T4)
pH		5.4	4.7	4.6	4.3	5.2
kg/ha	P	508.5	8.8	141.3	123.5	146.0
	Cu	6.8	4.5	6.8	4.5	4.5
	Zn	4.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Fe	220.5	299.3	330.8	333.0	234.0
	Mn	40.5	90.0	108.0	96.8	105.8
	Ca	2696.2	1578.0	2028.0	1578.0	1352.0
	Mg	519.5	224.2	268.0	180.0	224.2
	Na	113.8	206.0	258.0	589.0	176.0
	K	264.0	228.0	264.0	264.0	193.0
CIC meq/100gr		4.8	5.12	5.12	4.73	5.12
SB %		87.64	48.63	61.4	59.11	42.75
M.O. %		0.65	0.53	0.75	0.75	0.86
Clase textural.		Arena franca				

Los resultados indican variaciones de pH, el valor inicial fue de 5.4 (cuadro 28), una de las principales causas de la acidificación es el uso de sulfato de amonio como fuente de nitrógeno según Chien, Gearhart y Collamer (2008:12).

En la evaluación de las condiciones del suelo al final del ciclo se observó una tendencia de acidificación, en el caso de MM el pH del producto al momento de aplicación fue de 4.3, este valor fue similar a la aplicación de MM en un sistema de rotación de soya-tomate donde las UE tratadas con MM presentaron un pH menor al de inicio, este se atribuyó de manera posible a la acidez del producto el cual era de pH 4 al momento de la aplicación (Castro et. al. 2015:28), para Th y Bp, el pH al momento de aplicación fue de 6.3 para ambos casos, sin embargo los valores de pH al final del cultivo disminuyeron también en ambos casos a 4.6 para Th y 4.3 para Bp.

En este sentido es probable que la acidificación se deba a los mecanismos de acción de (*Trichoderma* sp.) y (*Bacillus* sp.) que forman ácidos orgánicos en la relación planta-microorganismo (Richardson et al citado por Castro et al, 2005:33; Rodríguez, 2013:18; Bader, Covacevich y Consolo 2016:35). Es posible que Bp haya presentado un pH más bajo debido a que el género (*Bacillus*) posee características como la nitrificación (Tejera et al. 2011:132) proceso que pudo ser mayor sobre el amonio de la fuente de nitrógeno utilizada en la fertilización.

En el caso del elemento fósforo (P), el análisis inicial mostró un alto contenido 113 ppm a una profundidad de 0.30 m, esto se debe a la influencia de los coloides que arrastra el río cuando se desborda, característica común en suelos sedimentarios producto del arrastre de las partes altas (García, 2004:311; Alatorre & Beguerría, 2009:30). En este caso el historial de la parcela experimental indica que hubo un desbordamiento del río y no se cultivó desde la ocurrencia de este evento, motivo por el cual este elemento se presenta en una cantidad significativa.

Posterior al ciclo de cultivo se reportaron valores similares de fósforo (P) en los tratamientos Th, Bp y el testigo, en el caso del tratamiento con MM se observó una diferencia relevante que probablemente estuvo influenciada por factores como una mayor solubilización generada por el consorcio microbiológico generando un mayor consumo de P durante el desarrollo del cultivo (cuadro 28), similar al estudio de Castro et. al., (2015:32) donde se evaluó el efecto de la inoculación al suelo con microorganismos aislados y MM en un sistema de soya-tomate en invernadero, registrando mayor consumo de fósforo (P), las plantas tratadas con MM. Por otra parte podría considerarse la inmovilización de P por efecto de absorción microbiológica o reacción con Fe, Al y Ca, este fósforo ocasionalmente sería liberado al disminuir la población microbiológica como parte del ciclaje normal de nutrientes (Cerisola, 2015:31; Cerón & Aristizábal, 2012:291-292 y Picone & Zamuner, 2002:12)

Es importante mencionar que un consumo mayor a los requerimientos es considerado como consumo de lujo, por ejemplo en la investigación de Sequera y Ramírez (2003:608) se evaluó la disponibilidad de P, Ca y S al emplear roca fosfórica acidulada en el cultivo de maíz bajo condiciones controladas, los resultados indicaron que la cantidad de materia

seca (MS) generada fue altamente dependiente del fósforo (P) absorbido y la absorción estuvo por encima del requerimiento para la máxima producción de materia seca (MS) lo que indicó un posible consumo de lujo debido a la alta disponibilidad de P, el consumo fue de 147 ppm. Mientras los valores considerados adecuados de P en el suelo para la zona donde se efectuó investigación eran de 25 ppm.

Para este estudio la disponibilidad inicial de P era de 113 ppm, al finalizar el ciclo la disponibilidad de P en el suelo para Th, Bp y el testigo en promedio fue de 30 ppm y para MM de 1.85 ppm, lo que indica que se extrajeron 83 ppm (373.5 kg/ha) de la solución del suelo en los tratamientos Th, Bp y Testigo, mientras que para MM la extracción fue de 111 (499.5 kg/ha) ppm, lo que indica un valor mayor al recomendado y a los requerimientos del cultivo según Villatoro (2005:14) y Deras (s.f.:17) por lo que no habría una producción lineal en relación a este consumo. En este caso otros estudios serían determinantes para conocer que fracciones de P fueron absorbidas por la planta, retenidas por acción microbiana o inmovilizado por la reacción química del suelo. Para esta evaluación se consideró que los valores adecuados eran de alrededor de 19 ppm (Cuadro 19)

Otro factor importante para analizar es la fijación por formación de fosfatos de Fe y Al debido a una disminución en el pH del suelo, con una consecuente precipitación de P (Espinosa, 1999:30), esto pudo influir disminuyendo la cantidad de fósforo (P) disponible a 0.3 m de profundidad, en los tratamientos con Th, Bp y MM (cuadro 28).

Respecto a la CIC no se observaron variaciones, se presentaron valores similares al inicio y al final del estudio, se indica que estos valores son bajos Molina (2007:6), aunque esta es una característica de suelos arenosos según e INPOFOS (1997:14), se observó también una menor saturación de bases debido al consumo del cultivo, puesto que el producto final de los MM es un medio de cultivo que ejerce acción por su contenido microbiológico y no por el aporte de nutrientes (Ramos, 2016:14), esta actividad puede verse limitada por la falta de arcilla, materia orgánica y la poca retención de humedad ya que estos son factores necesarios para la reproducción y crecimiento de bacterias. (Julca et al. 2006:51 y Martínez et al. 2013:3).

Es importante observar los porcentajes de materia orgánica en forma humificada y no humificada, precisamente porque uno de los mayores beneficios de la actividad

microbiana es el rápido proceso de humificación sobre la materia orgánica no humificada, lo que permite aumentar el contenido de materia orgánica humificada y junto con ello los beneficios que conlleva el ciclaje de nutrientes (Umaña et al, 2017:140; Pineda citado por Orbe, 2017:2; Campo et al. 2014:83-86; Montaña, et al. 2010:17) este proceso pudo verse limitado por la clase textural, los bajos contenidos de materia orgánica (<1%) y la ausencia de aplicación de enmiendas orgánicas durante el proceso de cultivo.

Los factores mencionados están directamente relacionados con la eficiencia de los microorganismos sobre las características nutricionales del suelo y el rendimiento del cultivo razón por la cual no se observa una mejora consistente en la química del suelo.

Finalmente analizamos los valores de materia orgánica, estos se consideran bajos según los parámetros que indica Molina (2007:8), sin embargo al no adicionarse materia orgánica durante el ciclo del cultivo los valores se mantuvieron por debajo del 1%. Este factor podría condicionar el periodo de vida de actividad microbiológica, debido a que los microorganismos se establecen mejor en suelos con mayores contenidos de MO, por las cualidades que esta presenta. (INPOFOS, 1997:34; Julca et al. 2006:50; Campo et al. 2014:83-86; Montaña, et al. 2010:17).

2.7 Conclusiones

- Se determinó que no existió diferencia significativa en la aplicación de los tratamientos de microorganismos benéficos al suelo en condiciones de riego por inundación, sobre el rendimiento, causado por el bajo porcentaje de materia orgánica y los periodos prolongados entre cada riego.
- Se determinó que no existió efecto significativo de la aplicación de los tratamientos microbiológicos sobre el desarrollo en altura y diámetro de tallo, comportándose estadísticamente igual en cada tratamiento. Debido a la falta de materia orgánica y las variaciones de humedad en el suelo causados por el tipo de riego, ambas condiciones necesaria para el desarrollo y expresión de mecanismos bioestimulantes de los microorganismos, esto considerando que no se tiene registro de características fenotípicas anteriores del maíz utilizado hasta este estudio.

- Se determinó estadísticamente que el maíz local presenta una alta dispersión y una correlación lineal positiva, quiere decir que las características de rendimiento, altura de planta y diámetro de tallo están relacionadas entre sí. De manera que al aumentar una, la otra también aumenta hasta acercarse a las limitantes del potencial genético.
- Se determinó que los costos de la aplicación de productos microbiológicos son muy altos y no generan un beneficio neto, debido a que los rendimientos no aumentaron y no son capaces de cubrir los costos de aplicación.
- Se estableció al final el estudio que la aplicación de microorganismos benéficos en los tres tratamientos disminuyeron el pH del suelo, movilizaron más fósforo y no generaron un aumento en la capacidad de intercambio de nutrientes ni en el porcentaje de materia orgánica presente.

2.8 Recomendaciones

- Se recomienda realizar enmiendas de materia orgánica y riegos con menor volumen y más frecuencia, preferiblemente por medio de goteo o riego por aspersión, al momento de emplear microorganismos benéficos para propiciar las condiciones de humedad necesarias para el sostenimiento de las colonias microbianas.
- Se recomienda evaluar el desarrollo vegetativo del cultivo bajo condiciones de riego por aspersión y goteo adicionando microorganismos benéficos para observar el desarrollo y lograr un efecto microbiano más efectivo sobre la zona radicular.
- Realizar selección masal seleccionado plantas con buenas características, especialmente tamaño de mazorca, por otro lado se puede realizar la poda de la panoja en plantas con características muy deficientes antes de la liberación del polen, se debe seleccionar como mínimo el 20% de plantas de la parcela total. Dos consideraciones pueden ser importantes, primero: es un procedimiento que ofrece resultados lentos y debe realizarse cada ciclo de cultivo, segundo: es preferible sembrar con diferencia de días a manera de no coincidir con la floración de plantaciones vecinas. A esto se deben sumar las condiciones de manejo agronómicas que permitan obtener un rendimiento más cercano al potencial genético del maíz local.

- No se recomienda la aplicación de microorganismos benéficos bajo condiciones de riego por inundación, periodos de deficiencia hídrica, texturas arenosas con bajos contenidos de materia orgánica, ya que se limita el periodo de vida y por ende la actividad beneficiosa que se puede obtener. Aumentando los costos y disminuyendo la rentabilidad.
- Se recomienda que al usar microorganismos benéficos se realice: a) correcciones de pH necesarias, b) evitar el uso excesivo de fuentes de nitrógeno amoniacal como sulfato de amonio por su índice acidificante, como alternativa se encuentra el nitrato de amonio que está compuesto por nitrógeno nítrico y amoniacal, c) monitorear los rangos de fósforo en suelo y follaje, d) monitorear las variaciones de CIC y bases y e) evaluar la rentabilidad de diferentes cantidades de enmiendas de materia orgánica.
- Se recomienda realizar rotación de cultivos con especies leguminosas por su acción fijadora de nitrógeno y con otras especies que son formadoras de tubérculos, raíces o bulbos que permitan diversificar la producción minimizando el periodo de barbecho de 7 meses a 4 meses.

2.9 Referencias bibliográficas

- Akhtar, M. S., & Siddiqui, Z. A. 2008. *Glomus intraradices*, *Pseudomonas alcaligenes*, and *Bacillus pumilus*: effective agents for the control of root-rot disease complex of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of General Plant Pathology*, 74(1), p. 53–60. (en línea) Consultado 08 jul. 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10327-007-0062-4> o en <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=28564749&lang=es&site=eds-live>
- Alatorre, LC. & Beguería, S. 2009. Los modelos de erosión: una revisión. *Rev. C. & G.*, 23(1-2): p. 29 - 48. (en línea) consultado el 27 de may. 2018. Disponible en: [http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol23_1_2/Cuater%2023\(1-2\)_02Alatorre.pdf](http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/vol23_1_2/Cuater%2023(1-2)_02Alatorre.pdf)
- Altieri, M. 2009. *La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable*. University of California, Berkeley, Department of

- Environmental Science, Policy and Management. Berkeley, CA, USA. 116 p. (en línea) Consultado el 27 de may. 2018. Disponible en: https://www.icia.es/icia/download/Agroecolog%C3%ADa/Material/Teoria_agricultura_sustentable.pdf
- Altieri, MA. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?. *Agroecología y Desarrollo, Santiago*, 1(1), p 1. (en línea) consultado el 28 may. 2018. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/e15b/e18f7a0e5eb078a59b9af8d5539d192e0ea4.pdf?ga=2.238440448.1692832228.1594539209-1028342430.1587660112>
- Amboya, M. 2012. Evaluación de tres frecuencias de aplicación de *Trichoderma harzianum* como estimulador de crecimiento en el cultivo de Rosa (*Rosa* spp var. *Limbk*). Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 74 p. (en línea) Consultado 28 may. 2018. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2196>
- Bader, AN., Covacevich, F. y Consolo, VF. 2016. El futuro está en cepas de *Trichoderma*: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: Visión Rural, 23(113): p. 32-35. (en línea) Consultado 05 may. 2019. Disponible en: <http://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/63414>
- Baños, YS., Concepción, A., Gonzales, I., Lazo, R., & Morejón, L. 2011. Efecto de enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp. en el manejo de *Meloidogyne* spp.. *Revista Brasileira De Agroecología*, 5(2) p. 224-233. (en línea) consultado el 28 jun. 2018. Disponible en: https://orprints.org/24512/1/Ba%C3%B1os_Efecto.pdf
- Bautista, J., García, R., Pérez, J., Zavaleta, E., Montes, R., & Ferrera, R. 2008. Inducción de supresividad a fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico. *Interciencia*, 33(2), p. 96-102. (en línea) Consultado el 11 jun. 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000200005&lng=es&tlng=es.
- Calero, A., Pérez, Y. y Quintero, E. 2018. Efecto de tres biofertilizantes en el comportamiento agronómico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Monfragüe*

- resiliente Vol.XI. p. 62-68. (en línea) Consultado el 06 jul. 2019. Disponible en: <https://www.eweb.unex.es/eweb/monfragueresiliente/numero21/Art%204.pdf>
- Calvo, P. & Zúñiga, D. 2010. Physiological characterization of *Bacillus* spp. strains from potato (*Solanum tuberosum*) rhizosphere. *Ecología Aplicada*, 9(1), 31-39 p. (en línea) Consultado 09 jun. 2018. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v9n1/a04v9n1.pdf>
- Campo, A., Acosta, RL., Morales, S., Prado, FA. 2014. Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 12(1), 79-87 p. (en línea) Consultado el 28 de jun. 2018. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117842>
- Castillo, RR. 2007. Efecto de la aplicación de (*Trichoderma harzianum*) en la producción de maíz dulce (*Zea mays*) variedad Golden Baby. Tesis de Licenciatura. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012. p. 8. (en línea) Consultado el 28 jun. 2018. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/691>
- Castro, L., Murillo, M., Uribe, L. y Mata, R. 2015. Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39(3), 21-36 p. (en línea) Consultado 08 jun. 2018. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/436/43642604002.pdf>
- Cerisola, CI. 2015. Fertilidad Química. Fertilización mineral: N-P-K. UNLP, Buenos Aires, Argentina: 43 p. (en línea). Consultado el 12 jun. 2018. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/39045/mod_resource/content/1/UD%20D8.1%20Fertilidad%20Qu%C3%ADmica%20.pdf
- Cerón, L. & Aristizábal, F. 2012. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en el suelo. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 14(1): p. 285 - 295. (en línea). Consultado el 12 jun. 2018. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/776/77624081026.pdf>
- Chien, SH., Gearhart, MM. y Collamer, DJ. 2008. *Acidez generada por los fertilizantes nitrogenados: Nueva evaluación de los requerimientos de cal*. EN: Informaciones

- Agronómicas, 41: IPNI. p. 16-17. Consultado 08 de Jun. 2018. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/9645CBEDEACE3991852579A0006B1E92/\\$FILE/Acidez%20Generada%20por%20los%20Fertilizantes%20Nitrogenados.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/9645CBEDEACE3991852579A0006B1E92/$FILE/Acidez%20Generada%20por%20los%20Fertilizantes%20Nitrogenados.pdf)
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), 1982. Manual para la evaluación Agronómica: Red Internacional de pastos tropicales. Toledo, JM. (ed.). Cali, Colombia, 155 p. (Serie CIAT 07sG-1 (82)) (en línea). Consultado el 12 jun. 2018. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Manual_Evaluacion.pdf o en <https://hdl.handle.net/10568/54148>
- CIMMYT. s.f. Nutrición mineral. Síntomas primarios. WheatDoctor. (en línea). Consultado 18 jun. 2019. Disponible en: <http://wheatdoctor.org/mineral-nutrition>
- Cisneros, FH. 1992. El manejo integrado de plagas. Guía de Investigación CIP 7. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 38 p. (en línea). Consultado 02 jun. 2018. Disponible en: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABL978.pdf
- Companioni González, B., Domínguez Arizmendi, G., & García Velasco, R. 2019. Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. Biotecnología Vegetal, 19(4), p. 237-248. Consultado 12 jun. 2018. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/639/pdf>
- Cruz, N. 2012. Aprovechamiento y manejo de desechos orgánicos de cocina utilizando microorganismos eficientes de montaña (MEM) aislados de dos bosques secundarios de Costa Rica. Trabajo de Graduación. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología, Cartago. C.R. p. 23. (en línea) consultado 07 jun. 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2238/2867>
- Cubillos, J., Valero, N., & Mejía, L. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Agronomía Colombiana, 27(1), p. 81-86. (en línea). Consultado 20 may. 2018. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11363/12028>

