

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**DETERMINACIÓN DE ZONAS POTENCIALES A UNA MAYOR RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL, QUICHÉ, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, SANTA MARÍA NEBAJ, QUICHÉ, Y SERVICIOS EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA MARÍA NEBAJ, SAN GASPAR CHAJUL Y SAN JUAN COTZAL EN EL DEPARTAMENTO DE QUICHÉ, GUATEMALA.**

**VICTOR JOSUE ALDANA MAYORGA**  
**CARNÉ No. 201408079**

**GUATEMALA, FEBRERO DE 2021**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN DETERMINACIÓN DE ZONAS POTENCIALES A UNA MAYOR RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL, QUICHÉ, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, SANTA MARÍA NEBAJ, QUICHÉ, Y SERVICIOS EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA MARÍA NEBAJ, SAN GASPAS CHAJUL Y SAN JUAN COTZAL EN EL DEPARTAMENTO DE QUICHÉ, GUATEMALA.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**VICTOR JOSUE ALDANA MAYORGA**

**CARNÉ No. 201408079**

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

**EN**

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**GUATEMALA, FEBRERO 2021**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR**

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	Ing. Agr. Waldemar Nufío Reyes
<b>VOCAL I</b>	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
<b>VOCAL II</b>	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
<b>VOCAL III</b>	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
<b>VOCAL IV</b>	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
<b>VOCAL V</b>	Br. Sergio Wladimir González Paz
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, FEBRERO 2021



Guatemala, febrero 2021

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

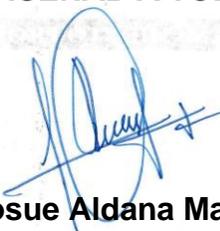
Honorables miembros:

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: **“DETERMINACIÓN DE ZONAS POTENCIALES A UNA MAYOR RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL, QUICHÉ, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, SANTA MARÍA NEBAJ, QUICHÉ, Y SERVICIOS EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA MARÍA NEBAJ, SAN GASPAS CHAJUL Y SAN JUAN COTZAL EN EL DEPARTAMENTO DE QUICHÉ, GUATEMALA.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, 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”**



**Victor Josue Aldana Mayorga**

**Carné No. 201408079**



## ACTO QUE DEDICO

### A:

- A Dios Por ser la luz que me guio con sabiduría y me dio fortaleza en todo momento que tenía alguna recaída.
- A mis papás Víctor Aldana y Corina Mayorga por apoyarme en todo momento y ser los ejemplos de padres trabajadores, son quienes me han inculcado los valores y principios que me han formado. Gracias por confiar estando a una gran distancia los amo mucho.
- A mis hermanas Andrea y Wendy Aldana por estar conmigo en las buenas y en las malas por cuidar de mí y ser un ejemplo en mi vida.
- A mi sobrina y sobrino Luciana Jacome y Allain Rivera que han llegado a mi vida como un granito de azúcar dándole sabor y alegría, los amo.
- A mi tía Liliana Aldana por apoyarme en todo momento, por darme los alientos para seguir adelante a cada momento, por ser el ejemplo de mujer trabajadora que me ha inculcado los valores que me han formado en mi vida. Gracias, tía por su amor y apoyo incondicional.
- A mi prometida Andrea Meoño que con su amor y su apoyo me ha ayudado a salir adelante a terminar mis metas.
- A mis abuelitas Pancha y Tonita de Paz por el amor brindado en toda mi vida.
- A mis abuelitos Estela y Victor Aldana, Carlos Pancán, Flavio Agustín y Bernabé Mayorga por todo el cariño que me brindaron, un saludo al cielo (Q.E.P.D).
- A mis primas Laurie y Victoria Casasola que siempre estuvieron cuando las necesite, gracias por su comprensión y amor.
- A mi familia en General A mis tíos Armando Aldana, Alcira y Dimas Mayorga, Nora Palacios, Héctor Rossi y Sonia Contreras; también a mis padrinos Augusto y Betty Ramírez que siempre han estado apoyando y aconsejando; a mis sobrinos Lulu y Tonito que son parte de mi felicidad; también a mis primas que son parte de los momentos de risa que he compartido con ellas Ligia y Jenny Monzón.



## **AGRADECIMIENTOS**

- A la USAC Por albergarme y brindarme las herramientas necesarias para enfrentarme el día a día como un profesional.
- A la Facultad de Agronomía Por todos los conocimientos transmitidos y ser gran parte de mi formación académica.
- A mis Asesores Doctor Marvin Salguero y Doctor Adalberto Rodríguez por brindarme y asesorarme con sus conocimientos como profesionales, por su valioso tiempo y aporte profesional a este trabajo.
- A mis amigos Agrónomos Rómulo, Ana Lucía, Kevin, Josue, Joel, Manrique, Pedro, Alex, Carlos y Luis por su amistad y apoyo durante los años que hemos compartido en la carrera y la vida.
- A mis amigos de la Vida Estuardo, Jorge, Flor, Cesia, Abel, Rachel y Beto por los buenos momentos y recuerdos compartidos.
- A mis catedráticos Por contribuir a mi formación académica.
- A toda mi familia Por todo su cariño, comprensión y paciencia que me han tenido en mi etapa universitaria.  
Y a todas aquellas personas que de una manera u otra hicieron posible este trabajo de graduación.



## ÍNDICE GENERAL

<b>TÍTULO</b>		<b>PÁGINA</b>
	CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO MICROCUENCA RÍO AZUL, SANTA MARÍA NEBAJ, QUICHÉ.	1
1.1	INTRODUCCIÓN	3
1.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
1.3	OBJETIVOS	6
1.3.1	General	6
1.3.2	Específicos	6
1.4	MARCO REFERENCIAL	7
1.4.1	Localización	7
A.	Macro localización	7
B.	Micro localización	7
C.	Vías de acceso	7
1.5	METODOLOGÍA	10
1.5.1	Recopilación de información	10
1.5.2	Revisión de información secundaria	11
1.5.3	Recolección de información primaria	11
1.5.4	Procesamiento, construcción y redacción del documento final de diagnóstico de la microcuenca de río Azul, Santa María Nebaj, Quiché.	11
1.6	RESULTADOS	13
1.6.1	Caracterización del capital humano de la microcuenca del río Azul.	13
A.	Capital humano	13
a.	Centros poblados	13
b.	Educación	14
c.	Salud	15
d.	Migración	16
B.	Capital cultural	16
a.	Etnia e Idioma	16

<b>TÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>
b. Tradiciones y costumbres	17
c. Religión	17
C. Capital social	18
a. Estructuras organizativas	18
b. Actores presentes en la microcuenca	19
D. Capital político	21
a. Estructuras representativas	21
1.6.2 Caracterización del capital material de la microcuenca del río Azul.	22
A. Capital natural	22
a. Cuerpos de agua	22
b. Vegetación (FLORA)	24
c. Fauna	25
d. Climatología	26
e. Zonas de Vida	27
i. Bosque Húmedo Montano Bajo subtropical (bh-MB)	27
ii. Bosque muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB)	27
f. Ecosistemas	29
B. Capital financiero	31
a. Tamaño de unidades productivas	31
b. Empleo y niveles de ingreso	32
c. Sistemas productivos	32
1.6.3 Capital construido	33
A. Servicios básicos	33
a. Agua entubada y energía eléctrica	33
b. Servicios de salud	33
c. Acceso a la educación	34
d. Vivienda y áreas de producción	35
e. Manejo de desechos sólidos	35
f. Medios de comunicación y transporte	35

<b>TÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>	
1.6.4	Resumen de capitales de vida en la microcuenca del río Azul	37
1.6.5	Identificación de amenazas y vulnerabilidades en la microcuenca río Azul.	39
1.6.6	Recomendaciones para los lineamientos de manejo de la microcuenca	40
1.7	CONCLUSIONES	41
1.8	RECOMENDACIONES	43
1.9	BIBLIOGRAFÍA	44
1.10	ANEXOS	45
	CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN DETERMINACIÓN DE ZONAS POTENCIALES A UNA MAYOR RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL, QUICHÉ, GUATEMALA, C.A..	49
2.1	PRESENTACIÓN	51
2.2	MARCO CONCEPTUAL	53
2.2.1	Zonas de recarga hídrica	53
2.2.2	Clasificación de zonas de recarga hídrica	53
A.	Zona recarga hídrica superficial	54
B.	Zona de recarga hídrica sub-superficial	54
C.	Zona de recarga hídrica subterránea	54
2.2.3	Factores que afectan la recarga hídrica	55
A.	Clima	55
B.	Precipitación	56
a.	Precipitación convectiva	56
b.	Precipitación orográfica	56
c.	Precipitación ciclónica	57
C.	Evapotranspiración	57
a.	Evaporación	57
b.	Transpiración	57
D.	Suelo	58

<b>TÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>
a. Tipo de suelo	58
b. Textura del suelo	58
E. Capacidad de infiltración	60
a. Método para determinar la velocidad de infiltración del suelo	60
i. Infiltrómetro de doble anillo o anillos de Munz	60
F. Topografía	62
a. Relieve	63
b. Pendiente	63
G. Geología	63
a. Tipo de rocas	64
b. Porosidad de las rocas	64
H. Cobertura vegetal	65
I. Uso de la tierra	65
J. Escurrimiento	66
2.2.4 Cuenca	66
2.2.5 Cuenca hidrográfica	67
2.2.6 Subcuenca	67
2.2.7 Microcuenca	68
2.2.8 Cuenca hidrogeológica o hidrológica	68
A. Línea divisoria o parte aguas	68
B. La cuenca como un sistema	68
2.2.9 Funciones de la cuenca	69
A. Función hidrológica	69
B. Función ecológica	69
C. Función ambiental	70
D. Función socioeconómica	70
2.2.10 Sistema de clasificación de cuencas	70
2.3 MARCO REFERENCIAL	72
2.3.1 Población de la microcuenca de río Azul	72