- Deras, H. s.f. El cultivo de maíz. Guía técnica. IICA. El Salvador. p. 17-18 (en línea). Consultado el: 30 sep. 2018. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Espinosa, J. 1999. Acidez y encalado de los suelos. IPNI, Quito, Ecuador: 46 p. (en línea). Consultado el: 30 sep. 2018. Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/libros/Acidez%20y%20encalado%20de%20suelos,%20libro%20por%20J%20Espinosa%20y%20E%20Molina.pdf>
- FAO/FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2019). FAOSTAT-Producción agrícola. (en línea). Disponible en: www.fao.org/faostat/es/#compare
- Fuentes, MR., van Etten, J. Ortega, A. y Vivero, JL. 2005. Maíz para Guatemala: Propuesta para la Reactivación de la Cadena Agroalimentaria del Maíz Blanco y Amarillo, SERIE "PESA Investigación", n.1, FAO Guatemala, Guatemala, C.A. p. iii, 60. (en línea) consultado el 27 may. 2018. Disponible en: <https://docplayer.es/50356367-Maiz-para-guatemala-propuesta-para-la-reactivacion-de-la-cadena-agroalimentaria-del-maiz-blanco-y-amarillo.html>
- Fuentes, R. 2002. El Cultivo de Maíz en Guatemala. Guía para su manejo Agronómico. Base de datos (en línea). Guatemala, ICTA. Consultado 7 de mar. 2018. p. 2-39 Disponible en: <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>
- García, DC. 2015. Caracterización genética y molecular de una cepa entomopatógena activa frente a la mosca de la fruta del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) para la búsqueda de factores de virulencia. (en línea) Biotecnología. Tesis de Doctoral. Universidad de Granada. 176 p. consultado 09 mar. 2018. Disponible en: <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/55741/Tesis%20doctoral%20Garcia%20Ramon.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- García, P. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. *Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. Cap. 11*. Ministerio de Medio Ambiente,

- EGRAF, S. A. Madrid. p. 309-334. (en línea) Consultado 02 jul. 2019. Disponible en <https://digital.csic.es/handle/10261/48695>
- Gaytán, B; Martínez, I. y Mayek, P. 2009. Rendimiento de grano y forraje en híbridos de maíz y su generación avanzada F2. *Agricultura técnica en México*, 35(3): 295-304. (en línea) Consultado 02 jul. 2019. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000300006&lng=es&tlng=es.
- IICA/WFP (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Programa Mundial de Alimentos). 2014. Manual para cultivo de Maíz en la región oriente de Guatemala. IICA-Guatemala. Guatemala. 38 p.
- INAB. (Instituto Nacional de Bosque). 1998. Clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p. (en línea) consultado 28 may. 2018. Disponible en: http://portal.inab.gob.gt/images/centro_descargas/manuales/Clasificaci%C3%B3n%20de%20tierras%20por%20capacidad%20de%20uso.pdf
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas), 2016. Memoria de labores 2016. Guatemala. p. 10. (en línea) consultado 22 may. 2018. Disponible en: <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Memoriasicta/Memorias%20de%20Labores%20ICTA%202016.pdf>
- INPOFOS (Instituto de la potasa y el fosfato). 1997. Manual Internacional de la Fertilidad de Suelos. AC INPOFOS; PPI-PPIC: p. 164. . (en línea) Consultado el 29 jun. 2018. Disponible en: https://kupdf.net/download/manual-internacional-de-fertilidad-de-suelospdf_596bc417dc0d609d12a88e7e_pdf
- Jiménez, C., Sanabria, N., Altuna, G., & Alcano, M. 2011. Efecto de *Trichoderma harzianum* (Rifai) sobre el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). *Rev. Fac. Agron.(LUZ)*, 28, 1-10 p. (en línea) consultado el 29 jun. 2018. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/22718661/efecto-de-trichoderma-harzianum-rifai-sobre-el-crecimiento-de->

- Julca, A., Meneses, L., Blas, R. & Bello, S. 2006. LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61. (en línea) consultado el 29 jun. 2018. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Laffite HR. s.f. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de Campo. CIMMYT_{MR}. (en línea). Consultado el 18 jun. 2019. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/727/43157.pdf?sequence=1>
- Libreros, S. 2012. La caña de azúcar fuente de energía: Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Técnicaña*, 28, p. 13-14. (en línea) Consultado el 29 jun. 2018. Disponible en: https://issuu.com/revistatecniana/docs/tec_no28_2012
- Marroquín, JA. 2016. *Evaluación del efecto de Trichoderma harzianum y Glomus intraradices en el crecimiento radicular y rendimiento de ejote francés (Phaseolus vulgaris L.) en Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, CA*. Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 107. (en línea) consultado el 06 jul. 2018. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/28df/7e4ef14bc0bc597405abece78668c1896052.pdf> o en <https://core.ac.uk/download/pdf/154906373.pdf> o en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5975/>
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. 2013. *Trichoderma* spp. and their role in the control of crop pests. (en línea) *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 1-11 p. Consultado 12 jun. 2018. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1010-27522013000100001
- Medina, CM; Talavera, A. 2014. Efecto de dosis y aplicaciones edáficas y foliar de microorganismos de montaña con y sin sales minerales en el rendimiento del cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad criolla, municipio San José de Bocay, Jinotega, febrero-mayo del 2014. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN. Nicaragua. 67 p. (en línea) Consultado 26 may. 2018. Disponible

en:

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4300/1/227735.pdf>

Milian, PR., González. J., Cuellar. E., Rivero. CJ., Fresneda. C., Terrero. W. 2014. Efecto de microorganismos eficientes (ME-50) sobre la morfología y el rendimiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en Aguada de Pasajeros. *Revista Científica Agroecosistemas*, 2(2). p 337-336. (en línea) Consultado el 28 jun. 2018. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/14>

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), 2016. El Agro en Cifras 2016. DIPLAN/MAGA. BANGUAT. Guatemala. p. 22. (en línea) Consultado 20 may. 2018. Disponible en: <https://www.maga.gob.gt/download/El%20agro16.pdf>

Molina, E. 2007. Análisis de suelos y su interpretación. San José, CR, CIA-UCR-Amino Grow Internacional: p. 8.
<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

Montaño, N., Sandoval, A., Camargo, S. & Sánchez, J. 2010. Los microorganismos pequeños gigantes. *Elementos: ciencia y cultura*. 17(77): p. 15 – 23. . (en línea) Consultado el 28 jun. 2018. Disponible en:
<https://issuu.com/elementos.digital/docs/elem77>

OMAS (Oficina Municipal de Agua y Saneamiento). 2016. Mapa de microrregiones de San Andrés Sajcabajá. San Andrés Sajcabajá, Quiché: Oficina Municipal de Agua y Saneamiento.

Orbe, JA. 2017. Evaluación de la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) en la Finca Agroecológica Zamorano. Tesis Ing. Amb. Honduras. 24 p. (en línea) Consultado el 28 jun. 2018. Disponible en:
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6179/1/IAD-2017-026.pdf>

Pereyda, J., Hernández, J., Sandoval, J., Aranda, S., de León, C., y Gómez, N. 2009. Etiología y manejo de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl.) del maíz en Guerrero, México. *Agrociencia*, 43(5). p. 511-519. (en línea) consultado 24 jun. 2018. Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000500006&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000500006&lng=es&tlng=es)

- Pérez, CN. 2015. Evaluación de la respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays*) a tres programas de fertilización química; diagnóstico y servicios realizados en la Aldea Lo de Silva, Palencia, Guatemala, C. A. (en línea) Tesis Ing. Agr. USAC. Consultado 05 mar. 2019. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/2329>
- Pérez, F., Canel, L., Urzúa, JA., Ariel, F., Montejo, I. y Sánchez, MD. 2017. Manual de elaboración de productos para la agricultura orgánica. Taller de capacitación. USAC-CUSAM, ICTA-Cobán, USAC-Cunsurori, ASPROC, EEFP-Indio Hatuey, IICA Guatemala. Guatemala. 25 p.
- Pérez, N., & Vázquez, LL. 2001. Manejo ecológico de plagas. En: Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura Sostenible. Ed. ACTAF. La Habana. p. 204. (en línea) Consultado 06 jun. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Luis_L_Vazquez_Moreno/publication/286626657_Perez_N_Y_L_L_Vazquez_Manejo_ecologico_de_plagas_En_Transformando_el_campo_cubano_Avances_de_la_Agricultura_Sostenible_Ed_ACTAF_La_Habana_Pp_191-223_2001/links/566cca2d08ae1a797e3db095.pdf
- Pérez, R. (2012). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal en pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de maestría, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Montecillo, Texcoco. México. p. 103. (en línea) Consultado el 08 jul. 2018. Disponible en: <https://1library.co/document/6qmw144z-inoculacion-de-bacterias-promotoras-de-crecimiento-vegetal-en-pepino-cucumis-sativus-l.html?tab=pdf>
- Picone, L. & Zamuner, E. 2002. Fósforo orgánico y fertilidad fosfórica. *Informaciones agronómicas del cono sur* (16). UNMP- EEA INTA Balcarce. Buenos Aires, Argentina: p. 11-15. (en línea) consultado el 29 jun. 2018. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/E8E2F139150F1B6D8525799C0058C6C3/\\$FILE/nota3.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/E8E2F139150F1B6D8525799C0058C6C3/$FILE/nota3.pdf)

- Ramirez, J. 2013. Relación de altura de planta y mazorca con rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) (en línea). Tesis Ing. Agr. Torreo, Coahuila, México. UAAAN. Consultado 02 jul. 2019. Disponible en:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6996>
- Ramos, J. 2010. "ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL (PRODUCCIÓN DE MAÍZ) Y PROYECTO: PRODUCCIÓN DE PAPA" Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. USAC. Guatemala. p. 3. (en línea) Consultado 28 may. 2018. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0759_v5.pdf
- Ramos, LM. 2016. Caracterización físico-química del biofertilizante Microorganismos de montaña (MM) para la Finca Agroecológica Santa Inés, Zamorano, Honduras: p 16-20. (en línea). Tesis Ing. Amb. Zamorano. Consultado 02 jul. 2019. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5745/1/IAD-2016-T037.pdf>
- Recinos, HV. 2015. Evaluación de frecuencias de aplicación de *Trichoderma harzianum* sobre el desarrollo radicular de tomate; Salamá, Baja Verapaz. Tesis de grado. Guatemala: Facultad de ciencias ambientales y agrícolas – URL. (en línea) Consultado el 29 jun. 2018. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/17/Recinos-Hector.pdf>
- Rodríguez, CA. 2013. Evaluación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum*) Variedad Santa Clara, asilados de residuos lignocelulósicos de Higuierilla (*Ricinus communis*). (en línea) Tesis de grado de especialización. Universidad Católica de Manizales. Consultado 05 may.2019. Disponible: <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/578>
- Rojas, NA. 2014. Efecto de *Trichoderma harzianum* sobre el fruto de tomate bajo macrotúnel; El Tejar, Chimaltenango. Tesis de grado. Guatemala: Facultad de ciencias ambientales y agrícolas – URL. p. 36. (en línea) consultado el 29 jun. 2018. Disponible en: https://kipdf.com/download/universidad-rafael-landivar-facultad-de-ciencias-ambientales-y-agricolas-licenci_5ab008a61723dd419ce48cff.html
- Saborío, F. 2002. Bioestimulantes en fertilización foliar. Fertilización foliar, principios y aplicaciones. Meléndez, G; Molina, E. (eds.). Laboratorio de Suelos y Foliare

- CIA/UCR, 2002, p. 107-119. (en línea) Consultado 27 de may. 2018. Disponible en: http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf#page=110
- Santos, C. (2002). Análisis de la relación Beneficio/Costo de la implementación de obras de conservación de suelo: Ocho estudios de caso en la comunidad de La Ciénega, San Antonio de Oriente, Honduras, Tesis de Licenciatura Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. p. 6-7. (en línea) Consultado el 28 may. 2018. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2286/1/IAD-2002-T043.pdf>
- SEGEPLAN/DPT, 2011. Consejo Municipal de San Andrés Sajcabajá, Quiché. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial. Plan de Desarrollo San Andrés Sajcabajá, Quiché. Guatemala. p. 62.
- Segura, LA. 2008. Evaluación de 19 híbridos de maíz blanco (*zea mays*) procedentes de diferentes localidades de latino américa, en los campos del centro experimental docente de agronomía (CEDA), Facultad de Agronomía, zona 12 Guatemala. (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 5-10 p. Consultado 25 may. 2018. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2399.pdf
- Sequera, O. & Ramírez, R. 2003. Fósforo, calcio y azufre disponibles en la roca fosfórica acidulada con ácido sulfúrico y tiosulfato de amonio. INCI. Caracas. 28(10): p. 604 – 610. (en línea) Consultado 6 jun. 2018. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33908508>
- Silva, G., Lagunes, A., & Rodríguez, J. (2003). Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. Ciencia e Investigación Agraria, 30(3), 153-160. (en línea) Consultado 6 jun. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Angel_Lagunes/publication/28136199_Control_de_Sitophilus_zeamais_Coleoptera_Curculionidae_con_polvos_vegetales_solos_y_enmezcla_con_carbonato_de_calcio_en_maiz_almacenado/links/0c96051815fc165303000000/Control-de-Sitophilus-zeamais-Coleoptera-Curculionidae-con-polvos-vegetales-solos-y-enmezcla-con-carbonato-de-calcio-en-maiz-almacenado.pdf

Sotelo, Ll., Jiménez, JA., De Zan, AT., & Cueto, MC. 2012. Efecto de inoculación de microorganismos en crecimiento de Rábano (*Raphanus sativus*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 10(1), 21-31 p. (en línea) consultado el 08 jul. 2008. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117720>

Tejera, B.; Rojas, M. y Heydrich, M. 2011. Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 42(3), p. 131-138. (en línea). Consultado 09 jun. 2018. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181222321004>

Umaña, S., Rodríguez, K., & Hoppe, C. R. 2017. ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), p. 133-144. (en línea) Consultado el 27 jun. 2018. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6055219>

Villatoro, EA. 2005. Efecto de lodos provenientes de plantas de tratamiento sobre maíz dulce (*Zea mays*). Tesis Ing. Agr. Guatemala: USAC, FAUSAC. 53 p. (en línea) Consultado el 27 jun. 2018. Disponible en:

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2210.pdf

Vo.Bo. _____



Firma y Sello Biblioteca CUSACQ

2.10 Apéndice

Cuadro 29A. Ingresos y costos totales por cada tratamiento por ha.

	T1 (MM)	T2 (Th)	T3 (Bp)	T4 (Testigo)
Insumo/actividad				
COSTOS DIRECTOS	(GTQ)	(GTQ)	(GTQ)	(GTQ)
Semilla criolla	Q 128.00	Q 128.00	Q 128.00	Q 128.00
Fertilizante	Q 1,600.00	Q 1,600.00	Q 1,600.00	Q 1,600.00
Fitosanitarios	Q 140.00	Q 140.00	Q 140.00	Q 140.00
Preparación del suelo	Q 560.00	Q 560.00	Q 560.00	Q 560.00
Siembra	Q 280.00	Q 280.00	Q 280.00	Q 280.00
Raspado o limpia	Q 280.00	Q 280.00	Q 280.00	Q 280.00
Abonado	Q 840.00	Q 840.00	Q 840.00	Q 840.00
Riego	Q 630.00	Q 630.00	Q 630.00	Q 630.00
Aplicación de fitosanitarios	Q 1,120.00	Q 840.00	Q 840.00	Q 560.00
Cosecha	Q 560.00	Q 560.00	Q 560.00	Q 560.00
Productos biológicos	Q 425.04	Q 3,798.00	Q 3,798.00	Q - -
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	Q 6,563.04	Q 9,656.00	Q 9,656.00	Q 5,578.00
COSTOS INDIRECTOS				
Mantenimiento de toma de agua	Q 25.00	Q 25.00	Q 25.00	Q 25.00
Transporte de insumos	Q 40.00	Q 40.00	Q 40.00	Q 40.00
Mochila de asperjar	Q 100.00	Q 100.00	Q 100.00	Q 100.00
Azadón	Q 20.00	Q 20.00	Q 20.00	Q 20.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	Q 185.00	Q 185.00	Q 185.00	Q 185.00
COSTO TOTAL	Q 6,748.04	Q 9,841.00	Q 9,841.00	Q 5,763.00
Rendimiento (qq/ha)	40.29	43.01	40.27	43.11
Precio por quintal	Q 180.00	Q 180.00	Q 180.00	Q 180.00
INGRESO TOTAL	Q 7,252.20	Q 7,741.80	Q 7,248.60	Q 7,759.80
BENEFICIO NETO	Q 504.16	Q (2,099.20)	Q (2,592.40)	Q 1,996.80

() Valores negativos / inferiores al costo.


Cuadro 30A. Costos de producción de una hectárea de maíz en la aldea Sacaj, en áreas con más de 5 años de explotación.

	Unidad de Medida	Valor unitario en Quetzales (GTQ)	Cantidad	Total
COSTOS DIRECTOS				
Semilla criolla	libra	Q 8.00	16	Q 128.00
Fertilizante	quintal	Q 100.00	16	Q 1,600.00
Fitosanitarios	frasco	Q 35.00	8	Q 280.00
Preparación del suelo	jornal	Q 35.00	16	Q 560.00
Siembra	jornal	Q 35.00	8	Q 280.00
Desmalezado o limpia	jornal	Q 35.00	8	Q 280.00
Abonado	jornal	Q 35.00	16	Q 560.00
Riego	jornal	Q 35.00	18	Q 630.00
Aplicación de fitosanitarios	jornal	Q 35.00	16	Q 560.00
Cosecha	jornal	Q 35.00	16	Q 560.00
COSTOS INDIRECTOS				
Mantenimiento de riego	quetzales	Q 25.00	1	Q 25.00
Transporte de insumos	pasaje	Q 10.00	4	Q 40.00
Mochila de asperjar	quetzales	Q 400.00	0.25	Q 100.00
Azadón	quetzales	Q 80.00	0.25	Q 20.00
Total de costos:				Q 5,623.00
Rendimiento estimado por ha.	quintal	Q 200.00	24	Q 4,800.00
Beneficio Neto				Q (823.00)


() Valores negativos / inferiores al costo.

Cuadro 31A. Costos de producción de microorganismos de montaña.

Insumo/actividad	Referencia	Valor Unitario (GTQ)	Cantidad	Total
Fase 1*				
Barril plástico con tapa de 200 L	unidad	Q 230.00	1	Q 230.00
Tierra de bosque	quintal	Q 15.00	2	Q 30.00
Afrecho	quintal	Q 115.00	1	Q 115.00
Melaza	galón	Q 35.00	1	Q 35.00
Mano de obra	jornal	Q 35.00	1	Q 35.00
Subtotal				Q 445.00
Fase 2**				
Barril plástico con tapa de 200 L	jornal	Q 230.00	1	Q 230.00
Tubo pvc 1/2"	metro	Q 3.00	1	Q 3.00
Poliducto 3/4"	metro	Q 3.00	1	Q 3.00
Copla macho con rosca 1/2"	unidad	Q 3.00	1	Q 3.00
Copla hembra con rosca 1/2"	unidad	Q 3.00	1	Q 3.00
Abrazadera 1"	unidad	Q 1.00	1	Q 1.00
Solvente PVC 25gr	tubo	Q 9.00	1	Q 9.00
Melaza	galón	Q 35.00	1	Q 35.00
Subtotal				Q 287.00
Total de costos:				Q 732.00
*La fase 1, rinde para realizar 32 fases 2.				
** La fase 2, rinde para 25 mochilas de 16 litros. (debe usarse un galón de melaza por cada vez que se ejecute la fase 2)				
Los costos de <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Bacillus pumilus</i>. Son de Q240.00 / 25gr.				





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



INTERESADO: EDDY ALEXANDER SABEN
RESPONSABLE: MARCOS OVALLE
PROCEDENCIA: SAN ANDRES SAJCABAJA, QUICHE
FECHA DE INGRESO: 11/9/2018
FECHA DE EMISION DE INFORME: 19/9/2018 #000229

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

Identificación	pH	ppm		Meq/100gr		ppm				% M.O.
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	
RANGO MEDIO	6-6.5	12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15	4-5
M-1	5.4	113	68	4.99	0.82	1.50	1.00	49.00	9.00	0.65

CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189308, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 24A. Resultados del análisis químico de suelos, previo al establecimiento del estudio.



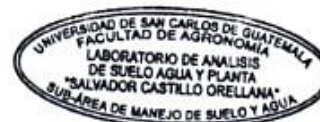
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: EDDY SABAN SEQUEN
RESPONSABLE: MARCOS OVALLE
PROCEDENCIA: SAN ANDRES SAJCABAJA, QUICHE
FECHA DE INGRESO: 22/11/2018
FECHA DE EMISION DE INFORME: 28/1/2019

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	Meq/100gr					% SB
	CIC	Ca	Mg	Na	K	
M-1	4.80	2.99	0.95	0.11	0.15	87.64



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

Figura 25A. Resultados del análisis químico de suelos, previo al establecimiento del estudio.



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



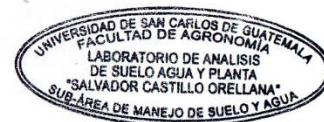
INTERESADO: MARCOS OVALLE
PROCEDENCIA: SAN ANDRES SACABAJA, QUICHE
FECHA DE INGRESO: 3/6/2019 **FECHA DE EMISION DE INFORME: 25/6/2019** **#000444**

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	pH	Ppm					Meq/100 gr					%	
		P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	M.O
RANGO MEDIO	6-6.5	12-16	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	-----	0.27-0.38	75-90	4-5
M-1 Lote 1MM U3m	4.7	1.95	1.00	0.10	66.50	20.00	5.12	1.75	0.41	0.20	0.13	48.63	0.53
M-2 Lote 2BP U3m	4.6	31.40	1.50	0.10	73.50	24.00	5.12	2.25	0.49	0.25	0.15	61.40	0.75
M-3 Lote 3TH U3m	4.3	27.45	1.00	0.10	74.00	21.50	4.73	1.75	0.33	0.57	0.15	59.11	0.75
M-4 Lote 4T U3m	5.2	32.45	1.00	0.10	52.00	23.50	5.12	1.50	0.41	0.17	0.11	42.75	0.86

ANALISIS FISICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	%			CLASE TEXTURAL
	Arcilla	Limo	Arena	
M-1 Lote 1MM U3m	6.64	13.94	79.42	ARENA FRANCA
M-2 Lote 2BP U3m	6.64	16.04	77.32	ARENA FRANCA
M-3 Lote 3TH U3m	4.54	16.04	79.42	ARENA FRANCA
M-4 Lote 4T U3m	4.54	18.14	77.32	ARENA FRANCA



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)24189308, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 26A. Resultados del análisis químico de suelos, posterior a la cosecha del cultivo.

A.



B.



Figura 27A. Elaboración de microorganismos de montaña. A) mezcla de materiales. B) llenado del barril con la mezcla.

A.



B.



Figura 28A. Microorganismos de montaña en fase Líquida. A) Barril armado. B) Microorganismos líquidos.

¡ALTO! LEA EL PANFLETO ANTES DE USAR EL PRODUCTO Y
CONSULTE AL PROFESIONAL EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

RIKODERMA 8 WP

FUNGICIDA - MICROBIOLÓGICO

Trichoderma harzianum

PRECAUCION

ANTIDOTO: NO TIENE

DENSIDAD: 1 gramo/ml a 22 °C.

ESTE PRODUCTO PUEDE SER MORTAL SI SE INGIERE O SE
INHALA PUEDE CAUSAR DAÑOS A LOS OJOS Y A LA PIEL POR
EXPOSICIÓN.

NO ALMACENAR EN CASAS DE HABITACIÓN
MANTÉNGASE ALEJADO DE LOS NIÑOS,
PERSONAS MENTALMENTE INCAPACES,
ANIMALES DOMÉSTICOS, ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS



USO AGRONÓMICO

MODO DE ACCIÓN:

Trichoderma harzianum tiene un modo de acción de tipo antagonista lo que la hace destacar como una de las especies más utilizadas para el biocontrol de patógenos fúngicos del suelo, para lograr esto presenta diferentes mecanismos que le permiten el control de los fitopatógenos. Entre estos mecanismos se encuentran: competencia por el sustrato y nutrientes, micoparasitismo, antibiosis, desactivación de enzimas del patógeno, resistencia inducida, entre otros.

EQUIPO DE APLICACIÓN:

RIKODERMA 8 WP puede aplicarse directamente a la planta con cualquier tipo de sistema de riego o bomba de mochila. Se recomienda quitar los filtros con diámetros mayores o iguales a 200 mesh cuando se aplica RIKODERMA 8 WP. Se recomienda aplicar cuando el suelo esté húmedo y en horas frescas de la mañana de 6:00 a 9:00 am y en horas frescas de la tarde de 4:00 a 6:00 pm.



FORMA DE PREPARACIÓN DE LA MEZCLA:

En un recipiente con 10 litros de agua diluir 25 a 50 gramos de RIKODERMA 8 WP, una vez hecho esto verter los 10 litros de agua con RIKODERMA 8 WP al tanque de aplicación, completar con el volumen de agua a utilizar y mezclar uniformemente. Se recomienda mantener el pH de la mezcla en 4.0-6.0, no utilizar adherentes, coadyuvantes, surfactantes y reguladores de pH que contengan alcohol.

RECOMENDACIONES DE USO:

CULTIVO	PLAGA	DOSIS RECOMENDADAS
Chile pimienta (<i>Capsicum annuum</i>) Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) Papa (<i>Solanum tuberosum</i>) Berenjena (<i>Solanum melongena</i>)	<i>Fusarium oxysporum</i>	25-50 gramos en 1750 litros de agua/Ha

INTERVALO DE APLICACIÓN:

RIKODERMA se recomienda aplicar al momento del trasplante, si la plaga persiste se recomienda aplicar a intervalos de 8, 15, 21 días en cualquier etapa fenológica del cultivo y no tiene restricción de número de aplicaciones por ciclo de cultivo.

PERIODO DE CARENIA

No existe restricción.

INTERVALO DE REINGRESO AL AREA TRATADA:

No tiene restricción

FITOTOXICIDAD:

No es fitotóxico.

INCOMPATIBILIDAD:

RIKODERMA es compatible con la mayoría de pesticidas de uso agrícola, sin embargo se recomienda no mezclar con fungicidas como el benomilo y tebuconazol.

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO:

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

RIKODERMA 8 WP puede ser almacenado durante a 10-25 °C durante 3 meses, no exponer el producto a la luz directa del sol ya que la luz puede reducir la calidad del ente microbiano. Temperaturas arriba de 30°C reducen la calidad del producto, se recomienda almacenar y transportar alejado de fungicidas y en su empaque original.

NO ALMACENAR ESTE PRODUCTO EN CASAS DE HABITACIÓN
MANTÉNGASE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS



NO COMER, FUMAR O BEBER DURANTE EL MANEJO Y APLICACIÓN
DE ESTE PRODUCTO
BÁÑESE DESPUÉS DE TRABAJAR Y PÓNGASE ROPA LIMPIA



SÍNTOMAS DE INTOXICACIÓN

RIKODERMA 8 WP es un producto que contiene como ingrediente activo *Trichoderma harzianum*, el cual es un organismo no tóxico para la salud humana. En condiciones normales de uso, no se conocen de efectos de intoxicación por la vía ocular, dermal, oral y/o inhalación, sin embargo si llegase a ocurrir se recomienda seguir las siguientes medidas básicas de primeros auxilios:

PRIMEROS AUXILIOS:

POR INGESTIÓN: Si ocurren síntomas de intoxicación por ingestión se recomienda seguir un tratamiento sintomático y llevar al paciente al médico para su atención inmediata.

POR INHALACIÓN: Si ocurren síntomas de intoxicación por inhalación y estos persisten se recomienda llevar al paciente a un lugar ventilado y obtener asistencia médica.

POR CONTACTO CON LA PIEL: Quítese la ropa contaminada, lavar el área expuesta con suficiente agua y jabón, si existe irritación obtenga asistencia médica.

POR CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuague los ojos con abundante agua limpia, si la irritación persiste obtenga asistencia médica.

NUNCA DÉ A BEBER NI INDUZCA EL VÓMITO A
PERSONAS EN ESTADO DE INCONSCIENCIA

ANTÍDOTO Y TRATAMIENTO MÉDICO

NO TIENE, se recomienda obtener asistencia médica en caso de intoxicación.
CENTROS NACIONALES DE INTOXICACIÓN

INSTITUCION	PAIS	TELEFONO
Centro de Información y Asesoría Toxicológica	GUATEMALA	(502) 2251-3560 (502) 2232-0735
Karl Heusner Memorial Hospital Dr. Humisa Hahu.	BELICE	(501) 231-548 (501) 231-639
Centro de Información Toxicológica	EL SALVADOR	(503) 2228-0417
Secretaría de Agricultura y Ganadería, Sanidad Vegetal	HONDURAS	(504) 332-6213
Centro de Toxicología Complejo de Salud Concepción Palacios.	NICARAGUA	(505) 289-7150 Ext. 213
Centro Nacional de Control de Intoxicaciones	COSTA RICA	(506) 8223-1028

MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE

NO CONTAMINE RÍOS, LAGOS, ESTANQUES Y FUENTES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS CON ESTE PRODUCTO O CON ENVASES O EMPAQUES VACIOS.

MANEJO DE ENVASES, EMPAQUES, DESECHOS Y REMANENTES

Luego de utilizar RIKODERMA 8 WP, se recomienda que los empaques sean llevados a los centros de acopio de AGREQUTMA para que estos reciban un tratamiento adecuado, no tirar los envases cerca de fuentes de agua superficial y/o subterránea y cerca de viviendas.

EL USO DE LOS ENVASES O EMPAQUES EN FORMA DIFERENTE PARA LO QUE FUERON DISEÑADOS, PONE EN PELIGRO LA SALUD HUMANA Y EL AMBIENTE

AVISO DE GARANTÍA

El productor garantiza que el producto corresponde a lo descrito en la etiqueta. El uso del mismo está fuera de control del productor y distribuidor, por lo que el comprador asume todo riesgo y responsabilidad de su buen uso y manejo.

FORMULADOR:

MIC, S.A.
11 Av. 37-80, Zona 11, Colonia Las Charcas
Ciudad de Guatemala, Guatemala
Tel: (502) 2327 3333

Pais	N° Registro	Fecha Registro
Guatemala	961-4	08-NOV-2016
El Salvador		
Honduras		
Nicaragua		

Figura 29A. Panfleto de del producto microbiológico Rikoderma 8WP.

¡ALTO! LEA EL PANFLETO ANTES DE USAR EL PRODUCTO Y
CONSULTE AL PROFESIONAL EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

BM-Pum 10 EC

FUNGICIDA-MICROBIOLÓGICO

Bacillus pumilus

1 x 10¹¹ UFC/ml

PRECAUCION
ANTIDOTO: NO TIENE

DENSIDAD: 1 gramo/ml a 22 °C.

NO ALMACENAR EN CASAS DE HABITACIÓN
MANTENGASE ALEJADO DE LOS NIÑOS,
PERSONAS MENTALMENTE INCAPACES,
ANIMALES DOMÉSTICOS, ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS



USO AGRÍCOLA
MODO DE ACCIÓN:

Bacillus pumilus previene la germinación de las esporas de los hongos en la planta mediante la formación de una barrera física entre la hoja y las esporas de los hongos y luego es capaz de colonizar las esporas de los hongos. *Bacillus pumilus* inhibe el crecimiento de los hongos mediante diferentes mecanismos, entre estos se encuentran: antibiosis, competencia por alimento, competencia por espacio, promoción del crecimiento e inducción de resistencia vegetal, lisis celular, micoparasitismo y otros.

EQUIPO Y FORMA DE APLICACIÓN:

BM-Pum 10 EC puede aplicarse directamente a la planta con cualquier tipo de sistema de riego, cuando se aplica a la raíz y con cualquier equipo de aspersión manual y/o motorizada, cuando se aplica de forma foliar. Se recomienda aplicar cuando el suelo esté húmedo y en horas frescas de la mañana de 6:00 a 9:00 am y en horas frescas de la tarde de 4:00 a 6:00 pm.

FORMA DE PREPARACIÓN DE LA MEZCLA:

En el recipiente de mezcla diluir la cantidad necesaria de BM-Pum 10 EC a utilizar, mezclar uniformemente y aplicar.

RECOMENDACIONES DE USO:

CULTIVO	PLAGA	DOSIS RECOMENDADAS
Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	Mildiu de las cucúrbitas (<i>Pseudoperonospora cubensis</i>)	25 Gr/200 litros de agua
Melón (<i>Cucumis melo</i>)		
Sandía (<i>Citrullus lannatus</i>)		
Calabaza, Ayote (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i>)	<i>Phytophthora</i> , <i>pythium</i>	
Zuchini (<i>Cucurbita pepo</i>)		

INTERVALO DE APLICACIÓN:

BM-Pum 10 EC se recomienda aplicar al momento del trasplante, si la plaga persiste se recomienda aplicar a intervalos de 7, 15, 21 días en cualquier etapa fenológica del cultivo. BM-Pum 10 EC no tiene restricción de número de aplicaciones por ciclo de cultivo.

PERIODO DE CARENIA

1 día.

INTERVALO DE REINGRESO AL AREA TRATADA:

No tiene restricción

FITOTOXICIDAD:

No es fitotóxico.

INCOMPATIBILIDAD:

BM-Pum 10 EC es incompatible con las siguientes sustancias: oxiclóruo de cobre, sulfato de cobre, cobre pentahidratado, caldo bordelés, estreptomina, terramicina agrícola, oxitetraciclina, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, amonio cuaternario de cuarta generación, permanganato de potasio, iodo etanol (nomil-fenol-polioxi-etilen-propileno) o yodo, monopersulfato potásico-sulfato monopotásico o sal triple, sulfonato de dodecibenceno sulfonato y ácido sulfámico.

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO:

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

BM-Pum 10 EC puede ser almacenado a 10-25 °C durante 3 meses, no exponer el producto a la luz directa del sol ya que la luz puede reducir la calidad del ente microbiano. Temperaturas arriba de 30°C reducen la calidad del producto, se recomienda almacenar y transportar alejado de bactericidas y en su empaque original.

NO TRANSPORTAR Y ALMACENAR CON PLAGUICIDAS
NO ALMACENAR ESTE PRODUCTO EN CASAS DE HABITACIÓN
MANTENGASE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS

NO COMER, FUMAR O BEBER DURANTE EL MANEJO Y APLICACIÓN DE
ESTE PRODUCTO
BÁÑESE DESPUÉS DE LIBERAR Y PONGASE ROPA LIMPIA



SÍNTOMAS DE INTOXICACIÓN

BM-Pum 10 EC es un producto que contiene como ingrediente activo *Bacillus pumilus*, el cual es un organismo no tóxico para la salud humana. En condiciones normales de uso, no se conocen de efectos de intoxicación por la vía ocular, dermal, oral y/o inhalación, sin embargo si llegase a ocurrir se recomienda seguir las siguientes medidas básicas de primeros auxilios:

PRIMEROS AUXILIOS:

POR INGESTIÓN: Si ocurren síntomas de intoxicación por ingestión se recomienda seguir un tratamiento sintomático y obtener asistencia médica.

POR INHALACIÓN: Si ocurren síntomas de intoxicación por inhalación y estos persisten se recomienda llevar al paciente a un lugar ventilado y obtener asistencia médica.

POR CONTACTO CON LA PIEL: Quite la ropa contaminada, lavar el área expuesta con suficiente agua y jabón, si existe irritación obtenga asistencia médica.

POR CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuague los ojos con abundante agua limpia, si la irritación persiste obtenga asistencia médica.

NUNCA DÉ A BEBER NI INDUZCA EL VÓMITO A
PERSONAS EN ESTADO DE INCONSCIENCIA

ANTIDOTO Y TRATAMIENTO MÉDICO

NO TIENE, se recomienda obtener asistencia médica en caso de intoxicación.

CENTROS NACIONALES DE INTOXICACIÓN

INSTITUCION	PAIS	TELEFONO
Centro de Información y Asesoría Toxicológica	GUATEMALA	(502) 2251-3560 (502) 2232-0735
Karl Heusner Memorial Hospital Dr. Hurriza Hault.	BELICE	(501) 231-548 (501) 231-639
Centro de Información Toxicológica	EL SALVADOR	(503) 2228-0417
Secretaría de Agricultura y Ganadería, Sanidad Vegetal	HONDURAS	(504) 332-6213
Centro de Toxicología Complejo de Salud Concepción Palacios.	NICARAGUA	(505) 289-7150 Ext. 213
Centro Nacional de Control de Intoxicaciones	COSTA RICA	(506) 8223-1028

MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE

NO CONTAMINE RIOS, LAGOS, ESTANQUES Y FUENTES DE AGUAS
SUBTERRÁNEAS CON ESTE PRODUCTO O CON ENVASES O EMPAQUES
VACIOS.



MANEJO DE ENVASES, EMPAQUES, DESECHOS Y REMANENTES

Luego de utilizar BM-Pum 10 EC, se recomienda que los envases sean llevados a los centros de acopio autorizados para que estos reciban un tratamiento adecuado, no tirar los envases cerca de fuentes de agua superficial y/o subterránea y cerca de viviendas.

EL USO DE LOS ENVASES O EMPAQUES EN FORMA
DIFERENTE PARA LO QUE FUERON DISEÑADOS,
PONE EN PELIGRO LA SALUD HUMANA Y EL AMBIENTE

AVISO DE GARANTÍA

El productor garantiza que el producto corresponde a lo descrito en la etiqueta. El uso del mismo está fuera de control del productor y distribuidor, por lo que el comprador asume todo riesgo y responsabilidad de su buen uso y manejo.

FORMULADOR:

MIC, S.A.
11 Av. 37-80, Zona 11, Colonia Las Charcas
Ciudad de Guatemala, Guatemala
Tel: (502) 5043 3180

País	N°Registro	Fecha Registro
Guatemala		

Figura 30A. Panfleto del producto microbiológico BM-Pum 10 EC.

A.**B.**

Figura 31A. Inicio del estudio. A) Preparación del suelo y siembra. B) Diseño y rotulado de las unidades experimentales.

A.**B.**

Figura 32A. Desarrollo del cultivo. A) 37 días después de siembra. B) 58 días después de siembra.

A.**B.**

Figura 33A. Toma de datos del estudio. A) Medición de altura y grosor de tallo a 97 dds. B) Pesaje de la cosecha obtenida por cada unidad experimental.