<b>TÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>	
2.3.2	Localización y extensión territorial de la microcuenca del río Azul	73
2.3.3	Vías de acceso	73
2.3.4	Centro poblados de la microcuenca del río Azul	74
2.3.5	Colindancias de la microcuenca del río Azul	76
2.4	<b>OBJETIVOS</b>	77
2.4.1	General	77
2.4.2	Específicos	77
2.5	<b>METODOLOGÍA</b>	78
2.5.1	Modelo propuesto por Matus Silva	78
2.5.2	Fase 1 campo	83
A.	Delimitación del área de estudio	83
B.	Distribución de los puntos de muestreo de suelos	83
C.	Distribución de los puntos de muestreo para las pruebas de velocidad de infiltración	87
D.	Elección de la ubicación de los anillos	88
E.	Colocación del instrumento infiltrómetro de doble anillo	88
F.	Llenado de agua	89
G.	Toma de medidas (lectura)	89
2.5.3	Fase 2 gabinete	91
A.	Mapa de pendientes y micro relieve	92
B.	Mapa de tipo de suelo	92
C.	Mapa de texturas de suelo	93
D.	Mapa de velocidad de infiltración	94
E.	Mapa geológico	95
F.	Mapa de cobertura vegetal	96
G.	Mapa de uso de la tierra	97
2.5.4	Fase 3. Procesamiento de datos	98

<b>TÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>
A. Elaboración del mapa de fuentes de agua ubicadas en las partes altas de cuencas y áreas de muy alta recarga hídrica que abastecen a cabeceras departamentales y municipales	98
B. Determinación de zonas potenciales de recarga hídrica	99
2.5.5 Fase 4 análisis de resultados	100
2.6 RECURSOS Y MATERIALES	101
2.6.1 Materiales de oficina (trabajo de gabinete)	101
2.6.2 Materiales de campo	101
2.6.3 Equipo de campo	102
2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	103
2.7.1 Textura de suelo	103
2.7.2 Velocidad de Infiltración	106
2.7.3 Tipo de suelo	109
2.7.4 Mapa de pendientes.	113
2.7.5 Mapa de cobertura vegetal	115
2.7.6 Uso de la tierra -2018- de la microcuenca del río Azul	117
2.7.7 Balance hídrico	119
2.7.8 Potencial de recarga hídrica en la microcuenca del río Azul	121
A. Modelo propuesto por Matus Silva	121
B. Áreas críticas de recarga de acuíferos (CARAS)	125
C. Protocolo metodológico para mapa de áreas de muy alta recarga hídrica, con base a las categorías establecidas por el MAGA	129
2.7.9 Validación del modelo metodológico propuesto por Matus Silva (Metodología 1)	131
2.7.10 Análisis de variables utilizadas por metodología	132
2.7.11 Lineamientos generales para el manejo y conservación de los recursos naturales disponibles en zonas potenciales de recarga hídrica	134
A. Línea de protección de los recursos naturales	134
a. Descripción	134

<b>TÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>
b. Acciones	135
i. Protección de bosques naturales	135
ii. Protección y manejo de bosques riparios	135
iii. Protección de fuentes de agua	135
c. Prácticas	136
B. Línea de recuperación de los recursos naturales.	136
a. Descripción	136
b. Acciones	137
i. Restauración de áreas forestales degradadas	137
ii. Repoblación forestal	137
iii. Conservación de suelos y agua	138
c. Prácticas	138
C. Línea de producción	139
a. Descripción	139
b. Acciones	139
i. Establecimiento de sistemas agroforestales	139
ii. Establecimiento de sistemas silvopastoriles	140
iii. Ordenamiento territorial	140
c. Prácticas	141
2.8 CONCLUSIONES	145
2.9 RECOMENDACIONES	146
2.1 BIBLIOGRAFÍA	147
2.11 ANEXOS	151
CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA MARÍA NEBAJ, SAN GASPAR CHAJUL Y SAN JUAN COTZAL EN EL DEPARTAMENTO DE QUICHÉ, GUATEMALA..	161
3.1 INTRODUCCIÓN	163
3.2 OBJETIVOS	165
3.2.1 Objetivo general	165

<b>TÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>	
3.2.2	Objetivos específicos	165
3.3	SERVICIO 1: INSTALACIÓN DE DOS ESTRUCTURAS Y EQUIPO DE BENEFICIO DE CAFÉ, PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL DESPULPADO Y SECADO EN DOS MIPYMES, COMO ESTRATEGIA DE CAPITALIZACIÓN Y FORTALECIMIENTO DE LAS CADENAS DE VALOR DE CAFÉ.	166
3.3.1	Introducción	166
3.3.2	Objetivos	167
A.	General:	167
B.	Específicos:	167
3.3.3	Metodología	168
A.	Selección de los grupos de MIPYMES.	168
B.	Selección de las áreas de implementación de las Infraestructuras.	168
a.	Distribución de las áreas.	168
b.	Preparación de las áreas para montaje de las estructuras	168
c.	Montaje de las Infraestructuras	169
d.	Monitoreo y seguimiento.	169
3.3.4	Resultados	169
3.4	SERVICIO 2: ESTABLECIMIENTO DE INVERNADEROS PARA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS CON GRUPOS DE EMPRENDIMIENTOS DE JÓVENES Y UNIVERSIDADES DEL ÁREA IXIL.	177
3.4.1	Introducción	177
3.4.2	Objetivos	178
A.	General:	178
B.	Específicos	178
3.4.3	Metodología	179
A.	Selección de los grupos	179
B.	Compra y entrega de materiales	179

<b>TÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>
C. Monitoreo y Seguimiento	179
3.4.4 Resultados	179
3.5 SERVICIO 3: BRINDAR ASISTENCIA TÉCNICA Y ACOMPAÑAMIENTO A GRUPOS DE EMPRENDIMIENTO Y GRUPOS DE JÓVENES, EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE Y CHILE DULCE BAJO CONDICIONES CONTROLADAS.	182
3.5.1 Introducción	182
3.5.2 Objetivos	183
A. General	183
B. Específicos	183
3.5.3 Metodología	184
3.5.4 Resultados	184
3.6 SERVICIO 4: COLABORAR EN EL DESARROLLO DE LOS MÓDULOS DEL DIPLOMADO DE “PRODUCCIÓN ESPECIALIZADA DE HORTALIZAS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS”.	188
3.6.1 Introducción	188
3.6.2 Objetivo	189
A. General	189
B. Específicos	189
3.6.3 Metodología	190
A. Selección de las áreas.	190
B. Selección de personas participantes	190
3.6.4 Resultados	190
3.7 SERVICIO 5: GIRAS DE INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS EN EL FORTALECIMIENTO DE CADENAS DE VALOR AGRÍCOLA Y PRODUCCIÓN DE MIEL.	194
3.7.1 Introducción	194
3.7.2 Objetivos	195
A. General	195

X

<b>TÍTULO</b>		<b>PÁGINA</b>
B.	Específicos	195
3.7.3	Metodología	196
3.7.4	Resultados	197
3.8	CONCLUSIONES	205
3.9	RECOMENDACIONES	207
3.1	BIBLIOGRAFÍA	208

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
Figura 1.	Mapa de ubicación geográfica y administrativa de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal, Quiché.	9
Figura 2.	Diagrama de procedimientos a seguir en la metodología del diagnóstico de la microcuenca.	12
Figura 3.	Interacción social con niños y niñas en la comunidad de Cocop.	19
Figura 4.	Mapa hidrológico de la microcuenca de río Azul, cuenca del río Xacbal, Quiché.	23
Figura 5.	Mapa de zonas de vida de la microcuenca río Azul, cuenca de río Xacbal, Quiché.	28
Figura 6.	Mapa de ecosistemas microcuenca río Azul.	30
Figura 7.	Vista de los cultivos de maíz dentro de la microcuenca de río Azul.	31
Figura 8.	Grupo de mujeres trabajando en el establecimiento de un sistema milpa (maíz, frijol y calabaza).	31
Figura 9.	Infraestructura de las casas de la comunidad de Cocop.	36
Figura 10.	Infraestructura de la escuela rural de la comunidad de Cocop.	36
Figura 11.	Infraestructura de la alcaldía auxiliar de la comunidad de Xoncá.	36
Figura 12.	Vista de calles de terracería y casas de block en la comunidad de Xonca.	36
Figura 13.	Triángulo textural del suelo.	59
Figura 14.	Efecto de la diferencia de niveles de agua entre ambos anillos (sistema de anillos de Munz).	61
Figura 15.	Flujo de agua en el suelo generado por la metodología de prueba de infiltración de doble anillos de Munz.	61
Figura 16.	Mapa base de la microcuenca del río Azul, cuenca del río Xacbal.	75
Figura 17.	Fases metodológicas para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica.	82

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
Figura 18.	Mapa de las unidades de muestreo del río Azul, de la cuenca Xacbal.	85
Figura 19.	Esquema de utilización de infiltrómetro de doble anillo o anillos de Munz.	91
Figura 20.	Mapa de clase textural del suelo de la microcuenca de río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	105
Figura 21.	Mapa de velocidad de infiltración en cm/hora de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	108
Figura 22.	Mapa de tipo de suelo de la microcuenca de río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	112
Figura 23.	Mapa de porcentaje de pendiente y micro relieve de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	114
Figura 24.	Mapa de porcentaje de cobertura vegetal de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	116
Figura 25.	Mapa de uso de la tierra -2018- de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	118
Figura 26.	Mapa de balance hídrico de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	120
Figura 27.	Mapa de posibilidad de recarga hídrica, metodología Matus Silva, de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	122
Figura 28.	Mapa de potencial de recarga hídrica, metodología CARAS, en la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	126
Figura 29.	Mapa de áreas de muy alta captación, regulación y recarga hídrica de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	130
Figura 30A.	Boleta de campo a utilizar para la realización de las pruebas de infiltración en campo.	151
Figura 31A.	Boleta de campo a utilizar para los muestreos de suelo.	152
Figura 32A.	Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 1.	153

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 33A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 2.	153
Figura 34A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 3.	154
Figura 35A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 4.	154
Figura 36A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 5.	155
Figura 37A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 6.	155
Figura 38A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 7.	156
Figura 39A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 8.	156
Figura 40A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 9.	157
Figura 41A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 10.	157
Figura 42A. Análisis químico-físico de suelos de las unidades de muestreo de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	159
Figura 43A. Análisis químico de suelos de las unidades de muestreo de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	160
Figura 44. Medición de área para montaje de estructuras productivas de café en Nebaj con COVENORTE.	173
Figura 45. Instalación de costaneras de estructura para COVENORTE.	173
Figura 46. Avances en la construcción en COVENORTE.	173
Figura 47. Estructura para cosecha de café para COVENORTE.	173
Figura 48. Capacitación acerca del uso de la despulpadora de café con asociados de COVENORTE.	174
Figura 49. Capacitación acerca del uso de la secadora de café con asociados de COVENORTE.	174
Figura 50. Preparación del área para montaje de estructura productiva de café con ADEMAYA, en aldea Jala Alas Flores.	174
Figura 51. Área preparada para montaje de estructura para ADEMAYA.	174
Figura 52. Montaje de la estructura productiva de café con ADEMAYA.	175
Figura 53. Avances en el montaje de estructura con ADEMAYA.	175
Figura 54. Estructura productiva de café para uso de ADEMAYA.	175

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 55. Capacitación acerca del uso de la despulpadora de café con asociados de ADEMAYA.	175
Figura 56. Estructura de invernadero con grupo de jóvenes de COPRODE.	179
Figura 57. Colocación de nylon a invernadero con jóvenes de COPRODE.	179
Figura 58. Invernadero del grupo de jóvenes COPRODE.	180
Figura 59. Levantamiento de la estructura de invernadero para grupo de la Universidad Ixil de la sede de Chajul.	180
Figura 60. Colocación de nylon y malla antivirus al invernadero de los jóvenes de la universidad Ixil.	180
Figura 61. Invernadero del grupo de jóvenes de la extensión de Nebaj de CUSAQC.	180
Figura 62. Entrega de pilones de tomate, chile dulce y producto Bayfolan a grupo de mujeres “El Sembrador”.	184
Figura 63. Preparación del terreno para trasplante de pilones con el grupo "El Sembrador".	184
Figura 64. Trasplante de pilones en invernadero con grupo “El Sembrador”.	184
Figura 65. Crecimiento de tomate en invernadero del grupo “El Sembrador”.	184
Figura 66. Visita de asistencia técnica en el invernadero con chile dulce del grupo de jóvenes de CUSACQ sede en Nebaj.	185
Figura 67. Visita de asistencia técnica en el desarrollo de crecimiento de tomate al grupo de mujeres “Buena Vista”.	185
Figura 68. Fruto de tomate.	185
Figura 69. Cultivo de tomate bajo condiciones controladas de grupo de mujeres de “El Sembrador”.	185
Figura 70. Entrega de semilla de papa a grupo de jóvenes para implementación de emprendimiento.	186
Figura 71. Área de trabajo para producción de ejote francés para exportación, bajo condiciones controladas.	186
Figura 72. Cultivo de ejote francés dentro de casa malla.	186

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
Figura 73.	Cultivo de ejote francés dentro de casa malla.	186
Figura 74.	Jóvenes participantes en los Módulos del Diplomado "Producción especializada de hortalizas bajo condiciones controladas" llevado a cabo en Santa María Nebaj.	190
Figura 75.	Jóvenes participantes en los Módulos del Diplomado "Producción especializada de hortalizas bajo condiciones controladas" llevado a cabo en San Gaspar Chajul.	190
Figura 76.	Jóvenes participantes en los Módulos del Diplomado "Producción especializada de hortalizas bajo condiciones controladas" llevado a cabo en aldea Acul, Santa María Nebaj.	191
Figura 77.	Demostración de nuevas tecnologías para ahorro de tiempo en la clasificación de tomate por su tamaño.	196
Figura 78.	Explicación de los distintos tipos de cultivos que estuvieron en demostración los días de campo en las instalaciones de la ENCA.	196
Figura 79.	Demostración del equipo a utilizar en la agricultura.	197
Figura 80.	Demostración de cultivo de chile dulce en su presentación de colores en uno de los macro túneles demostrativos en las instalaciones de la ENCA.	197
Figura 81.	Demostración de los síntomas desarrollados en el ciclo de cultivo con utilización de productos orgánicos.	197
Figura 82.	Demostración de productos orgánicos para producción de hortalizas.	197
Figura 83.	Parte expositiva de diversidad de temas en el Salón del Hotel San Francisco en Huehuetenango.	198
Figura 84.	Inauguración del Segundo Encuentro Apícola llevado a cabo en Huehuetenango.	198
Figura 85.	Parte de presentación del material y equipo que se utiliza en la apicultura por parte de la institución de HELVETAS.	198

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 86. Parte demostrativa de una de las colmenas de abejas en la caja de vidrio llevada por apicultores de Quetzaltenango.	198
Figura 87. Demostración de productos de miel por parte de apicultores de Huehuetenango.	199
Figura 88. Demostración de productos de miel por parte de apicultores de San Marcos.	199
Figura 89. Parte expositiva de una de las variedades de papa producidas en el ICTA.	200
Figura 90. Parte expositiva del proceso de siembra, manejo y cosecha de cultivo de papa en el ICTA.	200
Figura 91. Identificación de los diferentes proyectos de experimentación manejados por el ICTA.	200
Figura 92. Parte expositiva de las variedades Majestad Púrpura y Chieftain conocidas como papas de colores en el ICTA.	200
Figura 93. Parte demostrativa de los dos tipos de sistemas de propagación IN VITRO y AUTOTRÓFICO HIDROPÓNICO de plántulas con fines de producción tubérculos - semilla de papa ( <i>Solanum tuberosum L</i> ).	201
Figura 94. Parte expositiva de cultivo de Pak Choi una de las especies producidas por el ICTA.	201
Figura 95. Infraestructura sencilla de producción de semilla de papa.	202
Figura 96. Papa en cajas germinadoras para darle el manejo adecuado para la producción de semilla de papa.	202
Figura 97. Cultivo de papa al aire libre de uno de los productores de papa de la asociación de ADIAA en Uspantán.	202
Figura 98. Infraestructura construida con material plástico y madera para la producción de semilla de papa.	202

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
Figura 99.	Centro de lavado y clasificación de papa y hortalizas de exportación de la Asociación de Productores Agrícolas el Caracolito -ASOPRAC- en Aldea El Caracolito, Uspantán, Quiché.	203
Figura 100.	Infraestructura mejorada construida con material de lámina de aluminio, lamina plástica, malla antivirus y bases de concreto para la producción de semilla de papa.	203
Figura 101.	Cajas germinadoras de semilla de papa elaboradas por personas productoras de papa en Uspantán.	203
Figura 102.	Pileta de lavado de papa luego de su cosecha en campo.	203

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
Cuadro 1.	Proyección de población de la microcuenca de río Azul.	14
Cuadro 2.	Organizaciones que comprende cada comunidad dentro de la microcuenca de río Azul.	18
Cuadro 3.	Actores involucrados dentro de la microcuenca de río Azul.	19
Cuadro 4.	Listado de especies forestales y agrícolas dentro de la microcuenca de río Azul.	24
Cuadro 5.	Listado de especies de fauna silvestre y fauna doméstica.	25
Cuadro 6.	Cuadro de resumen de capitales humanos presentes en la microcuenca del río Azul.	37
Cuadro 7.	Resumen de los capitales materiales dentro de la microcuenca de río Azul.	38
Cuadro 8A.	Serie de preguntas a utilizar para obtener información sobre el capital humano.	45
Cuadro 9A.	Serie de preguntas a utilizar para obtener información sobre el capital cultural, relacionado al capital humano.	45
Cuadro 10A.	Serie de preguntas a utilizar para obtener información sobre el capital social, relacionado al capital humano.	46
Cuadro 11A.	Serie de preguntas utilizadas para obtener información sobre el capital político, relacionado con el capital humano.	46
Cuadro 12A.	Serie de preguntas utilizadas para obtener información del capital natural, relacionada con el capital material.	47
Cuadro 13A.	Serie de preguntas utilizadas para obtener información sobre el capital financiero, relacionado con el capital material.	47
Cuadro 14A.	Serie de preguntas utilizadas para obtener información sobre el capital construido, relacionado con el capital material.	48
Cuadro 15.	Clasificación de cuencas hidrográficas según su tamaño.	71

<b>CUADRO</b>	<b>PÁGINA</b>
Cuadro 16. Proyección de población por poblado dentro de la microcuenca de río Azul.	72
Cuadro 17. Designaciones de permeabilidad del suelo basadas en estudios de suelos.	79
Cuadro 18. Designación de matriz geológica (de Fetter, 1980 – Freeze and Cherry, 1979).	80
Cuadro 19. Infiltración (precipitación-ETP).	80
Cuadro 20. Profundidad del agua.	81
Cuadro 21. Ponderación de zonas potenciales a recarga de acuíferos.	81
Cuadro 22. Descripción de la leyenda de la figura 18. mapa de las unidades de muestreo del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	86
Cuadro 23. Matriz de ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de porcentaje de pendiente y el micro relieve.	92
Cuadro 24. Matriz de ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según se textura.	93
Cuadro 25. Matriz de clasificación y ponderación según su velocidad de infiltración.	94
Cuadro 26. Matriz de ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca.	95
Cuadro 27. Matriz de ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.	97
Cuadro 28. Matriz de ponderación para la posibilidad de recarga hídrica según el uso de la tierra.	97
Cuadro 29. Matriz de ponderación final para utilización en la ecuación de Matus Silva según el uso de suelo adaptado a Guatemala.	99
Cuadro 30. Resumen de los resultados obtenidos en el análisis de suelos de las unidades de muestreo de la microcuenca del río Azul.	103
Cuadro 31. Porcentaje de área determinada en el mapa de clase textural del suelo de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	104

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
Cuadro 32.	Datos en cm/hora y in/hora de velocidad de infiltración en cm/hora de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	106
Cuadro 33.	Resultados para la obtención de mapa de tipo de suelo.	109
Cuadro 34.	Porcentaje de áreas del mapa de tipo de suelo (ponderación final) de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	111
Cuadro 35.	Porcentaje de área de las pendientes dentro de microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.	113
Cuadro 36.	Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica de la microcuenca de río Azul.	123
Cuadro 37.	Ponderación del potencial de recarga hídrica de la microcuenca del río Azul, de acuerdo a la metodología CARAS.	127
Cuadro 38.	Resumen de las metodologías evaluadas en la investigación.	131
Cuadro 39.	VARIABLES utilizadas por metodología.	133
Cuadro 40.	Propuesta de lineamientos generales para el manejo y conservación de los recursos naturales en zonas potenciales de recarga hídrica.	142
Cuadro 41A.	Cronograma de ejecución de determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica período de febrero-noviembre de 2018.	158
Cuadro 42.	Personas asociadas beneficiadas para el uso del equipo de la infraestructura productiva de café.	170
Cuadro 43.	Listado de asociadas beneficiadas para el uso del equipo de la infraestructura productiva de café.	170
Cuadro 44.	Listado de nombres de jóvenes participantes en los diplomados de producción de hortalizas bajo condiciones controladas.	192

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, realizado en el municipio de Santa María Nebaj, San Juan Cotzal y San Gaspar Chajul en el periodo de febrero a noviembre del año 2018, en el marco del Programa Conjunto “Desarrollo Rural Integral-Ixil”, impulsado por el consorcio Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud -OPS/OMS- y la Organización de las Naciones Unidas -FAO-; el trabajo realizado durante este periodo consistió en el diagnóstico general del área, una investigación de tesis y una serie de servicios profesionales prestados, mismos que son descritos a detalle por capítulo correspondiente en este documento.