A.**B.**

Figura 34A. Muestreo de suelo de la parcela experimental. A) Toma de sub-muestras previo al cultivo. B) Toma de sub-muestras al finalizar el ciclo del cultivo.

2.11 Glosario

Antagonismo: indica un tipo de interacción que provoca que una sustancia o un organismo no puedan realizar una actividad al estar en contacto con otro.

Cariopsis: o cariósipide, fruto seco e indehiscente en el que el pericarpo está firmemente unido a la semilla.

Cuerda: unidad de medida de superficie que se utiliza en la región de estudio, equivale a un área de 625 metros cuadrados.

Drench: significa Mojado y es considerada como una técnica de fertilización que consiste en aplicar sobre la superficie del suelo, la mezcla de fertilizantes tradicionales disueltos en agua.

Endospermo: es el tejido nutricional formado en el saco embrionario de las plantas con semilla.

Fiálides: Estructura con forma de botella, ubicada en el extremo de un conidióforo, sobre la cual se producen esporas.

Producto fitosanitario: sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir evitar, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga o enfermedad,

Germoplasma: conjunto de los genes que, mediante células reproductoras o gametos, son transmitidos a los descendientes a través de la reproducción, está contenido en semilla o esporas.

Humus: es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos descomponedores.

Litotrofía: se refiere a la capacidad de ciertos organismos que pueden obtener su energía de la oxidación de los compuestos inorgánicos.

Lixiviación: desplazamiento de sustancias solubles o dispersables, esto provoca que los horizontes superiores del suelo pierdan sus compuestos nutritivos o fertilizantes, arrastrados por el agua.

ppm: partes por millón, es una unidad de medida de concentración que mide la cantidad de unidades de sustancia que hay por cada millón de unidades.

Psicrófilo: Se aplica a las bacterias que tienen máximo u óptimo desarrollo entre temperaturas de 15 a 20 grados C, pero pueden vivir por debajo de los 5 °C.

Pústula: pequeño abultamiento formado por fructificaciones de hongos o por las lesiones que originan en los tejidos epidérmicos.

Quimiótrófo: se refiere a los organismos capaces de utilizar compuestos inorgánicos reducidos como sustratos para obtener energía y utilizarla en el metabolismo respiratorio.

Tunicado: el maíz tunicado es una especie de maíz cuyos granos individualmente están envueltos en hoja.

Ubicuidad: en la microbiología, los seres ubicuos son aquellos microorganismos que pueden habitar en cualquier lugar.

UFC: la unidad formadora de colonias, es una unidad de medida que se emplea para la cuantificación de microorganismos, es decir, para contabilizar el número de bacterias o células fúngicas (levaduras) viables en una muestra líquida o sólida.

pH: el potencial de hidrógeno es un parámetro que se utiliza para medir el grado de acidez de una sustancia.

Insectistático: efecto de sustancias vegetales que actúan en forma preventiva y no insecticida sobre el insecto, provocando inhibición en la alimentación, crecimiento y ovoposición, por lo que no es insecticida.

Agricultura de secano: tipo de agricultura donde los cultivos crecen sólo con el agua de la lluvia, sin la ayuda del riego artificial.

AMER: Agencia Municipal de Extensión Rural.

MAGA: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

CADER: Centro de aprendizaje para el desarrollo rural.



CAPÍTULO III

Servicios realizados en la aldea Sacaj I de San Andrés Sajcabajá, Quiché, Guatemala.

3.1 Presentación

El siguiente informe contiene los servicios realizados en la aldea de Sacaj del municipio de San Andrés Sajcabajá, de acuerdo a lo diagnosticado en la aldea durante el mes de marzo del año 2018. En conjunto con los participantes del grupo del CADER de la comunidad, se estableció la priorización de problemas, donde enlistan aquellos que consideran de mayor importancia y otros que por desconocimiento o falta de información concreta, han generado interés en la comunidad.

Los problemas manifestados son los siguientes: Bajo rendimiento en cosechas de maíz y frijol, poca fertilidad en el suelo, falta de técnicas sostenibles en el manejo de cultivos, etapas en que la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se convierte en plaga, pérdida de cosechas por enfermedades, poca diversidad de cultivos de hortalizas y desconocimiento de algunas técnicas de producción, meses sin cultivos, enfermedades de aves de traspatio, vientos fuertes especialmente en época lluviosa y durante el ciclo del cultivo, poca diversidad de cultivos frutales y pérdida de bosque.

En conjunto con los participantes del CADER se establecieron temas de interés para los cuales se implementaron un conjunto de servicios que contribuyeron a mejorar las condiciones de los sistemas productivos de la comunidad. Los servicios son los siguientes:

1. Prácticas para la conservación del suelo, uso de nivel en "A" para mitigar la erosión hídrica de las áreas de cultivo.
2. Mejoramiento de la disponibilidad y diversidad de alimento mediante la implementación de huertos familiares con especies locales e introducidas.
3. Capacitación sobre la importancia del encierro de aves y aplicación de programas de vacunación en aves de traspatio.
4. Implementación de parcelas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad ICTA Altense.
5. Evaluación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) Variedad ICTA B15 e Híbrido P4082W.
6. Capacitaciones sobre elaboración de aboneras orgánicas para obtención de compost como alternativa para enmiendas y mantenimiento de suelos.
7. Capacitación sobre micro-finanzas y manejo del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.).
8. Muestreo de suelo en áreas cultivadas para determinar la fertilidad del mismo a través de un análisis de laboratorio.

Estos servicios se ejecutaron en la aldea Sacaj con la participación de la comunidad lo cual beneficia directamente a integrantes del CADER y beneficiará de manera indirecta a las personas de la aldea que no han podido participar. Los servicios se ejecutaron durante el periodo de realización del EPS en el año 2018 y los mismos se describen en las siguientes páginas.

3.2 Servicio No. 1. Capacitación sobre prácticas para la conservación del suelo y uso de nivel en “A”.

3.2.1 Objetivos

3.2.1.1 Objetivo general

- Implementar técnicas para la mitigar la erosión hídrica en las zonas cultivadas con maíz (*Zea mays* L.) en la aldea Sacaj I.

3.2.1.2 Objetivos específicos.

- Impartir capacitación para el uso de nivel en “A” y el beneficio de la conservación del suelo.
- Capacitar a los pobladores para la construcción de acequias y/o barreras en curvas a nivel.
- Establecer 500 m. lineales de acequias y/o barreras en terrenos vulnerables a escorrentía.

3.2.2 Metodología

3.2.2.1 Asistencia técnica.

Por medio de este servicio se acompañó y se proporcionó asistencia técnica en visitas de campo con el objetivo de facilitar técnicas que ayuden a solucionar problemas específicos en relación a la disminución de fertilidad por pérdida de suelo.

3.2.2.2 Capacitaciones

Para las capacitaciones se realizaron las siguientes tareas con el fin de dar a conocer los temas y realizar las prácticas que ayudaron a solventar el problema en las zonas vulnerables.

Se organizó a los participantes exponiéndoles la idea de realizar capacitaciones sobre la conservación del suelo.

Se coordinó la obtención de materiales locales para ser empleados en la capacitación, estacas y reglas de árboles rectos y herramientas de campo, machetes y cuerda.

Se preparó el material para la ejecución de la capacitación dada a los participantes del CADER sobre los beneficios y ventajas de proteger el suelo en las zonas vulnerables y en

la construcción y utilización del Nivel en “A” según lo lineamientos propuestos por la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), (2011:2-14), así como la construcción de acequias o barreras sobre las laderas donde se cultiva maíz.

3.2.2.3 Construcción de nivel en “A”

Se realizó la construcción del nivel en “A” con los participantes, empleando los recursos de la comunidad que se encuentren disponibles en el entorno. Para esta actividad de se emplearon dos varas rectas de 2 metros de largo y una regla de 1.10 metros. Una cinta métrica, dos estacas de 40 cm, un rollo de cuerda para amarrar, lápiz, navaja y una piedra de al menos media libra de peso.

3.2.2.4 Calibración del nivel en “A”

Se procedió a explicar los pasos para la calibración, se colocaron dos estacas de base en donde se realizaron las comparaciones de acuerdo a la plomada o peso colocado al centro del nivel. Se realizaron las marcas y se determinó el centro o nivel del aparato.

3.2.2.5 Línea madre y curvas a nivel

Durante el diagnóstico se identificaron las zonas con presencia de pendiente para llevar a cabo la construcción de barreras o acequias. Se procedió realizar el cálculo de la pendiente con el aparato y una cinta métrica con la cual se mide la diferencia de altura entre un punto y otro. Se explicó a los participantes que según la pendiente obtenida se consulte la tabla para conocer la distancia a la cual se deben elaborar las barreras o acequias.



Figura 35. Capacitación de manejo de nivel en “A” y trazo de curvas con participantes del CADER.

Cuadro 32. Parámetros para establecer las obras de conservación según la pendiente.

Pendiente de terreno (%)	Distancia entre las obras de conservación en metros	
	Granos básicos y hortalizas	Cultivos perenes o densos
5	20	25
10	15	20
15	10	18
20	9	16
25	8	15
30	7	14
35	6	13
40	6	12
45	-	10
50	-	9
55	-	8
Más de 60	-	7

Fuente: FHIA, 2011:12

Se realizó el trazo de línea madre y luego se hizo el trazo de curvas con el nivel y el uso de estacas, finalmente se explicó en que consiste la suavización de curvas si el terreno es muy irregular.

3.2.2.6 Construcción de acequias.

Se indicó a los participantes las dimensiones de las acequias y de los pozos de absorción, también se recomendó colocar pastos para conservación del talud, mismos que ya se cultivan en la comunidad y pueden ser usados como barrera viva, que más adelante podrá emplearse como forraje para el ganado bovino.

Las acequias se realizaron con las dimensiones de 0.3 x 0.3 metros sobre el contorno de la curva y los pozos de absorción con dimensión de 1 metro cúbico aunque estas dimensión puede variar a 0.5 metros de profundidad.



Figura 36. Estructura de conservación realizada en cultivo de maíz.

Cuadro 33. Cronograma de actividades realizado durante la práctica de conservación del suelo.

No.	Actividad	Fecha
1	Organizar a los participantes	Del 2 al 6 de abril 2018
2	Obtención de los materiales	Del 2 al 6 de abril 2018
3	Capacitación sobre construcción de nivel en A y trazo de curvas.	Del 9 al 13 de abril de 2018
4	Visita de seguimiento para solventar dudas en el proceso de construcción de acequias.	Del 16 al 27 de abril de 2018
5	Segunda visita de seguimiento para observar los resultados de la elaboración de acequias.	Del 4 al 8 de junio de 2018

3.2.3 Resultados

Con la implementación de este servicio se tienen los siguientes logros tanto de los campesinos como del trabajo realizado en los terrenos de ellos.

Se realizaron 2 capacitaciones dirigidas a los 78 participantes del CADER para explicar los procesos de erosión y los métodos de conservación, así como el uso del implemento nivel en “A” para la elaboración de estructuras de conservación. Se elaboraron 500 m lineales de acequias en terrenos con pendientes mayores al 5%. Otros agricultores optaron por elaborar barreras vivas con pastos equivalentes a 50 m.

Con esto los campesinos comprendieron la importancia de la conservación del suelo a través de la implementación de acequias y barreras vivas.

3.2.4 Evaluación

Los agricultores poseen como medio de separación linderos elaborados con piedra lo cual ya genera protección, sin embargo no cubre las necesidades en su totalidad.



Figura 37. Evaluación de acequias en visita de campo.



Figura 39. Barrera muerta de piedra en cultivo de maíz.



Figura 38. Barrera muerta de piedra en cultivo de frijol.

De acuerdo a la metodología se elaboraron 500 m de acequias con condiciones óptimas en un 80% en terrenos con pendientes mayores al 5% y barreras vivas con zacatón (*Panicum maximum*) equivalentes a 50 m. Estas estructuras se elaboraron dentro de los terrenos con la salvedad que debe darse mantenimiento para que el efecto retenedor sea óptimo.

La mayoría de los agricultores aproximadamente 55 agricultores puso en práctica la técnica curvas por medio de acequias, solamente 2 agricultores implementaron pastos y una minoría prefirió no realizarla debido a que cuentan con barreras muertas aunque no a la distancia indicada ya que se construyeron con el fin de separar terrenos. Finalmente se destaca que los agricultores han tomado conciencia de las pérdidas por erosión y están en la capacidad de decidir la elaboración de estructuras de conservación.



Figura 40. Evaluación de estructura de conservación en la etapa final del cultivo de maíz.



Figura 41. Estructura de conservación del suelo por medio del cultivo de pasto zacatón (*Panicum maximum*).

3.3 Servicio No. 2. Mejoramiento de la disponibilidad y diversidad de alimento mediante la implementación de huertos familiares.

3.3.1 Objetivos

3.3.1.1 Objetivo general

Mejorar la disponibilidad de alimentos hortícolas para disminuir la inseguridad alimentaria y nutricional en la aldea Sacaj I de San Andrés Sajcabajá.

3.3.1.2 Objetivos específicos

- Capacitar a los participantes en la elaboración y cultivo de huertos familiares.
- Cultivar diferentes especies de hortalizas y herbáceas comestibles.
- Obtener hortalizas como medio de subsistencia.
- Capacitar a los pobladores sobre la preparación de alimentos con el uso de los productos cosechados.

3.3.2 Metodología

3.3.2.1 Asistencia técnica

A través de la implementación de este servicio se brindó asistencia técnica a los participantes del CADER mediante las visitas de campo, con el objetivo de facilitar información acerca de la elaboración de huertos familiares y las técnicas básicas para su mantenimiento.

3.3.2.2 Capacitaciones

Para la realización de este servicio se coordinó con los participantes el lugar y área de cultivo para la ejecución de la capacitación y demostración de la siembra de hortalizas. A través de la AMER/MAGA y municipalidad de San Andrés Sajcabajá se gestionaron semillas utilizadas en la capacitación y para distribuirlas entre los participantes.

Posteriormente se facilitó la capacitación a los participantes del CADER sobre la



Figura 42. Capacitación sobre huertos familiares con participantes del CADER.

elaboración de huertos familiares y el objetivo de cultivar en casa, así como la importancia de la seguridad alimentaria y nutricional. Se capacitó sobre técnicas de siembra ya sea mediante la elaboración de tablones o surcos, las dimensiones, preparación del suelo, tipos de semillas, siembra, manejo del cultivo.

3.3.2.3 Implementación de huerto familiar

Se realizó una parcela demostrativa donde se expresó la información necesaria para el establecimiento de un huerto familiar de 100 metros cuadrados con recomendación técnicas de FAO (2009:91-148). Con el fin de que cada participante pueda replicarlo en su hogar.

3.3.2.4 Preparación del suelo.

Se inició con la preparación del terreno, para este caso los participantes buscaron y eligieron los materiales locales a utilizar para realizar tablones de forma rectangular o surcos donde se incorporó materia orgánica, las dimensiones parciales fueron de 1 m de ancho por 10 m de largo por 0.30 de profundidad, en el caso de surcos las dimensiones recomendadas fueron de 30 cm entre surco, elaborarlos perpendiculares a la pendiente y al menos de 10 metros de largo o más.

3.3.2.5 Riego.

Se recomendó mantener los huertos húmedos mediante riegos cortos y frecuentes evitando los excesos, para mantener un buen desarrollo del cultivo y evitar también enfermedades por hongos

3.3.2.6 Siembra.

Se cultivaron las siguientes especies, amaranto blanco, chipilín, cilantro (especies con fines de sostenibilidad), rábano, güicoy y zanahoria. Cada una bajo sus especificaciones técnicas en relación a densidad por unidad de área. (Amaranto blanco en dimensiones de 0.25 m x 0.25 m, Chipilín 0.5 m x 05 m, Rábano 0.05 m x 0.15



Figura 43. Capacitación y demostración sobre formas de siembra de hortalizas.

m, Zanahoria 0.05 m x 0.3 m, Cilantro 0.05 m x 0.15 m.) se cubrió la semilla y se finalizó colocando pino para evitar pérdida de humedad y lavado de la semilla.

3.3.2.7 Limpias.

Se recomendó realizar los raleos y limpieas a los 10 días después de germinada la semilla para cada cultivo y una segunda limpia a los 30 días después si es necesario, en el caso de chipilín realizar limpieas periódicamente según crezcan las malezas.

3.3.2.8 Manejo de plagas y enfermedades.

Se llevó un control de plagas y enfermedades para realizar un control principalmente orgánico y mecánico. Que permita reducir los gastos y minimizar los riesgos del uso de productos agroquímicos.

3.3.2.9 Cosecha.

Finalmente se realizó la cosecha de acuerdo al ciclo de cada cultivo para su aprovechamiento, el amaranto puede ser cosechado a las 6 semanas para consumo de hojas y de 2 a 4 meses para obtención de semillas, chipilín a partir de los 60 días, cilantro de 40 a 60 días, rábano 30 a 40 días, güicoy a partir de los 60 días y zanahoria de 90 a 110 días.

3.3.2.10 Preparación de alimentos.

Se realizó mediante gestión y coordinación, con la extensionista para el desarrollo del hogar rural de la AMER-MAGA de San Andrés Sajcabajá, la capacitación para la preparación de alimentos con los productos cosechados en los huertos familiares, donde se preparó atol de amaranto y arroz con chipilín.

Receta de atol de amaranto.

INGREDIENTES:

- 1 litro de leche.
- 4 onzas de semilla de amaranto tostado.
- 1 raja de canela.
- 1 litro de agua.
- Azúcar al gusto.

PREPARACIÓN:

En una olla se pone el agua, la leche y la canela. Cuando el preparado este en punto de ebullición agregar la semilla de amaranto y dejar hervir por 20 minutos.

Receta de arroz con Chipilín.

INGREDIENTES:

- 1 libra de arroz.
- 3 tazas de hojas de chipilín.
- 1 litro de agua.
- 1 cebolla.
- 1 manojo de cilantro.



Figura 44. Capacitación sobre preparación de atol de amaranto coordinado con la extensionista para el desarrollo del hogar rural.

PREPARACIÓN:

En una olla colocar el agua y arroz, cuando este en punto de ebullición, agregar la cebolla picada, cilantro picado y chipilín, agregar sal al gusto.

Cuadro 34. Cronograma de actividades elaborado para la ejecución de huertos familiares.

No.	Actividad	Fecha
1	Gestión y cotización de insumos.	Del 9 al 13 de abril de 2018
2	Coordinación con los participantes del CADER para la realización de la actividad.	Del 16 al 20 de abril de 2018
3	Capacitación sobre seguridad alimentaria y nutricional.	Del 23 al 27 de abril de 2018
4	Capacitación y elaboración de parcela demostrativa.	Del 2 al 4 de mayo de 2018
5	Primera visita de seguimiento.	Del 28 al 31 de mayo de 2018
6	Segunda visita de seguimiento.	Del 18 al 22 de junio de 2018
7	Tercera visita de seguimiento.	Del 1 al 3 de Julio de 2018.
8	Preparación de atol de amaranto.	Del 23 al 27 de julio de 2018

3.3.3 Resultados

Con la implementación de este servicio se logró implementar varias especies de hortalizas en la aldea Sacaj, entregando semilla a 78 familias beneficiarias, también se logró que las

participantes del CADER identificaran y conocieran diferentes especies así como la forma de manejo.