En el Capítulo I, se describe el diagnóstico de la microcuenca del río azul, se describen los aspectos económicos, sociales y ambientales de los municipios de Santa María Nebaj, San Gaspar Chajul y San Juan Cotzal. Estos municipios están situados en el occidente de la república de Guatemala y al norte del departamento del Quiché, cuentan con áreas que drenan sus aguas hacia la vertiente del golfo de México, por medio de las cuencas de los ríos Xacbal y Salinas. En estas regiones los principales cultivos son de maíz, papa, haba y más al norte se pueden encontrar cultivos de café y cardamomo, los cuales son cultivos de alto valor económico para los habitantes de esas zonas. Sin embargo, los agricultores en general no cuentan con los medios necesarios para acceder a créditos, por la falta de certeza jurídica sobre la legalidad de su propiedad.

En el Capítulo II se muestran los resultados de la investigación denominada “Determinación de zonas potenciales a una mayor recarga hídrica en la microcuenca de Río Azul, de la cuenca del Río Xacbal, Quiché, Guatemala, C.A”, la cual consistió en una adaptación de un modelo metodológico para determinar el potencial de recarga hídrica, basado en la metodología de Matus Silva propuesta en el año 2007, en la cual se determinaron factores que amenazan estas zonas, dando como efecto que las fuentes de agua de las comunidades se encuentren vulnerables a los diferentes agentes de contaminación como el inadecuado manejo de los residuos sólidos y líquidos.

En el Capítulo III se describen los servicios profesionales prestados dentro del quehacer del programa y dentro del área de influencia de la microcuenca, mismos que enmarcan: 1) el fortalecimiento de las cadenas de valor agrícola de grupos de jóvenes y mujeres, 2) la realización de talleres de formación en temas de producción de hortalizas, 3) cultivo de papa bajo condiciones controladas, 4) apoyo en realización de giras de intercambio de experiencias con grupos de agricultores y jóvenes estudiantes del Centro Universitario de Quiché.

A lo anterior, el trabajo del EPS en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura respondió a mejorar los Ingresos de la economía familiar y su fortalecimiento organizativo para lograr que puedan gestionar, desarrollar, evaluar y continuar adecuadamente los proyectos que necesiten para mejorar su nivel de vida e incluso coordinar con otras comunidades proyectos de beneficio social, educativo y ambiental.

**CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO MICROCUENCA RÍO AZUL, SANTA MARÍA NEBAJ,  
QUICHÉ.**





## 1.1 INTRODUCCIÓN

Guatemala hidrográficamente se encuentra dividida por tres vertientes, siendo estas: 1) Vertiente del Pacífico, 2) Vertiente del Atlántico y, 3) Vertiente del Golfo de México. Dentro de las cuencas que pertenece a la tercera vertiente se encuentra la cuenca de río Xacbal, de ésta se subdivide la microcuenca del río Azul ubicada al norte del departamento de Quiché, abarcando en su gran mayoría uno de los tres municipios de la Región Ixil (Santa María Nebaj, San Gaspar Chajul y San Juan Cotzal).

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía con el Programa Conjunto Ixil de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO-, se procedió a realizar un diagnóstico a nivel de microcuenca con el fin de generar una línea base del estado actual de los recursos presentes en la microcuenca del río Azul a través del análisis de las interrelaciones del capital humano, social y material presentes en el área. Esta metodología basada en capitales o medios de vida, orientan integralmente las decisiones y propuestas para un determinado número de comunidades que comparten y se relacionan con los recursos naturales dentro de la microcuenca en estudio.

Las comunidades diagnosticadas dentro de la microcuenca pertenecen al municipio de Santa María Nebaj y conforman los grupos de trabajo para el desarrollo integral de la microcuenca río Azul del proyecto PC-Ixil de FAO. Dentro de los principales resultados obtenidos del diagnóstico se identificó que las actividades comunes de sobrevivencia se basan en la utilización de áreas de vocación forestal para el cultivo de maíz y frijol y una alta producción de hortalizas.

En el aspecto hidrológico, el área cuenta con gran cantidad de ríos caudalosos, algunos de los cuales son utilizados para la generación de energía eléctrica, visualizando así que el vínculo hidrológico-forestal es la garantía de la calidad del recurso agua para las personas que habitan en el área de la microcuenca río Azul, ya que la cobertura boscosa regula en gran manera el comportamiento del ciclo hidrológico. Sin embargo, la mayoría de éstos están contaminados con basura y descargas residuales a consecuencia de la falta de

drenajes y rellenos sanitarios sin un manejo o tratamiento adecuado lo que ha provocado que el agua no sea apta para consumo humano.

A través de dicha información se logró identificar factores y lineamientos que contribuyan al buen manejo de los recursos naturales y orientar a las comunidades de la microcuenca para que ejerzan acciones para un manejo adecuado de los mismos, como la agricultura bajo condiciones controladas, conservación de suelos y la introducción de tecnologías para sistemas de producción agrícola.

## 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La población presente en el territorio de la microcuenca río Azul utiliza los recursos naturales como medios de vida, generando una alta presión sobre el bosque, agua y suelo; el deterioro o mal manejo de uno de ellos afecta directamente o indirectamente la condición tanto en cantidad y calidad de los demás recursos presentes en la microcuenca. Esto se debe en gran parte a la falta de planificación, la alta tasa de crecimiento poblacional, la carencia de información y capacitación, todo esto repercute negativamente en el contexto social, económico y ambiental de la microcuenca.

La evaluación socioambiental realizada por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente -IARNA de Universidad Rafael Landívar -URL- identificó como principales problemas de la Región Ixil, el alto porcentaje de hogares que utilizan leña, la intensidad del uso de la tierra y la falta de manejo de las áreas protegidas. Por otro parte, según la Fundación Ixil los bosques son generalmente utilizados para la extracción de madera de forma no regulada lo que ha provocado una constante y desmedida deforestación.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, se debe realizar un manejo integral de los recursos naturales y humanos presentes en la microcuenca, para ello se conoció el estado actual de los mismos. Por lo que se tiene con la realización del diagnóstico con enfoque en medios de vida es que nos brinda información válida para la toma de decisiones en la planificación y optimización de recursos, áreas pequeñas que permitan ordenamiento territorial manejable por comunidades, permitir la participación comunitaria e influir en la toma de decisiones para la planificación y gestión de proyectos de manera integral.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 General

- Analizar los recursos naturales a través de la metodología de enfoque de capitales materiales y humanos en la de microcuenca del río Azul en Santa María Nebaj, Quiché.

#### 1.3.2 Específicos

- Evaluar los capitales humanos (humano, financiero, cultural, social y político) de la microcuenca.
- Evaluar los capitales materiales (natural, financiero y físico) de la microcuenca.
- Realizar un análisis de amenazas y vulnerabilidades de la microcuenca.
- Generar lineamientos para el manejo de los recursos naturales presentes en la microcuenca.

## 1.4 MARCO REFERENCIAL

### 1.4.1 Localización

#### A. Macro localización

El municipio de Santa María Nebaj se encuentra situado a 91 km al norte de la cabecera departamental de Quiché junto a los municipios de San Gaspar Chajul y San Juan Cotzal, conforman la región Ixil. Dentro de este municipio se localiza la cuenca del río Xacbal, perteneciente a la Vertiente del Golfo de México, esta cuenta con una extensión territorial de 1,366 km<sup>2</sup>, de esta cuenca se subdivide la microcuenca del Río Azul.

#### B. Micro localización

La microcuenca del río Azul tiene una extensión territorial de 17.6 km<sup>2</sup>, equivalente a 1,760 hectáreas; la totalidad del área de la microcuenca se localiza dentro del municipio de Santa María Nebaj abarcando cuatro de sus centros poblados, siendo estos: Cocob, Xonca, Río Azul y El Paraíso.