En total se establecieron 78 huertos familiares de los cuales el producto obtenido fue utilizado para la alimentación de la familia y algunas participantes comercializaron parte del producto en el mercado local, también se obtuvo semilla de algunas especies para continuar periodos de siembra posteriores.

Se impartieron 2 talleres de cocina por parte de la extensionista para el desarrollo del hogar rural de la AMER/MAGA utilizando los productos cosechados por las participantes del CADER.



Figura 45. Visita de campo luego del cercado y preparación del suelo en una parcela.

3.3.4 Evaluación

Las familias se mostraron muy agradecidas por las capacitaciones e insumos proporcionados, ya que obtuvieron nuevas experiencias, las cuales comparten de agricultor a agricultor.

El 50% de las participantes adoptó las técnicas y continuaron activamente con la elaboración de los huertos, un 20% de las participantes siembra por cuenta propia semillas que obtienen de otras especies como tomate extranjero, chile, papa, güisquil ampliando la diversidad en las parcelas. De igual forma las madres de familia participaron activamente en las actividades de preparación de alimentos ejecutadas por la educadora para el hogar.



Figura 46. Parcela con producción de rábano, amaranto y güisquil elaborada por uno de los participantes del CADER.

3.4 Servicio No. 3. Capacitación sobre la importancia del encierro de aves y aplicación de programas profilácticos.

3.4.1 Objetivos

3.4.1.1 Objetivo general

Proponer mejoras en la crianza de aves de traspatio para disponer de recurso animal con fines de alimentación para el hogar o ingreso económico como estrategia para mejorar la economía comunitaria.

3.4.1.2 Objetivo específico

- Capacitar a los pobladores sobre la importancia de la vacunación y el encierro de aves en gallineros que servirán con refugio definitivo.
- Programar un calendario de jornadas de vacunación para la prevención de las principales enfermedades que son causa de mortalidad de las aves.

3.4.2 Metodología

3.4.2.1 Capacitaciones

La mayoría de los campesinos en la zona poseen aves de traspatio siendo la mayor actividad pecuaria del lugar por lo cual mediante la coordinación con ellos se procedió a la realización de este servicio a través de capacitaciones con los participantes para facilitar información acerca de la importancia del manejo de aves de patio de acuerdo a los lineamiento propuestos por Villanueva et al. (2015:7-17) y SARH-OEA-CREFAL, (1992). En sus manuales para manejo de aves de corral.

3.4.2.2 Alojamiento rustico para el medio rural.

Por medio de charlas se capacitó a los participantes sobre la importancia de separar los espacios y colocar a las aves en un sitio adecuado o gallinero el cual servirá como refugio definitivo contra enemigos naturales y del clima, en este refugio es recomendable no tener aves de diferentes especies o sepáralas para llevar un mejor control de las mismas.

Para albergar 15 gallinas se recomienda un espacio de 5 metros cuadrados techados y un espacio libre de 10 metros cuadrados cercados para un control visual y que las aves puedan movilizarse.

Debe ser un espacio ventilado y bien drenado. Contar con techo y paredes preferiblemente de madera o adobe para mayor durabilidad y resistencia al viento, perchas o dormitorios elaborados con varas o reglas que permitan el descanso de las aves lejos del suelo y del estiércol, instintivamente las aves irá a descansar sobre las perchas. Deben colocarse también comederos y bebederos evitando que las aves consuman alimentos del suelo con estiércol. En el caso de las gallinas se deben colocar nidos con paja seca y lejos de la humedad para la postura de huevos y que los mismos no se contaminen.

3.4.2.3 Prevención de enfermedades.

3.4.2.4 Programa sanitario.

Para esta actividad se capacitó y elaboró en conjunto con AMER/MAGA de San Andrés Sajcabajá un calendario de vacunación que propuso a los participantes, así mismo se abordó el tema de un fondo económico común de comunidad que les permite adquirir la vacuna en las fechas programadas.

Técnicamente la manera más directa en cuanto a la prevención de enfermedades es la vacunación y la limpieza del gallinero, así como prácticas de bioseguridad (como lavado de manos, cambio de calzado, evitar la liberación de aves fuera del gallinero y evitar vistas de vecinos a los gallineros). Estas prácticas consisten en limpiar diariamente el gallinero y administrar vacunas de los virus más comunes, mediante una calendarización cada 3 meses.

Las acciones en caso de muertes de aves por enfermedades son las siguientes: enterrar y aplicar cal o quemar lo antes posible las aves muertas. Y encalar los gallineros.



Figura 47. Participantes de la aldea aplicando vacuna ocular a un polluelo.

3.4.2.5 Jornada de vacunación

Para esta actividad se coordinó a través de la AMER/MAGA de San Andrés Sajcabajá, la adquisición de insumos para programar una jornada de vacunación en conjunto con los participantes del CADER.

Se realizó un inventario general aproximado del total de aves de traspatio con el cual se obtuvo un total de 2,075.

Se elaboró el plan de vacunación que consiste en aplicar vacunas oculares e subcutáneas, como se muestra en el cuadro 35.

Para la aplicación de vacunas se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Mantener la vacuna en frío entre los 2° y 8 ° centígrados no congelada y evitar la exposición al sol.
- No inyectar vacunas triples en aves con menos de 10 días. En ese caso usar vacunas oculares.
- No utilizar vacunas triples (Newcastle, cólera y coriza) sino no se han presentado las tres enfermedades, puede utilizar en cambio vacunas simples como Newcastle o dobles como Newcastle más Bronquitis. Dependerá de la observación y antecedentes del lugar.
- No vacunar aves que serán consumidas en los próximos 21 días. Se entiende que se pueden consumir aves después de 21 días de la aplicación de la vacuna.



Figura 48. Jornadas de vacunación de aves de traspatio con apoyo de los participantes de la comunidad.

Cuadro 35. Calendario de vacunación de pollos de traspatio (*Gallus gallus domesticus*).

Semanas de vida	Vacuna	Dosis por ave	Vía de administración	Observaciones
1	Newcastle	Una gota	Ocular	
2	Newcastle, Bronquitis y Gumboro ó Newcastle y Gumboro.	Una gota	Ocular	
4	Viruela		Punción en la membrana del ala	Se aplica una sola vez en la vida del ave. No aplicar más vacunas por 10 días.
8	Newcastle, cólera y coriza.	0.5 ml	Subcutánea en muslo o cuello o pechuga.	
	Newcastle bronquitis.	Una gota	Ocular.	
16	Newcastle, cólera y coriza.	0.5 ml	Subcutánea en muslo o cuello o pechuga.	Esta vacuna se repite cada 3 meses a partir de esta semana.
	Newcastle bronquitis.	Una gota	Ocular.	Esta vacuna se repite cada 3 meses a partir de esta semana.

Fuente: Basado en los programas sugeridos por GRUPO LAVET para la prevención de enfermedades en aves.

3.4.2.6 Uso de productos y subproductos.

Los productos obtenidos del manejo de aves de patio son principalmente el huevo y la carne, además de los subproductos como el estiércol o gallinaza. En el caso del huevo y la carne son de gran importancia dentro de la seguridad alimentaria y nutricional de las familias, aunque también las aves en pie pueden ser comercializadas y generar ingresos para otras necesidades.

En el caso de subproductos la gallinaza es una buena enmienda alta en materia orgánica con buenos contenidos de fósforo, nitrógeno, potasio y calcio. Este producto luego de ser compostado puede ser utilizado en huertos disminuyendo costos en fertilizantes. En promedio una gallina de 4 libras puede producir 40gr de gallinaza seca (15 a 20% de humedad), en el caso de tener 10 aves se producen aproximadamente 6.18 libras a la semana y 24.72 libras al mes. No es una cantidad significativamente grande pero genera un ahorro y es útil en la elaboración de aboneras y como enmienda de materia orgánica.

Cuadro 36. Cronograma de actividades desarrollado para la mejor de técnicas avícolas.

No.	Actividad	Fecha
1	Gestión y cotización de insumos.	Del 2 al 4 de mayo de 2018
2	Coordinación con los participantes del CADER para la realización de la actividad.	Del 7 al 9 de mayo de 2018
3	Capacitación sobre encierro de aves y prevención de enfermedades.	Del 28 al 31 de mayo de 2018
4	Jornada de vacunación	Del 11 al 14 de junio de 2018
5	Segunda jornada de vacunación	Del 10 al 14 de septiembre de 2018

3.4.3 Resultados

A través de la implementación de este servicio se lograron realizar dos capacitaciones, una sobre la importancia del encierro de aves y otra sobre la prevención de enfermedades por medio de la vacunación en las cuales los comunitarios comprendieron las ventajas de la prevención y estuvieron de acuerdo en ejecutar las actividades planteadas.

Se realizaron dos jornadas de vacunación a través de la gestión y coordinación con la AMER (MAGA) de San Andrés Sajcabajá, el total de aves vacunadas fue de 2,075 lo que benefició a 78 familias de la aldea.

Un 30% de los participantes realizaron corrales para el encierro de aves.



Figura 50. Inicio de capacitación sobre la importancia del encierro de aves.



Figura 50. Gallinero implementado por uno de los participantes de la aldea.

3.4.4 Evaluación

Los participantes se encontraron muy agradecidos y satisfechos luego de la primera jornada, algunos de los participantes participaron activamente en la vacunación adquiriendo la capacidad de preparar y administrar las vacunas.

Se demostró que aproximadamente en el 70% de aves tratadas el sistema inmunológico fue fortalecido impidiendo el desarrollo de enfermedades en los lotes de aves. El efecto fue mucho mejor en los casos en donde se practicó el encierro de aves.



Figura 51. Práctica de encierro de aves realizado por un participante de la comunidad con recursos propios.

3.5 Servicio No. 4. Implementación de parcelas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad ICTA Altense.

3.5.1 Objetivos

3.5.1.1 Objetivo general

Contribuir a la producción de granos básicos para contrarrestar la inseguridad alimentaria a través del cultivo de parcelas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la aldea Sacaj I.

Objetivo específico

- Capacitar a los comunitarios en la siembra de frijol ICTA variedad Altense.
- Gestionar a través del AMER/MAGA insumos para entrega de semillas a los pobladores.
- Realizar entrega y siembra de semillas.

- Monitorear los rendimientos medios de las parcelas implementadas.

3.5.2 Metodología

3.5.2.1 Capacitaciones

Para la realización de este servicio se coordinó con los participantes la posibilidad de implementar parcelas de frijol y realizar una capacitación sobre el manejo del mismo.

A través de la implementación de este cultivo se buscó fortalecer y diversificar los granos básicos consumidos con una variedad con buenas características agronómicas.

Posteriormente se realizó una capacitación sobre la importancia de sembrar semilla mejorada y los beneficios de las leguminosas. Se dieron las especificaciones técnicas según el manual para el cultivo de variedades mejoradas del ICTA (2011:19-33).

3.5.2.2 Descripción del cultivo.

Es una planta de porte bajo, puede llegar a medir de 50 a 70 centímetros de altura. Cuando las vainas maduran se tornan de color rosado, el grano es de color negro y se cosecha aproximadamente a los 4 meses. Rinde de 5 a 6 quintales por cuerda con buen manejo (BPA). Se adapta de 1500 a 2300 msnm. Puede sembrarse en cualquier época del año si no se producen heladas.

3.5.2.3 Siembra.

Se recomendó sembrar 3 granos a cada 30 centímetros o a cada pie, o dos semillas a cada cuarta (20 centímetros). Y 70 centímetros entre surco. Para sembrar una cuerda de 30 varas (625 m²) se utilizan aproximadamente 8 libras.

3.5.2.4 Fertilización.

Se indicó aplicar abonos orgánicos que estén compostados antes de la siembra, de preferencia aplicar 3 quintales por cuerda de 625 m².

La primera fertilización se recomendó a los 8 días de germinado. Usar 37 libras de triple 15 por cuerda de 625 m². La segunda fertilización se realiza cuando ya estén los botones de las flores se usan 19 libras de urea por cuerda 625 m². Si se dispone de análisis de suelo modificar la dosis según sea necesario.

3.5.2.5 Limpias.

Se debe mantener limpio los primeros 40 días después de sembrar para que se desarrollen bien las plantas y no le genere competencia otras plantas.

3.5.2.6 Control de plagas.

Se debe tratar de mantener limpio el cultivo, revisar constantemente el cultivo de ser posible capturar plagas para obtener un producto adecuado en un agro-servicio. Las plagas más frecuentes son la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tortuguilla (*Diabrotica* sp.)

Cuadro 37. Productos químicos y biológicos para el combate de insectos plaga en el cultivo de frijol.

Insecto	Nombre genérico
Mosca blanca	Carbosulfan
	Deltametrina
	Imidacloprid
	Aceite mineral agrícola (aceite parafínico)
	<i>Bauveria bassiana</i> (hongo entomopatógeno)
Tortuguilla	Carbosulfan
	Deltametrina
	Fipronil
	Imidacloprid
	<i>Bauveria bassiana</i> (hongo entomopatógeno)

Fuente: Adaptado de guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en C.R. Araya y Hernández (2006)

Se recomendó que al aplicar plaguicidas la persona se proteja, use mascarilla, lentes, guantes, usar solo la cantidad que se le indicó. No hay que comer, ni tomar agua o fumar, hasta que se haya bañado y cambiando de ropa. No aplique el mismo producto, trate que sea diferente cada vez.

3.5.2.7 Control de enfermedades.

Las enfermedades que se pueden encontrar con mayor frecuencia en el altiplano son: antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), ascoquita (*Ascochyta phaseolorum*), macha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) y roya (*Uromyces phaseoli*). Entre los virus el más frecuente está el virus del mosaico común (BCM).

Para el manejo de estas se debe controlar principalmente la humedad del suelo en el cultivo, utilizar semillas resistente a ciertas enfermedades por ejemplo ICTA Altense tiene resistencia a antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), ascoquita (*Ascochyta phaseolorum*) y roya (*Uromyces phaseoli*), existen otras semillas con resistencia a (BCM).

Existen varios productos para el control de las enfermedades, los que se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 38. Productos usados para el combate de enfermedades del frijol.

Enfermedad Nombre genérico	Antracnosis	Mancha Angular	Ascochyta	Roya
Azoxistrobina	X		X	
Benomil	X			
Cobre-oxicloruro	X	X		X
Mancozeb	X	X		X
Maneb	X	X		X
Propineb	X			
Tebuconazole	X	X	X	X

Fuente: Adaptación con datos de la guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. Araya y Hernández (2006).

Algunas consideraciones que deben tomarse y se recomendaron antes del uso de productos químicos. Es que la persona se proteja, use mascarilla, lentes, guantes, usar solo la cantidad que se le indicó o leer el panfleto. No hay que comer, ni tomar agua o fumar, hasta que se haya bañado y cambiando de ropa. No aplique el mismo producto cada vez para evitar generar resistencia de la enfermedades.

Procure rotar el cultivo con otras especies no leguminosas para romper el ciclo de enfermedades y elimine rastrojos que presentaron enfermedades estos pueden utilizarse para realizar aboneras.

3.5.2.8 Selección de semilla.

Se indicó que seleccionen semillas de las mejores plantas, cosechándolas primero, secándolas y guardándolas aparte.

3.5.2.9 Cosecha.

Al realizar la cosecha se recomendó secar y aporrear las vainas. Luego hacer la prueba del diente antes de almacenarlo. Para evitar pudriciones y contaminación del grano.

3.5.2.10 Gestión de insumos.

Se realizó la gestión para la obtención de semilla a través de la AMER/MAGA para realizar la entrega de una libra a cada participante del CADER para que cada comunitario cautivara una parcela de frijol.

3.5.2.11 Monitoreo y asistencia técnica.

Se realizaron monitoreos constantes a las parcelas para observar los resultados y hacer recomendaciones de ser necesario, así como documentar las experiencias de los pobladores en cuanto al resultado de esta semilla.

Cuadro 39. Cronograma de actividades ejecutado durante el proceso de cultivo de frijol en la aldea.

No.	Actividad	Fecha
1	Coordinación con los participantes del CADER para la realización de la actividad.	Del 14 al 15 de mayo 2018
2	Gestión y cotización de insumos.	Del 2 al 18 de mayo de 2018
3	Capacitación sobre cultivo de frijol.	Del 21 al 25 de mayo de 2018
4	Entrega de semilla a los participantes.	Del 21 al 25 de mayo de 2018
5	Primera visita de seguimiento y asistencia.	Del 18 al 22 de junio de 2018
6	Segunda visita de seguimiento y asistencia.	Del 20 al 24 de agosto de 2018
7	Tercera visita de seguimiento y asistencia.	Del 11 al 14 de septiembre de 2018.

3.5.3 Resultados

Mediante gestión con la AMER/MAGA se obtuvo un quintal de semilla de frijol del ICTA.

Se capacitó a los participantes del CADER sobre las especificaciones para el cultivo y se entregó una libra de semilla de frijol a 87 familias beneficiarias, para un total de 87 parcelas de aproximadamente 60 m².



Figura 53. Capacitación sobre el cultivo de frijol de porte bajo.



Figura 53. Entrega de semilla de frijol ICTA Altense a participantes de la comunidad.

El rendimiento promedio por parcela fue de 25 libras. Aproximadamente $2.6 \text{ qq}/625\text{m}^2$. (1.89 t/ha)

El 60% de los participantes cultivó la semilla en forma de monocultivo de acuerdo a las especificaciones dadas, una minoría sembró la semilla en asocio lo que no correspondía a la variedad.

3.5.4 Evaluación

Los comunitarios implementaron nuevas técnicas en el cultivo de frijol de porte bajo, con lo cual se sienten muy satisfechos, inclusive el sabor de dicho frijol fue comentado por algunos de los agricultores quienes lo percibieron agradable.

Un 70% de los agricultores observaron el buen rendimiento y resistencia de la variedad a las enfermedades anteriormente descritas, a lo cual se les recomendó el debido almacenamiento y selección de semilla para posteriores ciclos de cultivo y conservar dicho material.

Se obtuvieron buenos rendimientos por parcela en promedio $11.5 \text{ kg}/60\text{m}^2$ (1.89 t/ha). Sin embargo aproximadamente el 30% de agricultores no siguieron las recomendaciones y decidieron cultivar el frijol en asocio con maíz como culturalmente se acostumbra, en este caso las plantas respondieron al tutorado proporcionado por el maíz y debido al aumento de sombra se comportó como un frijol de enredadera desarrollándose vegetativamente sobre el maíz modificando el desarrollo fisiológico de la variedad de manera negativa.



Figura 54. Parcela de frijol implementada por uno de los agricultores.



Figura 55. Frijol obtenido de la cosecha por una de las agricultoras del CADER de Sacaj.