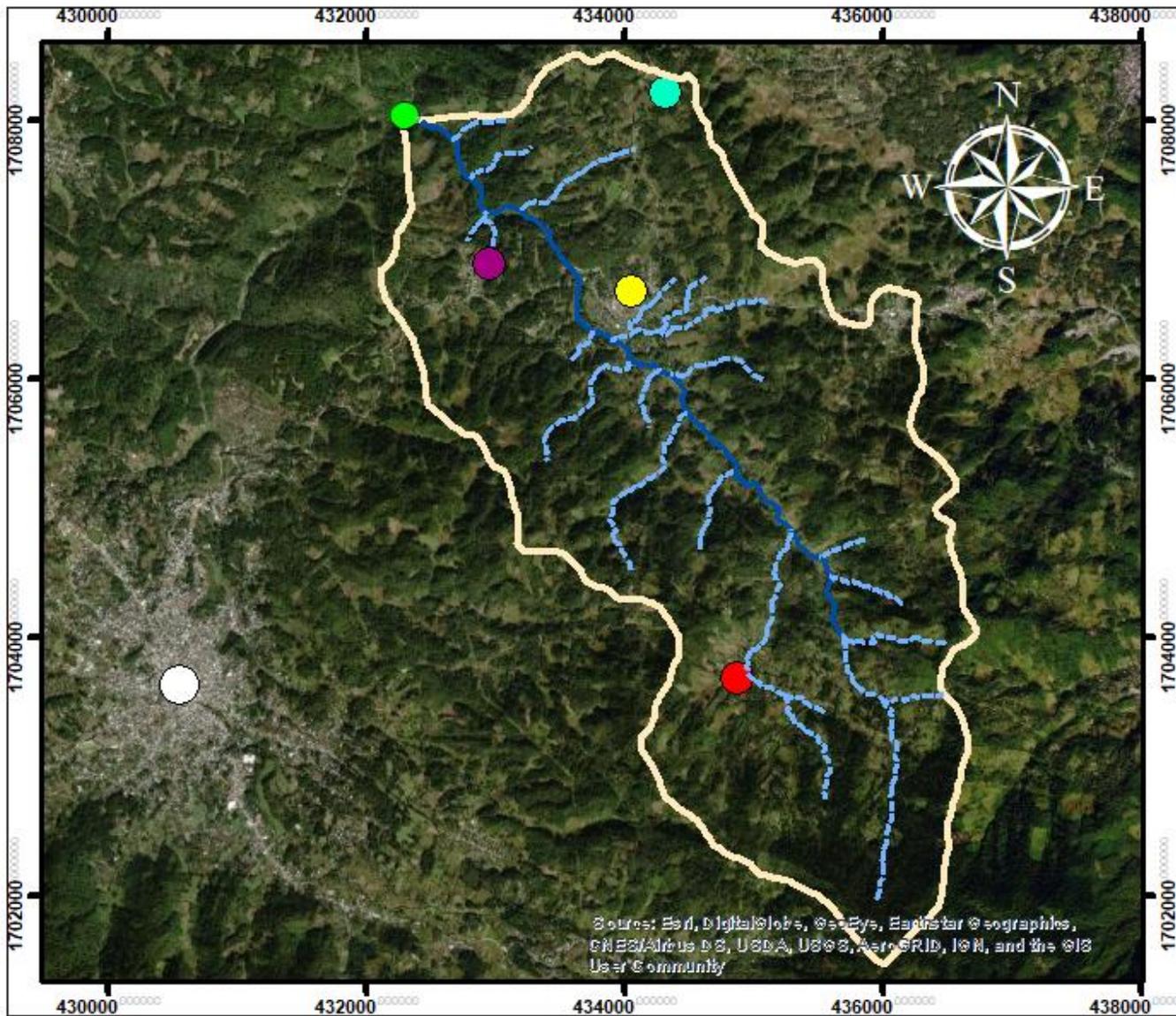
Las altitudes registradas dentro de la microcuenca según el Instituto Geográfico Nacional varían desde los 1,700 msnm hasta los 2,800 msnm.

#### C. Vías de acceso

Para ingresar al territorio del municipio de Nebaj, la principal vía es por ruta Interamericana CA-1 Occidente hacia el municipio de Santa Cruz del Quiché, siguiendo por una carretera con tramos asfaltados y algunos de terracería hacia Sacapulas y luego al municipio de Nebaj.

Para acceder a la microcuenca río Azul, la principal vía de acceso es la carretera asfaltada que va de Nebaj hacia la cabecera municipal de San Juan Cotzal y San Gaspar Chajul, el acceso a las comunidades es a través de una red de caminos de terracería.

En la figura a continuación se observa el Mapa de Ubicación Geográfica de la microcuenca del Río Azul, en lo cual se puede observar la ubicación de la microcuenca del centro del municipio de Santa María Nebaj, así como de los centros poblados que integran la microcuenca.



**LEYENDA**

- Punto de Aforo
- Río Las Cataratas
- - - Corrientes Intermitentes
- Microcuenca Río Azul
- Municipio Santa María Nebaj
- Cocob
- Río Azul
- El Paraíso
- Xonca

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros



1:100,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 1. MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



## 1.5 METODOLOGÍA

El proceso de construcción del diagnóstico de la microcuenca se enmarcó en el enfoque de capitales humanos y materiales que brindó información concreta y actualizada, en condiciones de participación e involucramiento de los actores presentes en la microcuenca que de manera coordinada participan en la conservación y administración sostenible de los recursos naturales existentes.

Cabe mencionar que durante esta etapa se desarrollaron actividades de sensibilización, información, capacitación y recorridos de campo por el área que delimita la microcuenca con el objetivo de conocer la situación de la microcuenca, así mismo explicar los temas que se relacionan con el diagnóstico.

El proceso se desarrolló de la siguiente forma:

### 1.5.1 Recopilación de información

Dentro de esta fase se realizó la delimitación de la microcuenca mediante una base de datos generada a través del software de mapeo ArcGis 10.3, hojas cartográficas y base de datos del sistema de información geográfico. Para la localización de las partes altas (parte aguas), se emplearon criterios biofísicos, mediante el mapa de curvas a nivel, modelo de elevación digital (DEM).

Luego se realizó la búsqueda y acopio de información general y secundaria de estudios técnicos, diagnósticos, datos de censo principalmente y se realizó la identificación de las comunidades dentro del territorio de la microcuenca.

### **1.5.2 Revisión de información secundaria**

Se geo-referenciaron las comunidades para corroborar la información generada a través del sistema de información geográfica, así como la búsqueda de información general complementaria y su correspondiente revisión y análisis documental sobre el área de la microcuenca.

### **1.5.3 Recolección de información primaria**

A nivel del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- se utilizaron archivos del Programa Conjunto Ixil PC- Ixil, de las comunidades y grupos de trabajo involucrados, para la realización de encuestas y visitas de campo. La recopilación de la información primaria se obtuvo a través de las familias que viven el territorio de la microcuenca, promotores locales, maestros y líderes comunitarios. La logística para la aplicación de la entrevista fue cara a cara con los actores locales, se incluyó visitas de campo en cada una de las comunidades de la microcuenca.

### **1.5.4 Procesamiento, construcción y redacción del documento final de diagnóstico de la microcuenca de río Azul, Santa María Nebaj, Quiché.**

Consistió en el análisis y redacción ordenada del documento final del diagnóstico para presentar una lectura e interpretación de los datos y el análisis correspondiente de la información recolectada.



Figura 2. Diagrama de procedimientos a seguir en la metodología del diagnóstico de la microcuenca.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.

## 1.6 RESULTADOS

La FAO utiliza la metodología de enfoque de capitales humanos y materiales para la realización de diagnósticos participativos, en donde los capitales humanos están conformados por: a) el capital humano, definido como conocimiento y habilidades, b) el capital social, definido como las redes de trabajo, c) el capital político, definido como estructuras de representación, acceso a instancias donde se tenga voz y poder, y d) el capital cultural, definido como información, símbolos lengua, visión de mundo, identidad colectiva, técnicas, herramientas, tradiciones y conocimiento local. Por su parte, los capitales materiales se conforman de la siguiente manera: a) el capital natural, definido como bosques y agua, b) el capital financiero, definido como oportunidades de ingreso, y c) el capital construido, definido como infraestructura.

Cada uno de estos capitales presentes de la microcuenca del río Azul, se describe a continuación:

### 1.6.1 Caracterización del capital humano de la microcuenca del río Azul.

#### A. Capital humano

##### a. Centros poblados

Dentro del territorio de la microcuenca del río Azul se encuentran cuatro centros poblados: Cocop, Xoncá, El Paraíso y Río Azul, cabe mencionar que este último no se encuentra dentro de los grupos de trabajo del programa PC Ixil.

Según los datos del Instituto Nacional de Estadística, para el año 2013 los cuatro centros poblados presentan una población de 1,127 habitantes. Con estos datos se realizó una

proyección para el año 2018 con una tasa de crecimiento del 2.32 % proporcionada por el INE, dando un resultado de 1,627 habitantes.

Cuadro 1. Proyección de población de la microcuenca de río Azul.

Municipio	Poblado	Categoría política	Población 2002	Porcentaje	Población 2018	Tasa de crecimiento %
Santa María Nebaj	Xonca	Aldea	330	29	476	2.32
	Cocob	Caserío	84	7	121	2.32
	Río Azul	Caserío	613	54	885	2.32
	El Paraíso	Aldea	100	9	144	2.32
Total			1127	100	1627	----

Fuente: elaboración propia, 2018.

Esta población reportada abarca aproximadamente 200 familias, cada una con un promedio de 5 a 7 individuos por familia.

## b. Educación

El nivel de analfabetismo presente en la microcuenca tiene una tasa del 38.11 %, observando una brecha bastante amplia entre hombres y mujeres ya que la mayoría de las mujeres entrevistadas mayores a 15 años indicó no poder leer ni escribir, caso contrario para los hombres entrevistados.

La atención por género en todos niveles es de manera igualitaria, el porcentaje de la población masculina de 7 años en adelante que asisten a la escuela es del 46.06 %, mientras que las mujeres son del 53.94 %. (INE, 2017).

El acceso a la educación en dichos centros poblados es alto, ya que en todos existe una escuela hasta nivel primario, sin embargo, la tasa de escolaridad es baja ya que solamente

el 30.35 % de la población asiste a la escuela y el restante 69.65 % no presenta ningún nivel de escolaridad (INE, 2017).

Con respecto al nivel de educación superior, en el casco urbano del municipio de Nebaj se encuentran varias sedes o centros universitarios, tales como:

- Subsede en Nebaj de Centro universitario de Quiché de la Universidad de San Carlos de Guatemala
- Centro universitario de la Universidad Mariano Gálvez
- Centro universitario de la Universidad Panamericana

### **c. Salud**

La cobertura de salud es limitada, ya que de los cuatro centros poblados solamente dos cuentan con un puesto de salud, evidenciándose así un déficit en la cobertura y atención por personal sanitario. La mayoría de los centros poblados a nivel municipal son atendidos por promotoras de la salud, comadronas y curanderos.

Las primeras causas de morbilidad presente en el área, según pobladores de la microcuenca, son:

- Infecciones respiratorias agudas, esto debido a las bajas temperaturas presentes durante el inicio del día agregando a esto las condiciones de vida y el uso de leña para cocinar, afectando principalmente a niños menores de 5 años y adultos mayores.
- Enfermedades gastrointestinales, como diarrea, por la mala higiene en la manipulación de alimentos, falta de higiene personal y el entorno de contaminación presente alrededor de los hogares, especialmente en las fuentes de agua para consumo humano.

#### **d. Migración**

Según la información obtenida en la fase de entrevistas con los pobladores de la microcuenca, las principales causas de la emigración son la falta de oportunidades de empleo en el municipio, por lo que se ven obligados a desplazarse hacia otros municipios, departamentos o incluso países para mejorar sus ingresos económicos.

Los principales destinos para conseguir un trabajo o ingreso son las fincas cafetaleras de la costa del pacífico y del departamento de Cobán y hacia países extranjeros principalmente Estados Unidos.

Por otra parte, la inmigración presente en los centros poblados de la microcuenca es baja, ya que la mayoría de las personas inmigrantes son del departamento de Huehuetenango que se dirigen hacia el casco urbano del municipio o cabecera departamental con fines de realizar comercio o la adquisición de tierras para cultivo.

### **B. Capital cultural**

#### **a. Etnia e Idioma**

La población que habita en la microcuenca del río Azul pertenece a la etnia Ixil, siendo en un 95 % población indígena, situación que debe tomarse en cuenta en la atención intercultural en los servicios de salud.

En la mayoría de la población se habla oficialmente el idioma Ixil, aunque el uso de este idioma ha ido disminuyendo especialmente en la población joven, también hablan el idioma Quiché, Kanjobal y el español.

## **b. Tradiciones y costumbres**

El área Ixil, una de las más azotadas por el conflicto armado, se considera como un destino natural, histórico, cultural y espiritual que fusiona cotidianidad de una de las etnias más pequeñas de Centroamérica con el sincretismo entre las creencias mayas y la religión católica.

Las principales celebraciones y tradiciones locales se enfocan en actividades religiosas, fiestas patrias, semana santa, día de los santos y algunas familias realizan celebraciones al inicio de las siembras de invierno, entre ellas se mencionan las siguientes:

- El respeto hacia las personas mayores aún prevalece en las comunidades de la microcuenca.
- No existe ningún tipo de iconografía o símbolo que represente a alguna comunidad.
- Las mujeres de los centros poblados identificados se caracterizan por vestir güipiles con bordados de aves y animales de la región, llamativos cortes de color rojo escarlata y vistosos accesorios que decoran sus trenzas.
- Se celebra la fiesta titular del 8 al 16 de agosto en honor a la Virgen de la Asunción, realizando bailes folklóricos de La Conquista, El Torito y El Venado

## **c. Religión**

Las religiones practicadas por la población de los cuatro centros poblados son católica y evangélica, existiendo grupos de espiritualidad maya, expresión artística que se refleja a través de grupos musicales religiosos y tejidos elaborado por mujeres.

## C. Capital social

### a. Estructuras organizativas

El sistema organizativo presente en el territorio de la microcuenca es sólido y estable, todos poseen una Alcaldía Auxiliar y un Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) en el cual se aglutinan los diversos comités, tales como: comité de agua, escolar, de mujeres, deporte y consejo de adulto mayor o anciano. Resaltando la falta de un consejo de microcuenca, por lo que presenta debilidades para realizar incidencia a nivel político, en organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para la organización, planificación y gestión de proyectos sectoriales en mejora y conservación de los recursos naturales presentes en la microcuenca.

Cuadro 2. Organizaciones que comprende cada comunidad dentro de la microcuenca de río Azul.

Organizaciones comunitarias	Centro poblado			
	Cocop	Xonca	Río Azul	El Paraíso
Auxiliares	Si	Si	Si	Si
COCODE	Si	Si	Si	Si
Comités de agua	Si	Si	Si	Si
Comité escolar	No	No	No	No
Grupo de mujeres	No	Si	No	Si
Comité de deporte	Si	Si	Si	Si
Consejo de microcuenca	No	No	No	No
Consejo de mayores o ancianos	Si	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia 2018.

Las relaciones sociales, especialmente las familiares son íntegras, los lazos familiares se encuentran estrechamente conectados con todos. Tradicionalmente existen redes de apoyo mutuo que se enfocan en ayudar a personas discapacitadas, niños y en situaciones adversas como lo puede ser desastres naturales y sociales.

Los lugares donde existe mayor interacción social en las comunidades son las iglesias, salones comunales y campos de deportes para jóvenes.



Figura 3. Interacción social con niños y niñas en la comunidad de Cocop.

**Fuente:** Gerardo Calmo, 2018.

## b. Actores presentes en la microcuenca

En el cuadro 3 se mencionan los actores involucrados dentro de la microcuenca del río Azul, teniendo cada actor un rol de participación diferente dentro de la misma.

Cuadro 3. Actores involucrados dentro de la microcuenca de río Azul.

Actor involucrado	Interés
Municipalidad de Santa María Nebaj	Mejoramiento en el desarrollo local en términos socioeconómicos y ambientales de las diferentes comunidades, entre ellas las que se ubican dentro del territorio de la microcuenca.
Consejos comunitarios de desarrollo	Promover y realizar procesos participativos para la gestión de proyectos, planes y/o programas que traigan beneficio a sus comunidades
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	Implementación de estrategias y acciones, con el fin de mejorar las condiciones para un desarrollo rural integral y el manejo sostenible de los recursos naturales de la microcuenca frente al cambio climático

<b>Actor involucrado</b>	<b>Interés</b>
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación	Proponer y desarrollar políticas vinculadas al campo agrícola, pecuario y alimenticio de la microcuenca.
Instituto Nacional de Bosques	Ejecutar y promover instrumentos de política forestal nacional y facilitar asistencia técnica a las comunidades mediante estrategias que promuevan el desarrollo forestal, ambiental y social de estas.
Save The Children	Proporcionar ayuda a familias presentes dentro de la microcuenca y otras vulnerables, a través del fortalecimiento en educación, salud, nutrición y aumentar el acceso al desarrollo infantil temprano
Organización Panamericana de la Salud	Brindar cooperación técnica y movilizar asociaciones para mejorar la salud y calidad de vida de los pobladores dentro de la microcuenca
Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo	Asesorar en temas económicos, de transformación social, sostenibilidad ambiental y gobernabilidad dentro de la microcuenca, para facilitar el desarrollo y ejecución de planes y capacidades.
Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala	Vincularse con la realidad nacional presente en las comunidades de la microcuenca, a través de los estudiantes que realizan su Ejercicio profesional Supervisado -Epesistas- y así aportar soluciones que mejoren el desarrollo local de la misma.

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

## **D. Capital político**

### **a. Estructuras representativas**

La máxima autoridad en cada comunidad de la microcuenca está representada por la alcaldía auxiliar quien es elegida a través de asamblea. La toma de decisiones se hace a través de asambleas generales que convocan la participación de hombres, mujeres y jóvenes.

En la resolución de conflictos intervienen las alcaldías auxiliares, Cocodes y personas involucradas en el caso a resolver, estas se realizan a través del diálogo y en caso de situaciones de mayor conflicto o delito son trasladadas a las autoridades del Juzgado de Paz de la cabecera Municipal.

En estos centros poblados no se registra ningún tipo de movilizaciones o protestas en contra de algo que ellos suponen algún tipo de inconveniente para sus comunidades

De acuerdo con las consultas no se registra ningún tipo de normas y reglas en el uso de los recursos naturales, a excepción de algunas normas que aplican para el uso adecuado del agua.

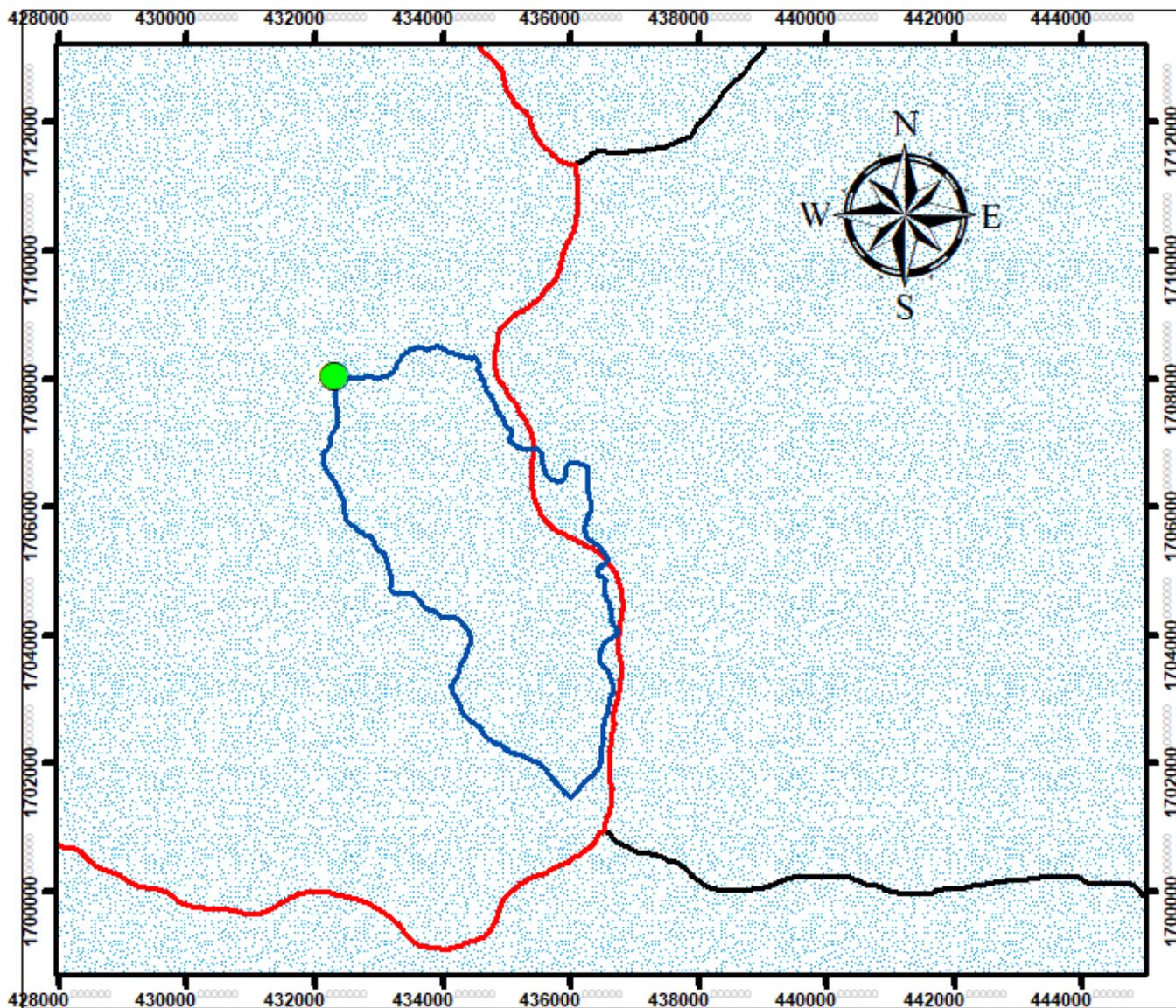
## 1.6.2 Caracterización del capital material de la microcuenca del río Azul.