3.6 Servicio No. 5. Evaluación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) Local (criollo), Variedad ICTA B15 e Híbrido P4082W.

3.6.1 Objetivos

3.6.1.1 Objetivo general

Implementar parcelas demostrativas con maíces mejorados para disponer de información y alternativas para mejorar la producción de granos básicos que contribuyan a disminuir la inseguridad alimentaria.

3.6.1.2 Objetivo específico

- Realizar capacitaciones sobre el uso de semillas mejoradas.
- Gestionar insumos a través del AMER /MAGA de San Andrés Sajcabajá para la implementación de las parcelas demostrativas de maíz.
- Utilizar semillas de maíz local, maíz ICTA B15 y maíz híbrido P4082W.
- Realizar el proceso de fertilización fraccionado en tres partes.
- Evaluar los rendimientos de las tres parcelas demostrativas.

3.6.2 Metodología

3.6.2.1 Capacitaciones

Siendo el maíz el cultivo más difundido en la aldea, se programó mediante este servicio el cultivo de maíces mejorados que pueden representar una opción a cultivar, para lo cual se organizó a los participantes y se impartió una capacitación acerca del uso de semillas mejoradas. Así mismo se ubicaron los espacios para realizar el cultivo demostrativo de maíz ICTA B-15, híbrido P4082W y maíz local como referencia.

Posteriormente se proporcionó la asistencia técnica y fertilizante de acuerdo a las fichas técnicas de cada cultivar.

3.6.2.2 Maíz local.

Es un maíz de polinización libre al cual denominan criollo, de color blanco o amarillo con un ciclo de 5 meses. Adaptado a las condiciones de la aldea.

3.6.2.3 ICTA B-15

Es una variedad de polinización libre de grano color blanco, con buen potencial de rendimiento. Se adapta a alturas de 0 – 1400 msnm. Ciclo medio de 120-130 días a cosecha. Altura promedio de la planta 2.44 metros. (ICTA, 2018)

3.6.2.4 Híbrido P4082W.

Es un híbrido que presenta buen desarrollo radicular y del tallo para disminuir pérdidas por acame. Además de un buen potencial de rendimiento. Se adapta de 0 – 1500 msnm. Ciclo medio de 145-155 días a cosecha. Altura promedio de la planta 2.80 metros. Tolerante a royas y acame.

3.6.2.5 Preparación del terreno

Para esta actividad se realizaron 3 parcelas de 625 m², la preparación se realizó de forma manual con azadón, en la comunidad se practica una labranza mínima debido a que los suelos son arenosos de frágil estructura. Por lo que se realizó labranza mínima localizada quiere decir que únicamente se remueve de forma superficial el suelo donde se colocará la semilla.

3.6.2.6 Siembra.

Para la realización de la siembra se utilizaron distancias de 80 centímetros entre surcos y 40 centímetros entre posturas. Colocando 2 y 3 granos por postura de forma alterna según las recomendaciones del ICTA (2018) con esta densidad de siembra se alcanzan 78,125 plantas/ha.



Figura 56. Preparación del suelo (labranza mínima) y siembra.



Figura 57. Siembra de maíz en distribución de 2 y 3 granos por postura.

3.6.2.7 Fertilización

En este ensayo se realizó la primera fertilización a los 5 días después de germinado. Aplicando 27 libras de 15-15-15 por cuerda de 625m² y una segunda a los 40 días después de la siembra con 27 libras de 15-15-15 o 20 libras de 20-20-0 por parcela de 625m², se realizó una tercera fertilización al empezar el panojamiento o candeleo (VT) aplicando 18 libras de sulfato de amonio por parcela de 625m². Al realizar más fertilizaciones en dosis más pequeñas beneficiara en el mejor aprovechamiento de los nutrientes a lo largo del ciclo fenológico. En este caso se utilizaron también 30 libras de 17-12-5-2Mg-2.4S-0.1Zn. 30 libras de 20-20-0 y 20 libras de sulfato de amonio.

3.6.2.8 Control de malezas.

Para evitar la competencia de nutrientes causada por malezas se realizaron dos limpiezas, la primera a los 15 días y la segunda antes de aplicación de la segunda fertilización, según las recomendaciones del ICTA (2018)

3.6.2.9 Control de plagas.

Se realizaron dos aplicaciones químicas dirigidas al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Walker) se utilizó preferofos + cipermetrina. Se debe utilizar el equipo de protección para asperjar y no comer, ni tomar agua, tampoco fumar. Al finalizar lavar el equipo, almacenar los productos en un lugar seguro, bañarse y cambiarse la ropa.

3.6.2.10 Cosecha

Se realiza a los 25 o 30 días después de la dobla, cuando el grano este seco. (ICTA, 2018), en la aldea de estudio la dobla es una actividad que no se acostumbra realizar, debido a que se siembra en época seca la lluvia no representa un problema para el correcto secado de la mazorca, por lo que al alcanzar la madurez fisiológica R6 se procedió a realizar la cosecha.

3.6.2.11 Obtención de materiales.

El material para la ejecución se obtuvo del aporte de la agencia municipal de extensión rural AMER/MAGA de San Andrés Sajcabajá.

3.6.2.12 Programación de siembra.

Se coordinó la obtención de 3 parcelas de 625m² en conjunto con líderes comunitarios para la ejecución del estudio, fueron los participantes los responsables de las labores hasta el periodo de cosecha. Se estableció el calendario de labores de campo en las cuales se dio acompañamiento.

3.6.2.13 Monitoreo y asistencia técnica.

Se realizó monitoreo visual de las parcelas sin intervención directa. En el caso de la parcela de maíz local se realizó de acuerdo a los parámetros arbitrarios del agricultor. Las otras parcelas se realizaron con las especificaciones técnicas indicadas en la capacitación. Con el fin de detectar diferencias no solo en el potencial genético sino también en las prácticas culturales.

Cuadro 40. Cronograma de actividades realizadas durante la evaluación de maíces mejorados.

No.	Actividad	Fecha
1	Coordinación con los participantes del CADER para la realización de la actividad.	Del 7 al 11 de mayo 2018
2	Gestión y cotización de insumos.	Del 7 al 25 de mayo de 2018
3	Capacitación sobre cultivo de maíces mejorados.	Del 14 al 18 de mayo de 2018
4	Entrega de semilla a los encargados de las parcelas.	4 de junio de 2018
5	Preparación del suelo.	Del 4 al 6 de junio.
6	Siembra.	7 de junio de 2018.
5	Primera visita de seguimiento y asistencia.	Del 18 al 22 de junio de 2018.
6	Segunda visita de seguimiento y asistencia.	Del 26 al 27 de julio de 2018.
7	Tercera visita de seguimiento y asistencia.	Del 27 al 28 de agosto de 2018.
8	Cuarta visita de seguimiento y asistencia.	Del 27 al 28 de septiembre de 2018.
9	Quinta visita de seguimiento y asistencia.	Del 29 al 30 de octubre de 2018.
10	Sexta visita de seguimiento y asistencia.	Del 12 al 13 de noviembre de 2018.



Figura 58. Enfermedades frecuentes en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) daño foliar.



Figura 59. Enfermedad frecuente en época lluviosa en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) daño en el tallo.

3.6.3 Resultados

Se brindó una capacitación sobre el uso de maíces mejorados y las buenas prácticas agrícolas en cualquier tipo de cultivar (mejorado o local) a los 78 participantes. También a través de gestión con la AMER-MAGA de San Andrés Sajcabajá se obtuvo maíz ICTA B15, híbrido p4082w y fertilizante, para ejecutar las prueba con tres de los participantes.

El rendimiento para el híbrido fue de 3.63 t/ha, 5 quintales por parcela de 625m². Con un costo de producción de Q750.00 por cuerda, y una rentabilidad del 20%. Este presentó poca incidencia de enfermedades y una morfología resistente al acame.



Figura 61. Parcela de maíz híbrido a los 70 días después de la siembra.



Figura 60. Mazorcas obtenidas en la cosecha del híbrido p4082w.

El rendimiento para la variedad ICTA B15 fue de 2.9 t/ha, 4 quintales por parcela de 625m². Con un costo de producción de Q510.00 por cuerda y una rentabilidad de 40 %. Esta variedad presentó poca incidencia de enfermedades y también una morfología robusta. Además de ser una variedad bastante breve lo cual es una ventaja ya que el corto tiempo del ciclo disminuye la probabilidad del establecimiento de enfermedades durante la época lluviosa. Figuras 62 y 63.

Para el maíz local el manejo fue cultural local, sin intervención. Debido a la alta incidencia de lluvias el lote fue afectado en más de un 80% por enfermedades fúngicas, por lo cual el agricultor decidió no darle manejo hasta un próximo ciclo de cultivo. Lo que representó una pérdida aproximada de Q240.00. Figuras 64 y 65.



Figura 62. Parcela de maíz ICTA B-15 a los 60 días después de la siembra (dds)



Figura 63. Mazorcas obtenidas de la cosecha de la parcela de maíz ICTA B-15.

Los agricultores obtuvieron el conocimiento y observaron las ventajas y desventajas de los cultivares, también observaron las ventajas de proporcionar una nutrición más fraccionada.



Figura 65. Parcela de maíz local con 60 días después de siembra.



Figura 64. Daño generalizado en la parcela a los 90 días.

3.6.4 Evaluación

Los agricultores observaron las ventajas y desventajas de cada cultivar, las tres clases fueron cultivadas en terrenos con pendientes aproximadas al 30%, durante la época lluviosa. El tipo de fertilizante fue el mismo en el cultivar local e ICTA B15, Sulfato de Amonio, el híbrido recibió formula compuesta N-P-K+Mg-S-Zn lo cual incremento los costos, sin embargo el rendimiento permitió obtener rentabilidad positiva.

Según el análisis de suelos de la zona los suelos son ricos en fósforo y hierro, esto no indica que se deba obviar su aporte, sin embargo dos de las parcelas se fertilizaron de acuerdo a la rutina del lugar con sulfato de amonio.

Los agricultores observaron que modificar el manejo del cultivo implementando buenas prácticas, conservación del suelo, aplicaciones de materia orgánica, manejo de densidades y manejo de rastrojo con inóculos de enfermedades representar una alta mejora en la productividad. No solo de variedades mejoradas sino también del maíz local.

3.7 Servicio No. 6. Capacitación sobre la elaboración de aboneras para la obtención de compost.

3.7.1 Objetivos

3.7.1.1 Objetivo general

Capacitar a los pobladores sobre el aprovechamiento de los recursos locales para la elaboración de enmiendas orgánicas.

3.7.1.2 Objetivo específico

- Capacitar a los pobladores en la elaboración y uso de abonos orgánicos.
- Realizar la demostración para elaborar abono tipo bocashi.

3.7.2 Metodología

3.7.2.1 Coordinación con participantes

Para la ejecución de este servicio se coordinó con los agricultores llevar a cabo la elaboración de aboneras orgánicas tipo bocashi, con el fin de obtener enmiendas alternativas en la producción, que permitan aportar una fracción de características beneficiosas al suelo usado en la agricultura.

3.7.2.2 Alternativa nutricional en el cultivo.

La preparación de los abonos orgánicos fermentados consiste en un proceso de semi-descomposición aeróbica de residuos orgánicos a través del trabajo de poblaciones de microorganismos existentes en los residuos, en condiciones controladas, que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición, con capacidad de nutrir a las plantas y al mismo tiempo aportar nutrientes al suelo. (Ramos y Terry, 2014:54)

Ventajas en elaboración del abono orgánico fermentado bocashi según Ramos y Terry (2014:55):

- No forma gases tóxicos ni malos olores debido a los controles que se realizan en cada etapa del proceso de la fermentación, para evitar cualquier inicio de putrefacción.
- Se puede elaborar en pequeños o grandes volúmenes, de acuerdo con las condiciones económicas y las necesidades de cada productor.
- Se pueden elaborar en la mayoría de los lugares y distintos climas donde se efectúen actividades agropecuarias.
- Se autorregulan patógenos en el suelo, a través de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, entre otros.
- Es posible utilizarse en los cultivos al finalizar el proceso de fermentado y con costos relativamente bajos.
- El desarrollo vegetal es estimulado por grupos de fitohormonas y fitorreguladores.
- La inversión económica no es muy alta en obras de infraestructura rural.
- Se pueden emplear materiales locales y variaciones según sea conveniente o probar diferentes recetas ya evaluadas.

El bocashi se caracteriza por la gran cantidad de microorganismos y actividad biológica que posee, lo cual se observa durante su elaboración, a través del volteo diario. Generalmente la cantidad de macroelementos es baja, comparados con los fertilizantes minerales, pero poseen una relación balanceada de sus elementos y puede ser modificada según las cantidades de elementos que el agricultor utilice en la elaboración y la calidad del proceso. Una de las ventajas más importantes de este abono, es que a las dosis que se utilizan, suministran a la planta los microelementos en forma soluble y en un micro ambiente de pH biológicamente favorable para la absorción radicular (pH 6,5 a 7,0). (Ramos y Terry. 2014:55).

3.7.2.3 Obtención de materiales

Se coordinó con los participantes la obtención de materiales locales de fácil recolección que serán necesarios para la elaboración de las aboneras según el manual para la

producción de abonos orgánicos y biorracionales de García, C. y Félix, J. (2014:40-44), los insumos a utilizar serán los siguientes:

Cuadro 41. Insumos utilizados en la elaboración de abono fermentado tipo bocashi.

Material	Cantidad	Costo
Suelo o mantillo	200 libras	Q 20.00
Estiércol	200 libras	Q 20.00
Hojas verdes o paja	200 libras	Q 8.00
Melaza o panela	1 litro o 1 cubo	Q 7.00
Levadura	8 onzas	Q 16.00
Ceniza vegetal	8 onzas	Q 1.00
Nylon u otro material para cubrir	Según el tamaño del apilado de materiales. (4 yardas de Nylon de 1.5 mts de doble ancho)	Q 28.00
Agua	Según prueba del puño.	-----
Mano de obra	Según el tamaño del apilado será el gasto de horas de trabajo. (para este resumen se pondrá un equivalente, 30 min diarios por 21 días)	Q.112.00

La mayoría de materiales se encuentran a disposición de los agricultores en campo, excepto la panela o melaza, la levadura y la cobertura en caso de ser nylon.

3.7.2.4 Capacitación y preparación de la abonera.

Al disponer de los materiales recolectados por los comunitarios, se procedió a realizar la capacitación sobre la elaboración de la abonera y el manejo de la misma.

Con los materiales se procedió a preparar 3 libras de panela en 4 litros de agua caliente para disolverla, luego se esperó a que se enfriara la mezcla, cuando la mezcla esta tibia se agregó $\frac{1}{2}$ libra de levadura para activarla.

Luego se procedió a colocar los materiales en el siguiente orden: a) primero se colocan las hojas verde preferiblemente que estén cortadas



Figura 66. Demostración de la elaboración de la abonera.

en trozos, b) se coloca el estiércol de bovinos, c) se agrega la tierra negra o mantillo y d) se coloca la ceniza.

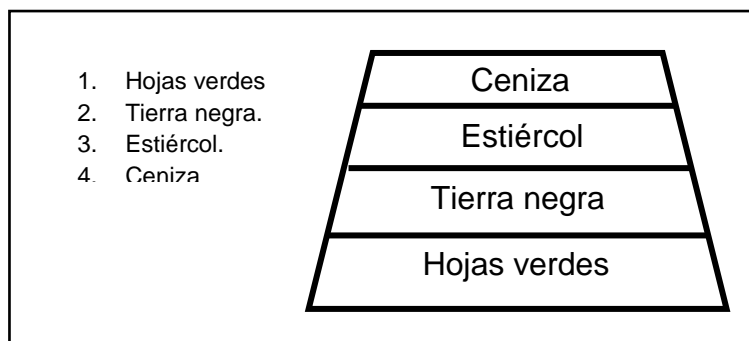


Figura 67. Orden para la colocación de materiales en la abonera orgánica.

Se colocan capas de unos 5 centímetros, preferiblemente es que la abonera no pase de una vara (84 cm) de altura. Dependiendo de la cantidad que se prepare se puede hacer una cama más larga o grande en el lugar.

Finalmente se agrega la mezcla de panela o levadura aunque también se puede realizar durante la colocación de los materiales. Se mezclan todos los materiales y se agrega agua hasta que esté suficientemente húmeda, medir con la prueba del puño, esto quiere decir que se agarra un puñado de la mezcla y se ejerce presión, la mezcla debe compactarse pero no escurrir agua.

Se cubre y se realizaran dos volteos diarios, uno en las primeras horas de la mañana y otro por la tarde los primeros 5 días, el resto de días solo se realiza un volteo. Luego de 21 días se verifica el color y olor de la mezcla, debe ser grisáceo oscuro y olor agradable a tierra negra. Entonces estará listo para almacenarse o aplicarse.



Figura 68. Resultado de la abonera a los 30 días después de su preparación.

Cuadro 42. Cronograma de actividades ejecutadas durante la realización de aboneras.

No.	Actividad	Fecha
1	Coordinación con los participantes del CADER para la realización de la actividad.	Del 1 al 3 de agosto 2018
2	Obtención de materiales.	Del 6 al 10 de agosto de 2018
3	Capacitación y preparación.	Del 20 al 21 de agosto de 2018
4	Observación de resultados	Del 11 al 12 de septiembre de 2018

3.7.3 Resultados

Se realizaron 3 capacitaciones a 45 participantes sobre la preparación de abonos orgánicos, uso y beneficio de abonos orgánicos y el uso en conjunto con fertilizantes minerales.

Se realizaron dos demostraciones de la elaboración de aboneras orgánicas tipo bocashi, es proceso se replicó en 40 hogares, de donde se obtuvo un total de 350 sacos de materia orgánica, la cual fue aplicada en el siguiente ciclo de cultivo durante el mes de noviembre.

Con esto la mayoría de agricultores comprenden como debe ser llevado a cabo el proceso de compostaje y como puede mejorar la estructura, las características nutricionales y microbiológicas de las parcelas.



Figura 69. Preparación de abonera, se observa materia vegetal verde, broza, ceniza y panela.

3.7.4 Evaluación

Los participantes mencionaron que han tenido conocimiento acerca del uso de materia orgánica y se mostraron interesados en las nuevas técnicas que requieren de menor tiempo para su uso.

El abono orgánico estuvo listo a los 25 días, mostrando un color negro y olor agradable a tierra. Aunque al menos 10 familias no han realizado el proceso de volteo de forma correcta por lo que el proceso de descomposición fue más lento, por lo que se brindó asistencia técnica y obtuvieron la experiencia necesaria para corregir el proceso y culminarlo de la manera correcta.



Figura 70. Abonera realizada por uno de los participantes con un proceso de descomposición tardío.

3.8 Servicio No. 7. Capacitaciones sobre manejo del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad withe album.

3.8.1 Objetivos

3.8.1.1 Objetivo general

Promover la diversificación de cultivos mediante la implementación de hortalizas con fines comerciales y para consumo propio como estrategia para reducir la inseguridad alimentaria en la aldea Sacaj.

3.8.1.2 Objetivo específico

- Realizar capacitación sobre el cultivo técnico de la cebolla.

- Realizar capacitación sobre el uso de fertilizantes y productos fitosanitarios.
- Realizar capacitación sobre micro-finanzas a través del cultivo de cebolla.
- Establecer una parcela de cebolla.

3.8.2 Metodología

3.8.2.1 Organización de participantes

Para la elaboración de este servicio que consistió en promover el cultivo de cebolla se coordinó con los participantes la opción de producción de hortalizas con fines económicos y con la intención de instalar una capacidad de producción técnica del cultivo.

3.8.2.2 Capacitaciones.

Entre las actividades programadas para la realización de ese proceso se programaron capacitaciones según el plan de manejo y de acuerdo al avance del cultivo en campo. Las capacitaciones brindadas fueron sobre temas de manejo de almacigo, métodos de siembra, desinfección del suelo, uso de agroquímicos, fertilización y costos de producción.

3.8.2.3 Plan de manejo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad withe album.

3.8.2.4 Descripción del cultivo.

Es un cultivar de follaje moderado a grande con buena estructura. Produce bulbos grandes, firmes y pesados de alta calidad, extraordinario color blanco, por su piel es fácil de limpiar. De alta calidad para secado y venta en bulbos secos con buena capacidad de almacenamiento.

Tiene un ciclo de 90 a 105 días, se cultiva en época seca durante días cortos, de agosto a noviembre.

3.8.2.5 Cotización de insumos

Se inició con cotización de los insumos que se utilizaran para el desarrollo del proyecto. Entre ellos, semilla de cebolla, productos para desinfección del suelo, productos para control de plagas y enfermedades y fertilizantes.

3.8.2.6 Elaboración de almacigo

Se coordinó la preparación de un almacigo de 5 metros cuadrados, se colocaron tablas para construir tablonces empleando sustrato. Posteriormente se aplicó un desinfectante del suelo y abonado de fondo. Se procedió a sembrar la semilla a chorro utilizando de 4 a 6

gramos por metro cuadrado, se sembraron en total 5000 semillas. Se realizó aplicación de micro elementos de forma foliar a los 20 y 30 días después de la germinación.



Figura 71. Siembra de semilla de cebolla en el almacigo.



Figura 72. Almacigo de cebolla (*Allium cepa* L.) a los 30 días después de la siembra.

3.8.2.7 Preparación del suelo

Se realizó el laboreo del terreno de forma manual se levantaron 3 tablones de 1.10 m de ancho por 20 m de largo y se incorporaron 12 sacos de broza, en una superficie de 100 m², este trabajo fue realizado por 15 agricultores colaboradores.

3.8.2.8 Siembra

Se procedió a realizar el trasplante definitivo de 4,000 pilones al cabo de 30 días. Se realizó a una distancia de 10 centímetros entre planta y 15 centímetros entre filas.



Figura 73. Trasplante de plántulas de cebollas a campo definitivo a los 40 después de siembra.

3.8.2.9 Fertilización

Se realizó un abonado de fondo a razón de 10 libras de 15-15-15 en el área a cultivar (100m²). A los 7 días se aplicaron 16 libras de urea (N 46%), 20 días después se aplicaron 32 libras urea (N 46%). En las mismas fechas se aplicaron micro-elementos vía foliar además de dos aplicaciones posteriores.

3.8.2.10 Riegos

Se regó por aspersion cada 2 o 3 días debido a la textura gruesa del suelo o según la humedad de campo.



Figura 74. Riego por aspersion en cultivo de cebolla.

3.8.2.11 Manejo de plagas y enfermedades.

Para el caso de enfermedades como *Alternaria (Alternaria porri)*, *Fusarium (Fusarium oxisporum)*, moho gris (*Peronospora destructor*) y Antracnosis (*Colletotrichum sp.*) se realizó únicamente una aplicación preventiva durante el cultivo a excepción de ser necesario realizar más aplicaciones. Se recomendó cualquiera de los siguientes ingredientes activos: Propineb, Carbendazim, Tebuconazol + Triadimenol. De acuerdo a las especificaciones de la etiqueta.

Para el control de plagas se monitorea la incidencia de las mismas y la severidad con la cual puedan presentarse. En caso de ser necesario se pueden realizar aplicaciones de Cipermetrina, Imidacloprid, Oxamil, Tiociclan para el control de gusanos cortadores (*Spodoptera sp.*) y trips (*Trips tabaci*). De acuerdo a las especificaciones de la etiqueta.

3.8.2.12 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, 3 a 5 días después que la mitad de la parcela presente tallos doblados por la madurez, se cosecharon un total de 300 manojos de 5 unidades cada uno.

Cuadro 43. Cronograma de actividades realizado durante el proceso de producción del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

No.	Actividad	Fecha
1	Coordinación con los participantes del CADER para la realización de la actividad.	Del 20 al 24 de agosto 2018
2	Obtención de materiales.	Del 27 al 31 de agosto de 2018
3	Capacitación y preparación.	Del 3 al 7 de septiembre de 2018.
4	Siembra	Del 17 al 21 de septiembre de 2018
5	Fecha tentativa de trasplante	Del 29 al 31 de octubre.
6	6 visitas de asistencia técnica.	Del 5 al 30 de noviembre.

3.8.3 Resultados

Se realizaron 3 capacitaciones sobre procedimientos técnicos, dirigidas a los 78 participantes del CADER y se realizó una parcela la cual estuvo manejada por un grupo de 15 personas.

Se preparó un almacigo de 5 metros cuadrados y se cultivaron 5000 semillas de cebolla certificada. Se realizó el manejo indicado, a los 40 días se llevó a cabo el proceso de trasplante en un área de 100 metros cuadrados con estimado de 4000 plántulas. Se continuó con las actividades de acuerdo al plan de manejo hasta la finalización del proceso.

Se obtuvieron 300 manojos de cebolla de cinco unidades cada uno valorados en Q5.00, los costos de producción fueron de Q970.00 para una rentabilidad de 35%.

En el caso de experiencias y capacidades aprendidas, los agricultores observaron el procedimiento y las actividades realizadas. Realizaron los procedimientos indicados y observaron de buena manera los resultados hasta en un 50%, aunque un 50% de los participantes calificó el cultivo como algo con alta demanda de tiempo e insumos.



Figura 75. Visita de campo y observación de los primero bulbos.

3.8.4 Evaluación

Las personas de la comunidad observaron el proceso de siembra, lo cual les pareció productivo e interesante, tanto para consumo propio como también para comercializar. Sin embargo se presentan algunas limitantes como el subdesarrollo de la comunidad ya que no existen líneas de transporte y algunos de los insumos utilizados deben ser adquiridos en la cabecera municipal.

Algunos agricultores indican no poseer tiempo para practicar otros cultivos aparte de maíz y frijol, de acuerdo a las actividades diarias asumen que un cultivo de este tipo demanda mucha atención.

Otra observación es que los terrenos son pobres en materia orgánica y los agricultores no están dispuestos a rotar las zonas de cultivo de maíz con otros cultivos. Y consideran que la aplicación de materia orgánica genera un excesivo gasto de mano de obra. A pesar de no ser algo indispensable puede mejorar los resultados en rendimiento y las condiciones fisicoquímicas del suelo. Por otra parte la nutrición es un factor que debe mejorarse para optimizar el efecto y el rendimiento.

La cosecha obtenida no alcanzó el rendimiento meta, obteniéndose únicamente el 40% de lo previsto, poniendo de manifiesto las dificultades que conlleva el establecimiento de monocultivos de hortalizas que de igual forma se refleja en los cultivos de maíz y frijol.

3.9 Servicio No. 8. Muestreo de suelo en áreas cultivadas con maíz (*Zea mays* L.) para determinar la fertilidad del mismo a través de un análisis de laboratorio.

3.9.1 Objetivos

3.9.1.1 Objetivo general

Realizar la evaluación del grado de fertilidad de los suelos utilizados para el cultivo de maíz, con el fin de elaborar un plan de fertilización adecuado. Realizar un muestreo de los suelos de la aldea para determinar las condiciones nutricionales del suelo.

3.9.1.2 Objetivos específicos

- Realizar un muestro y análisis del aporte nutricional del suelo en el estrato bajo de la aldea.
- Recomendar un programa de fertilización adecuado al cultivo de maíz.

3.9.2 Metodología

3.9.2.1 Coordinación con líderes de la comunidad.

Para la realización de este proceso se realizó un recorrido de campo y conversaciones con los agricultores de la aldea con el fin obtener datos y experiencias acerca del cultivo y la forma de trabajo, posteriormente se programó con los líderes de la comunidad poder realizar un muestreo, para analizar el suelo en el laboratorio que corresponde a esta área.

3.9.2.2 Desarrollo de la toma de muestras.

Para la realización del estudio se emplearon el parámetro mencionados por Martínez, C. (2009:1-5). Se extrajeron sub-muestras de la zona a una profundidad de 0-30 cm en la capa arable del suelo y se homogenizaron para obtener una muestra representativa del área, se etiquetó y registró el historial e información básica de la zona.

Se delimitó un área de 4.16 ha perteneciente a 17 familias que poseen áreas cultivables en la zona baja, al margen del río Sacaj, son terrenos que se caracterizan por ser planos, arenosos y sedimentados.

Con la ayuda de herramientas limpias se cavaron agujeros en forma de “V” en cada punto donde se tomó una sub-muestra. Se tomó una muestra del perfil del agujero a 0.30 metros de profundidad con la ayuda de una pala y se colocó en un recipiente limpio donde se homogeneiza y se toma una muestra representativa de aproximadamente 1 kg (2.2 libras, secada en sombra) la cual se envió con el etiquetado correspondiente al laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas UVIGER-FAUSAC. USAC.

Cronograma.

Cuadro 44. Cronograma de actividades desarrolladas durante el estudio de fertilidad del suelo.

No.	Actividad	Fecha
1	Coordinación con los participantes del CADER para la realización de la actividad.	Del 27 al 31 de agosto 2018
2	Toma de muestras y envió	Del 10 al 14 de septiembre de 2018
3	Elaboración del plan de fertilización	Del 8 al 28 de Noviembre de 2018.

3.9.3 Resultados

Durante el desarrollo de este servicio se coordinó con líderes la realización de un estudio del suelo, que permitiera realizar mejoras al sistema de cultivo en un área determinada de la comunidad. Luego de realizar el estudio de las tierras bajas cultivables de la aldea intervenida y haberse finalizado el proceso de análisis e interpretación, se muestra el siguiente cuadro donde se observan los resultados.

Cuadro 45. Resultados del análisis de suelo.

	pH	Ppm		Meq/100gr		Ppm				%MO
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	
Rango medio	6-6.5	12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15	4-5
Muestra (Prom)	4.7	23	52	1.81	0.41	1.12	0.10	66.5	22.25	0.65
Kg/ha		96.6	218.4	1523.4	209.3	4.7	0.42	279.3	95.13	

3.9.3.1 Requerimientos del cultivo

En la producción de un cultivar es necesario tener referencias que permitan realizar un análisis y recomendaciones lo más apropiadas a la zona de estudio.

Los requerimientos del cultivo pueden tener leves variaciones según la variedad del cultivar y las características del suelo, en los siguientes cuadros se reflejan valores promedio de referencia.

Cuadro 46. Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz híbrido.

Requerimientos del cultivo (híbrido)									
Elemento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Kg/ha	187	38	192	38	44	0.1	0.3	1.9	0.3

Fuente: Tomado de Deras, H. s.f.:17

Cruzate y Casas (2003:2), plantean el requerimiento nutricional según toneladas de grano producido o que se estima cosechar. (Cuadro 47)

Cuadro 47. Requerimientos nutricionales por tonelada de grano producido.

Nutriente	Fosforo	Potasio	Calcio	Azufre	Boro
Requerimiento (kg)	4.20	19.50	3.0	4.02	0.025
Extracción (Kg)	3.11	4.10	0.21	1.81	0.006

Fuente: Tomado de Cruzate y Casas, 2003:2

En otra referencia se observa la siguiente tabla.

Cuadro 48. Requerimientos nutricionales del maíz en forma elemental.

Kg/ha en forma elemental										
N	P	K	S	Mg	Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn
181	29.96	77.6	16	12	8	0.16	0.07	1.46	0.14	0.18

Fuente: Tomado de Villatoro De León, 2005:14

Con los resultados de laboratorio obtenidos, se realizó la interpretación empleando las referencias de requerimiento (Cuadro 49).

Se dialogó con los agricultores acerca del manejo actual del cultivo de maíz en la comunidad mismo que corresponde a aplicaciones de sulfato de amonio estándar. El cual contiene amonio y azufre en forma de sulfato. Es mayormente preferido por ser uno de los fertilizantes más económicos del mercado. Los rendimientos como se mencionó anteriormente oscilan entre 1.14 t/ha en maíces locales y hasta 3.18 t/ha en maíces híbridos que se ofertan en ese municipio. Esto muestra los desbalances nutricionales ocasionados por falta de control el proceso de nutrición.

Cuadro 49. Resultados del análisis, interpretación y estimación de nutrientes en forma elemental y comercial.

Requerimiento / elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Aporte del suelo según análisis de laboratorio en kg/ha	0	104.9	237.25	1634	490	25	----	0.1
Requerimiento nutricional en kg/ha (para 5 t/ha de grano)	110	20	75	0	15	20	0.1	0.26
Requerimiento nutricional en kg/ha (para 8 t/ha de grano en híbridos)	176	32	120	0	24	32	0.16	0.42
Dosis elemento comercial* kg/ha (para 5 t/ha)	183.33	114.50	150.00	0.00	41.50	100.00	0.20	0.65
Dosis elemento comercial* kg/ha (para 8 t/ha en híbridos)	293.33	183.20	240.00	0.00	66.40	137.14	0.32	1.05

*El termino dosis comercial hace referencia al cálculo de la dosis de elemento puro a su equivalente comercial multiplicado por el % de eficiencia.

La densidades de siembra alcanzan en promedio 62,500 plantas por ha en el cultivo de híbridos y en cultivo de maíces locales alcanzan de 80,000 plantas por ha. En híbridos cultivan dos granos por postura y en maíces locales siembran 3 y 4 granos por postura en asocio con frijol.

Posterior al análisis de las condiciones nutricionales del suelo y conocer el manejo cultural, se planteó realizar las enmiendas correctivas de pH y posteriormente las recomendaciones en cuanto a nutrición balanceada según cálculos realizados de acuerdo al cultivo y condiciones de fertilidad del suelo, estos valores se adaptaron a la unidad de medida más común en el la aldea que son áreas denominadas cuerdas con medidas de 25 por 25 metros cuadrados, equivalentes a 625 m^2 y uso de fertilizantes en libras.

Por lo tanto la primera variable a tomar en cuenta es la acidez del suelo, por lo que se realizaron los cálculos para realizar enmiendas con cal dolomítica. Con el fin de aumentar el pH, aumentar la saturación de bases en el suelo, aportar calcio, magnesio y mantener el balance de bases.

La recomendación es aplicar 2 toneladas de cal dolomítica por ha (2 t/ha), para cuerdas de 625 m^2 la recomendación es de 275 libras de cal dolomítica, para la aplicación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Aplicar cuando el suelo este seco.
- Preferiblemente realizar la aplicación de cal después de la cosecha, pudiendo enterrar el rastrojo con arado, la otra opción es aplicarla con 3 meses de anticipación a la siembra, también puede realizarse con dos meses de anticipación aunque es menos recomendable.
- Se recomienda realizar un barbecho o labranza a 20 cm de profundidad que permita incorporar (revolver o mezclar) la cal en el suelo.
- La aplicación de cal dolomítica puede realizarse cada tres años, aunque es necesario tener un análisis de suelo para conocer las necesidades del suelo y no exceder los requerimientos de cal.

Posteriormente se observa un resumen del programa de fertilización con las materias primas (fertilizantes) y cantidades sugeridas a utilizar en la nutrición del cultivo tanto para maíces criollos (Cuadro 50) como para maíces híbridos (Cuadro 51).

Cuadro 50. Valores de fertilización recomendados por cuerda de maíz criollo, en densidades de 80,000 plantas/ha (5,000 plantas/cuerda).

Materia prima	Composición	kg/ha	lbs/625m²
Sulfato de amonio	21-0-0-24S	100	14
Nitrato de amonio	33.5-0-0	420	58
MAP	10-50-00	230	32
KCl	0-0-60	230	32
Kmag	0-0-22+18Mg+22SO ₄	230	32
K ₂ SO ₄	0-0-50-17S	180	25

Cuadro 51. Valores de fertilización recomendados por cuerda, para maíz híbrido en densidades de 80,000 plantas/ha. (5,000 plantas/cuerda)

Materia prima	Composición	kg/ha	lbs/625m²
Sulfato de amonio	21-0-0-24S	150.00	21
Nitrato de amonio	33.5-0-0	675.00	93
MAP	10-50-0	365.00	50
KCl	0-0-60	170.00	23
Kmag	0-0-22+18Mg+22SO ₄	375.00	52
K ₂ SO ₄	0-0-50-17S	110.00	15

La recomendación sobre la densidad de siembra del híbrido se realiza debido a que se cultiva durante la época seca por lo que es posible aumentar la densidad de siembra del maíz manteniendo bajo el riesgo de enfermedades, en este caso se disminuye el marco de plantación y se aumentan los niveles de nutrición según la cosecha esperada teóricamente (Cuadro 51). En el caso del maíz criollo o local no se recomienda aumentar la densidad de siembra por la susceptibilidad a enfermedades que eso representa.

A partir de los programas anteriores y la fenología del cultivo se propone la siguiente calendarización para la incorporación de fertilizantes durante el ciclo de cultivo, este calendario se ha realizado para los casos antes mencionados, debido a que los ciclos son de 140 a 150 días a cosecha (Cuadro 52).

En el calendario de fertilización (Cuadro 52) se observa que se debe aplicar varias fórmulas el mismo día. Con el fin de agilizar el proceso de fertilización se recomienda mezclar las cantidades de fertilizantes antes de su aplicación, en forma homogénea a modo que se mezclen bien todos los fertilizantes y el proceso de fertilización sea más uniforme. La mezcla debe realizarse el mismo día de la aplicación, debido a que si se realiza días antes los fertilizantes reaccionan y pierden su efecto, quedando inservibles o no viables para su aplicación.

En el caso del fertilizante foliar (aplicado a las hojas), se puede aplicar solo o en mezcla con insecticidas, si decide hacer la mezcla con insecticidas la forma correcta es llenar la bomba a la mitad con agua, agregar primero el insecticida en la bomba de asperjar, luego disolver la cantidad de fertilizante foliar en un recipiente aparte y agregarlo, por último llenar la bomba de mochila con el resto de agua. La dosis de fertilizante a aplicar es de 5 onzas y media por bomba para una cuerda (625 m²).