### A. Capital natural

#### a. Cuerpos de agua

La microcuenca del río azul cuenta con aproximadamente siete corrientes que alimentan su cauce. Las comunidades cuentan con varios nacimientos que se abastecen para el consumo de agua, sin embargo, estas se han ido deteriorando a causa de la deforestación y contaminación de las principales corrientes de agua.

En la siguiente figura siguiente se muestra el mapa hidrológico de la microcuenca del río Azul.



**BOLETÍN PC - IXIL**  
 programa de desarrollo rural integral



  
 GUATEMALA Suecia Sverige  
Ministerio de las Comunidades Indígenas de Guatemala




  
 Desarrollo Rural Integral  
Ministerio de Agricultura y Ganadería

**LEYENDA**

- Punto de Aforo
- Microcuenca**
- Río Azul
- Vertiente**
- Golfo de México
- cuencas**
- Río Salinas
- Xacbal

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 1,000 2,000 4,000 6,000  
 Metros

**1:100,000**

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 4. MAPA HIDROLÓGICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



## b. Vegetación (FLORA)

La vegetación existente dentro de la microcuenca río Azul está conformada por la gran diversidad de flora localizada en los bosques de coníferas y bosque mixto. Entre las que sobresalen diferentes especies de pino, ciprés, palo amargo, encinos, aliso, palo de pito, chulube y árboles frutales deciduos.

El conocimiento tradicional sobre uso de flora generalmente es para especies medicinales que comúnmente utilizan para aliviar y tratar algún tipo de enfermedad que pudieran padecer. En el cuadro siguiente se enlista la vegetación que se encontró dentro de la microcuenca.

Cuadro 4. Listado de especies forestales y agrícolas dentro de la microcuenca de río Azul.

<b>Tipo de Especies</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Especies forestales	Pino Blanco	<i>Pinus ayacahuite</i>
	Pino Candelillo	<i>Pinus maximinoi</i>
	Ciprés Común	<i>Cupressus lusitánica</i>
	Aliso	<i>Alnus jorullensis</i>
	Canac	<i>Chiranthodendrom pentadactylon</i>
	Encino	<i>Quercus peduncularis</i>
	Palo Negro	<i>Quercus sp</i>
	Roble	<i>Quercus sp</i>
	Palo de pito	<i>Erythrina sp</i>
	Palo Blanco	N/D
	Cerezo	N/D
	Arrayan	<i>Bacharis vacciniodes</i>
	Madrón	<i>Arbutus xalapensis</i>
	Santa Catarina	<i>Dahlia imperialis</i>
	Musgos	N/D
	Helechos Arborescentes	<i>Cyathea sp</i>
	Gallitos	<i>Tillandsia sp</i>
	Orquídeas	<i>Epidendrum sp</i>
	Orquídeas	<i>Sthanopea sp</i>

Tipo de Especies	Nombre Común	Nombre Científico
	Orquídeas	<i>Lycaste sp</i>
Especies Agrícolas	Durazno	<i>Prunus sp</i>
	Ciruela	<i>Prunus sp</i>
	Manzana	<i>Malus domestica</i>
	Aguacate	<i>Persea sp</i>
	Café	<i>Cofeea sp</i>
	Banano	<i>Musa sp</i>
	Frambuesas	<i>Rubus sp</i>
	Maguey	N/D
	Tomate de Árbol	<i>Cyphomandra sp</i>
	Granadillas	<i>Passiflora sp</i>
	Maíz	<i>Zea maiz</i>
	Frijol	<i>Phaseolus sp</i>
	Habas	<i>Vicia faba</i>
	Arvejas	<i>Pisum sp</i>
	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
	Güisquiles	<i>Sechium sp</i>
Bledo	<i>Amaranthus sp</i>	

Fuente: elaboración propia, 2018.

### c. Fauna

Dentro de las especies de fauna presentes dentro del territorio de la microcuenca se mencionan las siguientes: conejos, ardillas, venados, armadillos, tacuazín, coyotes, zorros, mapache, serpientes, comadreas, coche de monte, gato de monte, gallinas, vacas, ovejas, cabras, cerdos y aves de corral.

El número de especies de fauna en peligro de extinción en el área va en incremento, esto se debe en parte a la deforestación, cambio climático, la caza de especies de fauna no autorizadas y los incendios forestales. En el cuadro siguiente se enlista una variedad de animales que se observan dentro de la microcuenca.

Cuadro 5. Listado de especies de fauna silvestre y fauna doméstica.

<b>Tipo de especie</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
<b>Animales Silvestres</b>	Ardillas	<i>Sciurus sp</i>
	Coche de Monte	<i>Tayassu sp</i>
	Tepezcuinte	<i>Cuniculus paca</i>
	Tusas	<i>Geomyidae sp</i>
	Armadillos	<i>Dasyopus sp</i>
	Coyotes	<i>Canins sp</i>
	Colibríes	<i>Trochilidae sp</i>
	Gavilán	<i>Accipiter nisus</i>
	Quetzalillos	<i>Trogon collaris</i>
	Codornices	<i>Coturnix sp</i>
	Serpientes	N/D
	Pájaro Carpintero	<i>Picidae (familia)</i>
	Murciélagos	<i>Pipistrellus sp</i>
	Búhos	<i>Bubo sp</i>
	Variedad de Aves	N/D
<b>Animales Domésticos</b>	Ovejas	<i>Ovis sp</i>
	Caballos	<i>Equus caballus</i>
	Asnos	<i>Equus asinus</i>
	Cerdos	N/D
	Gallinas	<i>Gallus sp</i>
	Vacas	<i>Bos sp</i>
	Cabras	<i>Capra aer</i>

Fuente: elaboración propia 2018.

#### d. Climatología

En el territorio se presentan dos estaciones en forma marcada: 1) el verano durante los meses de enero a abril y, 2) el invierno que inicia en mayo y culmina en noviembre.

En el territorio de la microcuenca se registran temperaturas templadas, con máximas de 33.5 °C y mínima de 3 °C, con un clima semi cálido húmedo. Con un promedio de precipitación anual del 1,925. 6 mm. (INSIVUMEH, 2017).

#### **e. Zonas de Vida**

La microcuenca se encuentra dividida por dos zonas de vida de Holdridge, descritas a continuación:

##### **i. Bosque Húmedo Montano Bajo subtropical (bh-MB)**

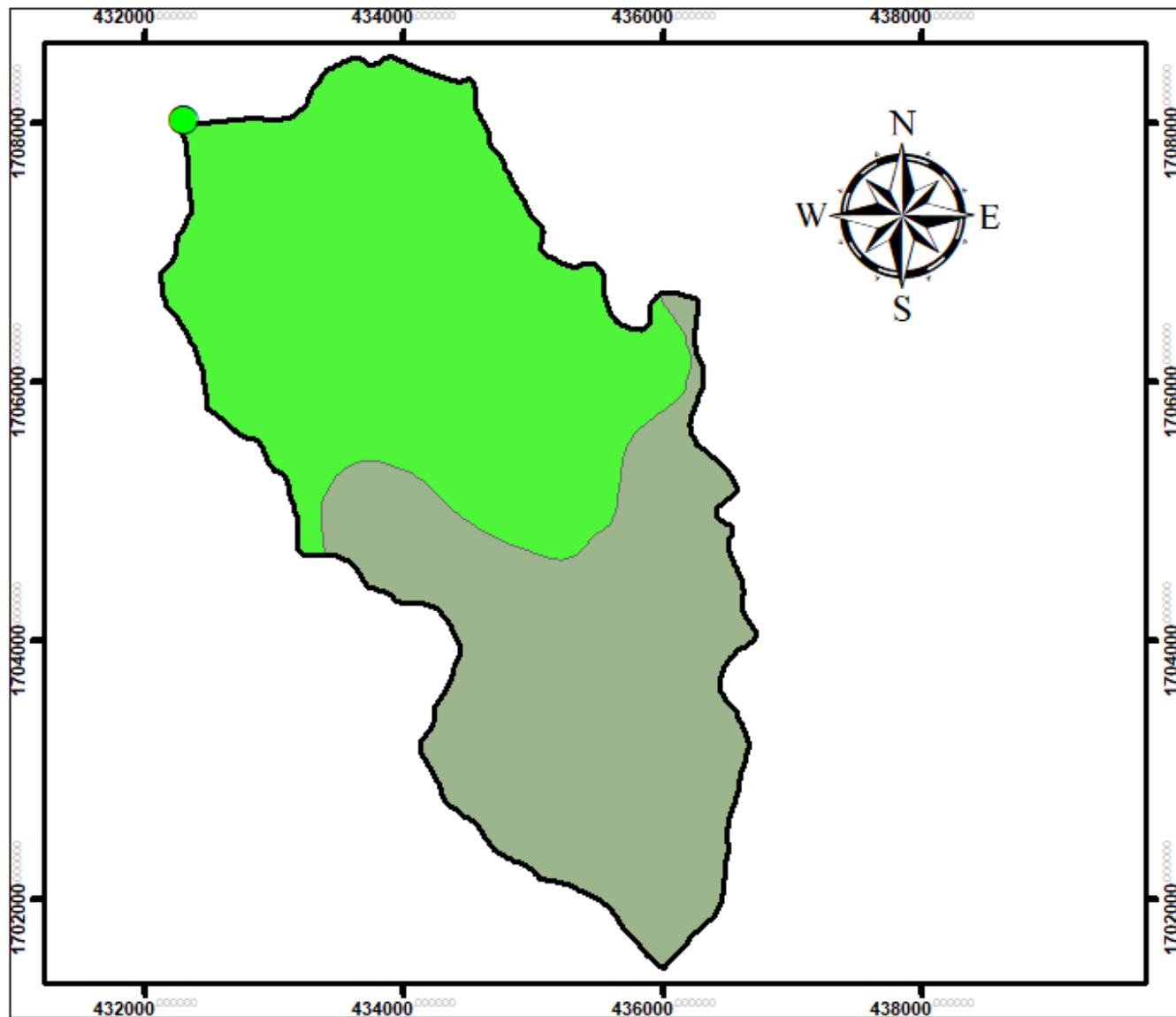
Esta zona de vida se caracteriza por la vegetación representada en rodales de *Quercus sp.*, como el roble y encino, especies de *Pinus sp.*, principalmente de pino triste y pino blanco (*Pinus hartwegii Lindl*) y ciprés común (*Cupressus lusitanica*).