En el caso de riegos, se recomienda realizar riegos por aspersión, con intervalos de 3 a 4 días entre cada riego esto dependerá de la observación y del clima. Los riegos deben aumentar su frecuencia y volumen de acuerdo a edad del cultivo. Cuando se realice fertilización no se deben hacer riegos excesivos debido a la textura arenosa del suelo para evitar el lixiviado (lavado) del fertilizante. Lo ideal es calibrar los aspersores para conocer el caudal, idealmente se requieren riegos con láminas de 50mm en las etapa crítica.

Las etapas críticas de riego para el maíz, inicia en la presencia de 6 hojas a partir de los 40-45 días, hasta los 120 días (R1) cuando el total de granos está formado, los riegos continúan hasta alcanzar R5 cuando el grano deja de ser pastoso.

Otro dato importante del análisis de suelo es el bajo porcentaje de materia orgánica 0.65%, por lo que la suplementación a través de compost vegetal, lombricompost y/o estiércol de bovinos representa la opción más adecuada al contexto de la región.

Para elevar el contenido de materia orgánica a 2% se realiza el siguiente análisis.

$$MO = s * Da * p * (Mf - Mi/100)$$

$$MO = 10^4 * 1.5 * 0.2 * (2 - 0.65/100)$$

$$MO = 40.5 \text{ t/ha de humus.}$$

Dónde:

MO = cantidad de materia orgánica a aportar en toneladas por hectárea.

S= superficie en metros cuadrados

P= profundidad del suelo

Mf= porcentaje de materia orgánica a alcanzar

Mi= porcentaje de materia orgánica en el suelo

Dependiendo del origen de la materia orgánica y el índice de humificación variará la cantidad del abono orgánico, por ejemplo si fuera estiércol de bovinos o gallinaza serían necesarias 360 ton/ha.

Debido que un aporte tan alto de estiércol es improbable, generará contaminación y ninguna rentabilidad. Se propone entonces fraccionar dicha cantidad por 10 años lo que significa que podrían aplicarse 36.2 t/ha/año. En promedio se sugiere aplicar 20 quintales por cuerda cada ciclo de cultivo, para mantener un contenido aceptable de materia orgánica en el suelo.

Como recomendación general, se recomienda enterrar el rastrojo al finalizar la cosecha como un aporte más de materia orgánica al suelo.

Cuadro 52. Propuesta de programa de fertilización para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para áreas de 625m².

Días después siembra	Fórmula	Cantidades recomendadas para híbrido		Cantidades recomendadas para criollo		Forma de aplicación
Aplicar el día de la siembra	10-50-00	50.2	libras	32	libras	Bandas o bajo la semilla.
Aplicar el día de la siembra	Lombricompost o estiércol compostado.	20 a 25	quintales	16.5	quintales	aplicación al suelo
10	33.5-0-00	32.5	libras	20	libras	postura al suelo
10	0-0-22+18Mg+22SO4	36.1	libras	22	libras	postura al suelo
10	multi Feed Maíz 23-10-23+em	5.5	onzas	5.5	onzas por bomba	foliar (asperjado a las hojas)
25	0-0-50-17S	7.6	libras	12	libras	postura al suelo
25	33.5-0-00	37.1	libras	23	libras	postura al suelo
25	0-0-60	11.7	libras	16	libras	postura al suelo
25	0-0-22+18Mg+22SO4	7.7	libras	5	libras	postura al suelo
25	multi Feed Maíz 23-10-23+em	5.5	onzas	5.5	onzas por bomba	foliar (asperjado a las hojas)
45	0-0-50-17S	7.6	libras	12	libras	postura al suelo
45	0-0-22+18Mg+22SO4	7.7	libras	5	libras	postura al suelo
45	21-0-0-24S	20.6	libras	14	libras	postura al suelo
45	0-0-60	11.7	libras	16	libras	postura al suelo
45	33.5-0-0	23.2	libras	14	libras	postura al suelo
45	multi Feed Maíz 23-10-23+em	5.5	onzas	5.5	onzas por bomba	foliar (asperjado a las hojas)

3.9.4 Evaluación

Se realizó el muestreo de estrato bajo de la comunidad, donde se cultivó maíz (*Zea mays* L.), del cual se envió una muestra al laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas UVIGER-FAUSAC. USAC.

Estos resultados se compartieron con 20 agricultores mediante una metodología práctica, empleando experimentos de campo. En los cuales ellos fueron parte del proceso participando activamente en el desarrollo de los experimentos y comprometidos a compartir las experiencias aprendidas con el resto de agricultores de la comunidad.

Los participantes realizaron las consultas que les parecieron más relevantes, y se alcanzó un 90% de comprensión en los temas de pH, textura del suelo, infiltración y periodos de riego, así también se instruyó sobre la nutrición del suelo y las enmiendas de materia orgánica y encalados agrícolas. Temas que fueron abordados con mucha atención, en donde ellos han explicado y entendido el porqué del deterioro de los suelos y que al finalizar el desarrollo del ejercicio fueron aceptados de buena manera por todos los participantes.

Finalmente se elaboró el programa de fertilización que contempla recomendaciones de acuerdo a los resultados del análisis, características del suelo, método de cultivo, periodo de siembra, materia prima accesible y actividades de la comunidad. El programa debe actualizarse periódicamente y adecuarse a las necesidades posteriores.



Figura 77. Toma de sub-muestra con uno de los agricultores.



Figura 76. Homogenización de sub-muestras colectadas.



Figura 79. Preparación de materiales para la demostración de resultados.



Figura 78. Preparación de muestras de suelo para lectura de pH.



Figura 81. Exposición del análisis de la situación actual de los suelos y del cultivo de maíz.



Figura 80. Presentación de propuesta para el manejo del cultivo de maíz.

3.10 Referencias bibliográficas

Cruzate, G., y Casas, R. 2003. Balance de nutrientes. Revista fertilizar INTA, 8. p. 7-13 (en línea) Consultado: 12 jun. 2018. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/BalanceDeNutrientes.pdf>

- Deras, H. s.f. El cultivo de maíz. Guía técnica. IICA. El Salvador. (en línea). p. 17-18
Consultado: 30 sep. 2018. Disponible en:
<http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- FAO (Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2009. Manual “Una huerta para todos”. Manual de autoinstrucción 1(3) (en línea). Consultado: 4 abr 2018. 291 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3846s.pdf>
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) 2011, Guía sobre prácticas de conservación de suelos. Proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras. (2)(1) La Lima, Cortés: FHIA, 2011. 22 p. (en línea). Consultado: 20 abr. 2018. Disponible en:
http://www.fhia.org.hn/downloads/guia_conservacion_de_suelos.pdf
- García, C. y Félix, JA. 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Tecnologías para el productor. Fundación Produce Sinaloa, A.C. México. (en línea) Consultado el 19 abr. 2018. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/287982466_Manual_para_la_produccion_de_abonos_organicos_y_biorracionales
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) 2011. Manual para el cultivo de variedades de maíz y frijol en Chimaltenango. ICTA. Guatemala. p. 19-33. (en línea) Consultado: 8 abr. 2018. Disponible en:
<http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/Manual%20para%20el%20cultivo%20de%20variedades%20mejoradas,%202011.pdf>
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) 2018. ICTA B-15 Maíz blanco biofortificado. Variedad de maíz con alta calidad de proteína y más contenido de zinc. Publicación técnica. ICTA. Guatemala. (en línea) Consultado 8 abr. 2018. Disponible en: <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/ICTA%20B-15ACP+Zn,%20Maiz%20blanco%20biofortificado,%202018.pdf>
- Martínez, C. (2009). Manual de prácticas de laboratorio edafología II. Muestreo de suelos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Área tecnológica

sub-área manejo de suelo y agua. USAC-FAUSAC. p. 1-5. (en línea) Consultado: 12 jun. 2018. Disponible en: <https://es.slideshare.net/javierelorrieta/17556342-manualdelaboratoriodeedafologiaii>

Ramos, D. y Terry, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales, 35(4), p. 54-55. (en línea) Consultado: 30 sep. 2018. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>

SARH-OEA-CREFAL, 1992. Cuadernos de trabajo No. 4. Manual práctico de avicultura. Proyecto Especial OEA-92, Meseta Purépecha. (en línea) Consultado 12 abr. 2018. Disponible en: <https://docplayer.es/5952830-Cuadernos-de-trabajo-no-4-manual-practico-de-avicultura.html>

Villanueva, C., Oliva, A., Torres, Á., Rosales, M., Moscoso, C., & González, E. (2015). Manual de producción y manejo de aves de patio. (en línea). Consultado: 05 abr. 2018. 66 p. Disponible en: <http://www.siatma.org/sitios/biblioteca/uploads/00015-GRAF-SLM.pdf>

Villatoro De León, EA. 2005. Efecto de lodos provenientes de plantas de tratamiento sobre maíz dulce (*Zea mays*) (Tesis Ing. Agr.). Guatemala: USAC, FAUSAC. Consultado: 05 abr. 2018. 66 p. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2210.pdf

Vo.Bo. _____



Firma y Sello Biblioteca CUSACQ

3.11 Apéndice

Cuadro 53. Resumen de costos por servicio ejecutado.

Servicio 1. Prácticas para la conservación del suelo.			
Actividad o insumo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capacitaciones o visitas agrícolas	4	Q 550.00	Q 2,200.00
Cuerda	1	Q 5.00	Q 5.00
Metro	1	Q 12.00	Q 12.00
Material didáctico	1	Q 10.00	Q 10.00
Transporte	4	Q 50.00	Q 200.00
Total			Q 2,427.00
Servicio 2. Implementación de huertos familiares.			
Actividad o insumo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capacitaciones o visitas agrícolas	6	Q 550.00	Q 3,300.00
Taller de cocina	2	Q 550.00	Q 1,100.00
Semillas hortaliza variedad	5	Q 100.00	Q 500.00
Transporte	8	Q 50.00	Q 400.00
Total			Q 5,300.00
Servicio 3. Encierro de aves y aplicación de programas profilácticos.			
Actividad o insumo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capacitaciones	2	Q 550.00	Q 1,100.00
Jornadas de vacunación	2	Q 550.00	Q 1,100.00
Insumos para vacunación	2	Q 820.00	Q 1,640.00
Transporte	4	Q 50.00	Q 200.00
Total			Q 4,040.00
Servicio 4. Parcelas de frijol variedad ICTA Altense.			
Actividad o insumo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capacitaciones o visitas agrícolas	5	Q 550.00	Q 2,750.00
Saco de semilla 20 kg	1	Q 800.00	Q 800.00
Transporte	5	Q 50.00	Q 250.00
Total			Q 3,800.00
Servicio 5. Evaluación de maíz criollo, Variedad ICTA B15 e Híbrido P4082W.			
Actividad o insumo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capacitaciones o visitas agrícolas	10	Q 550.00	Q 5,500.00
Semilla de maíz criollo Lib.	2	Q 4.00	Q 8.00
Semilla de maíz ICTA B-15	2	Q 24.00	Q 48.00
Semilla de maíz Híbrido	2	Q 52.50	Q 105.00
Fertilizante 20-20-0 Lib.	50	Q 2.00	Q 100.00
Fertilizante Sulfato de amonio qq.	1	Q 100.00	Q 100.00
Fertilizante N-P-K+Mg-S-Zn Lib.	50	Q 2.40	Q 120.00
Mano de obra por jornal	18	Q 35.00	Q 630.00

Productos fitosanitarios	3	Q	35.00	Q	105.00
Transporte	10	Q	50.00	Q	500.00
Total				Q	7,216.00
Servicio 6. Implementación de aboneras orgánicas					
Actividad o insumo	Cantidad		Costo unitario		Costo total
Capacitaciones o visitas agrícolas	2	Q	550.00	Q	1,100.00
Suelo o mantillo	1	Q	20.00	Q	20.00
Estiércol	1	Q	20.00	Q	20.00
Melaza o panela	1	Q	7.00	Q	7.00
Levadura	1	Q	8.00	Q	8.00
Hojas verdes	1	Q	2.00	Q	2.00
Ceniza	1	Q	1.00	Q	1.00
Nylon u otro material para cubrir	1	Q	28.00	Q	28.00
Mano de obra	2	Q	35.00	Q	70.00
Transporte	2	Q	50.00	Q	100.00
Total				Q	1,356.00
Servicio 7. Manejo del cultivo de cebolla var. withe album.					
Actividad o insumo	Cantidad		Costo unitario		Costo total
Capacitaciones o visitas agrícolas	9	Q	550.00	Q	4,950.00
Semilla de cebolla	1	Q	165.00	Q	165.00
Fertilizante foliar	1	Q	65.00	Q	65.00
Fungicida	1	Q	35.00	Q	35.00
Fertilizante Lib.	25	Q	2.00	Q	50.00
Desinfectante de suelo	1	Q	10.00	Q	10.00
Mano de obra por jornal	10	Q	35.00	Q	350.00
Material didáctico	1	Q	10.00	Q	10.00
Transporte	9	Q	50.00	Q	450.00
Total				Q	6,085.00
Servicio 8. Muestreo de suelo en áreas cultivadas con maíz.					
Actividad o insumo	Cantidad		Costo unitario		Costo total
Toma de muestras	1	Q	100.00	Q	100.00
Capacitación	1	Q	550.00	Q	550.00
Envío de muestra	1	Q	55.00	Q	55.00
Análisis de la muestra	1	Q	170.00	Q	170.00
Transporte	1	Q	50.00	Q	50.00
Total				Q	925.00



Santa Cruz del Quiché, 26 de agosto de 2020

Honorable Consejo Académico
Centro Universitario de Quiché -CUSACQ-
Presente,

Honorables miembros:

Atentamente me dirijo a ustedes con el propósito de informarles respecto al desarrollo del Trabajo de Graduación del estudiante: Marcos Gabriel Ovalle Santos, de Código Único de Identificación (CUI): 2265 79964 1401 y Registro Académico No. 201240858, titulado: "EFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS APLICADOS AL SUELO, EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA ALDEA SACAJ DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA."

Hago de su conocimiento que luego de evaluar el contenido del documento, de acuerdo con los lineamientos de la carrera de Ingeniería Agronómica en Sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Quiché -CUSACQ- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, brindo dictamen favorable al contenido presentado por el estudiante, que según mi criterio cumple con los requisitos establecidos previos al Examen Público de Graduación.

Atentamente:

Ing. Agr. José Angel Sucuquí Chinol, Mgtr.
Supervisor/Asesor del EPSA

Ing. Agr. José A. Sucuquí, Mgtr.
Consultor para el Desarrollo
Colegiado Activo 4573



Santa Cruz del Quiché, 26 de agosto de 2020

Honorable Consejo Académico
Centro Universitario de Quiché -CUSACQ-
Presente,

Respetables miembros:

De la manera más atenta y respetuosa nos dirigimos a ustedes deseándoles toda clase de éxitos en tan ardua labor que desempeñan.


El motivo de la presente es para informarles respecto al Trabajo de Graduación del estudiante: Marcos Gabriel Ovalle Santos, de Código Único de Identificación (CUI): 2265 79964 1401 y de Registro Académico No. 201240858, titulado: "EFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS APLICADOS AL SUELO, EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LA ALDEA SACAJ DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA".

Hacemos de su conocimiento que el documento mencionado anteriormente, como parte del proceso del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA-, fue revisado por cada uno de nosotros y en su momento se indicaron las respectivas correcciones para mejora, mismas que fueron realizadas por el estudiante de forma satisfactoria. Por lo que según nuestro criterio cumple con los requisitos establecidos y brindamos el dictamen favorable para ser sometido a Examen Público.

Atentamente,


Ing. Agr. Higinio Guillermo Beltrán Ambrocio
Catedrático Revisor


Ing. Amb. Carlos Manuel Tzoc Zapeta
Catedrático Revisor


Ing. Agr. Dennis Eduardo Rojas Natareno
Catedrático Revisor

Santa Cruz del Quiché 26 de agosto de 2020

Honorable Consejo Académico
Centro Universitario de Quiché – CUSACQ -
Presente

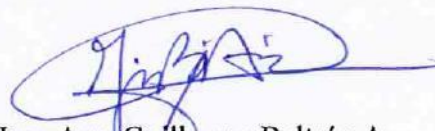
Honorable miembros:

Atentamente me dirijo a ustedes con el propósito de informarles respecto al desarrollo del Trabajo de Graduación del estudiante: MARCOS GABRIEL OVALLE SANTOS, con carné No. 201240858, y sobre las actividades generales del EPSA que esta área coordina.

Después de revisar toda su documentación presentada que van desde el cierre de pensum hasta la parte final del EPSA, donde dicho alumno demuestra haber solventado todo lo necesario para que se pueda graduar o someterse a su examen final público.

Por lo tanto se Dictamina favorablemente a favor del estudiante y según mi criterio, cumple con los requisitos establecidos para sustentar dicho examen.

Atentamente,



Ing. Agr. Guillermo Beltrán A.
Coordinador del Área Integrada
Tel. 5979-1744

cc. Archivo



NO. 02-2020

Trabajo de Graduación:

**"EFECTOS DE ORGANISMOS
BENEFICOS APLICADOS AL SUELO, EN
LA PRODUCCIÓN DE MAIZ (Zea mays
L.) EN LA ALDEA SACAJ DE SAN
ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ,
GUATEMALA."**



Estudiante:

Marcos Gabriel Ovalle Santos

Carné:

201240858

"IMPRIMASE"



Ing. Agr. Sergio Rolando Gómez Medrano
Coordinador de Agronomía
Centro Universitario de Quiché-CUSACQ.



Oficio. Ref. IASPA, srgm No. 028-2020
Santa Cruz del Quiche 04 de septiembre 2020

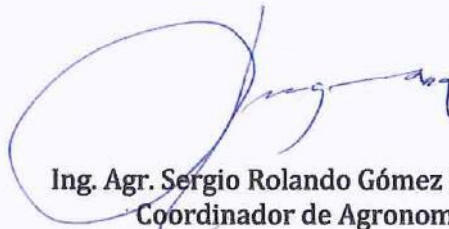
Estudiante.

Marcos Gabriel Ovalle Santos.

Centro Universitario de Quiché. CUSACQ.

Por este medio, me permito informarle que ha sido revisado el trabajo de graduación, nombrado "EFECTOS DE ORGANISMOS BENEFICOS APLICADOS AL SUELO, EN LA PRODUCCIÓN DE MAIZ (*Zea mays* L.) EN LA ALDEA SACAJ DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, QUICHÉ, GUATEMALA.", el cual ha llenado los procesos de revisión de forma y estilo, por tal motivo se le da el "IMPRIMASE", para que pueda ser reproducido y entregado a las instancias correspondientes, para cumplir con los requisitos, previos al Examen Público de Graduación, para optar al título con grado de Licenciatura, de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola.

Sin otro particular.



Ing. Agr. Sergio Rolando Gómez Medrano
Coordinador de Agronomía
Centro Universitario de Quiché-CUSACQ.



Vo.Bo. M.A. Esteban Enrique Barreno
Vicente
Coordinador Académico
Centro Universitario de Quiché-CUSACQ.



"ID Y ENSEÑAD A TODOS"