El uso de esta zona es adecuado para la optimización de la producción de cultivos a través del conocimiento técnico sobre disciplinas edáficas, climáticas y sanitarias.

##### **ii. Bosque muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB)**

La vegetación natural predominante en esta zona de vida, que puede considerarse como indicadora en el área, es el Ciprés común (*Cupressus lusitanica Miller*). También puede encontrarse, aunque en menor proporción, pino blanco (*Pinus hartwegii Lindl*) y roble (*Quercus sp*). El uso del suelo adecuado para esta área es de los sistemas agroforestales.

En la figura siguiente, se observa que la comunidad de Xoncá se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical y, la comunidad de Cocop se encuentra en la zona de vida, Bosque muy Húmedo Montano Bajo Subtropical.



**BOLETÍN PC - IXIL**  
 programa de desarrollo rural integral

**LEYENDA**

● Punto de Aforo

**Área**  
 17.6 Km<sup>2</sup>

**Zonas de Vida**

bh-MB

bmh-MB

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000  
 Metros

**1:50,000**

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 5. MAPA DE ZONAS DE VIDA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**

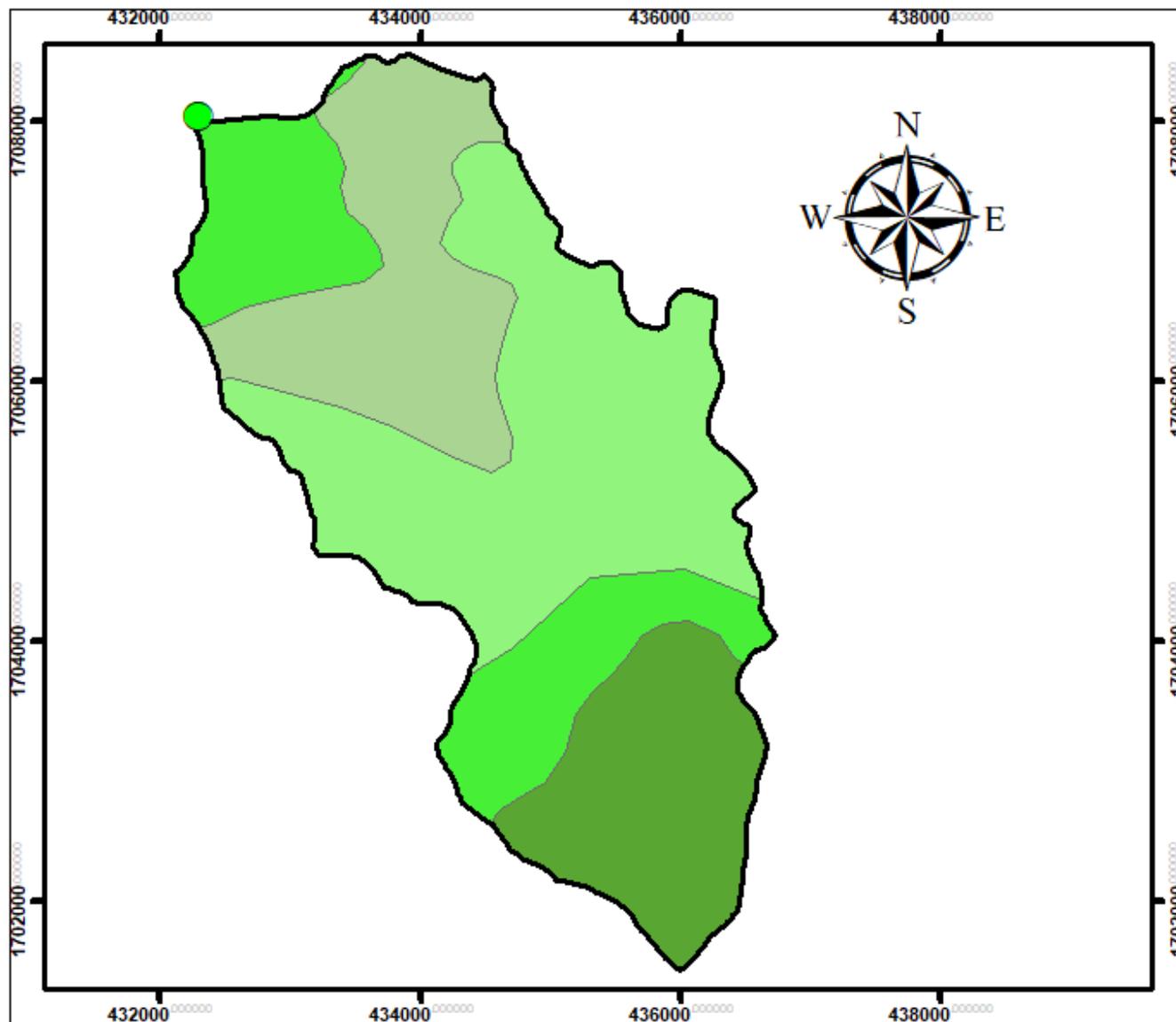


## f. Ecosistemas

Los ecosistemas son el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico. Dentro del territorio de la microcuenca río azul se encuentran cuatro ecosistemas, las cuales se describen a continuación:

- 1-30: Bosques semisiempre verdes y siempre verdes montanos del nivel superior (Bosques mixtos con pino).
- 1-32: Bosques semi-siempre verdes y siempre verdes altimontanos (Bosques latifoliados).
- 1-33: Bosques semi-siempre verdes y siempre verdes altimontanos (Bosques mixtos con pino).
- 4-02: Sistemas productivos con segmentos significativos de bosques (Dominado por mixto).

En la figura siguiente se visualizan la distribución de ecosistemas dentro del territorio de la microcuenca río Azul. Obtenido de la hoja cartográfica 14, formato y base digitales MAGA 2010.



## BOLETÍN PC - IXIL

programa de desarrollo rural integral



### LEYENDA

Punto de Aforo

#### Área

17.6 Km<sup>2</sup>

#### Ecosistema

1-30

1-33

1-32

4-02

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

Metros

1:50,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 6. MAPA DE ECOSISTEMAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



## B. Capital financiero

### a. Tamaño de unidades productivas

De acuerdo con las entrevistas realizadas a las diferentes familias que habitan los cuatro centros poblados de la microcuenca, el tamaño de las parcelas varía de 5 cuerdas a 10 cuerdas por familia, los mismos cuentan con título de propiedad extendido por las municipalidades respectivas.



Figura 7. Vista de los cultivos de maíz dentro de la microcuenca de río Azul.

**Fuente:** tomada por Gerardo Calmo, 2018.



Figura 8. Grupo de mujeres trabajando en el establecimiento de un sistema milpa (maíz, frijol y calabaza).

**Fuente:** tomada por Gerardo Calmo, 2018.

## **b. Empleo y niveles de ingreso**

Las principales actividades económicas que generan algún tipo de ingresos económicos para cubrir una mínima parte de las necesidades básicas son la agricultura, carpintería, albañilería, mujeres tejedoras y pequeñas tiendas locales. El ingreso salarial se encuentra muy por debajo del salario mínimo, sobre todo en las mujeres, este es alrededor de Q30.00 diarios, lo que equivale a Q 720.00 al mes (24 días trabajados).

La mayoría de las familias no cuenta con acceso a créditos ni ahorros, debido a las altas tasas de interés y la carencia de efectivo para ahorro, siendo la principal fuente de inversión, la agricultura para autoconsumo o de subsistencia.

El mercado objetivo de la mayoría de los negocios es el mercado local y los municipios vecinos. La mayor parte de los negocios registrados son de propiedad individual.

## **c. Sistemas productivos**

Dentro de la microcuenca se desarrollan varias actividades productivas agrícolas, siendo de los principales sustentos de las familias, pues la variedad de climas y la disponibilidad de agua que corre por su territorio contribuyen a que sus producciones sean variadas y abundantes. Entre los cultivos de mayor producción están: maíz, trigo, frijol, papas y arvejas; también podemos encontrar productos más comercializados entre departamentos, como el café y variedad de hortalizas, sin embargo, los pobladores no han sabido como explotar dichos recursos y así aumentar el desarrollo económico en la localidad.

Cabe mencionar que, dentro de estos sistemas productivos, siendo la actividad con mayor relevancia y generadora de ingresos económicos, la participación de la mujer es menor en comparación con la del hombre debido a que la mujer destaca su aporte y participación en

la actividad artesanal (industria y manufactura). Evidenciando con esto, en términos productivos, que la mujer sigue siendo desplazada de las principales actividades productivas y mejor remuneradas.

### **1.6.3 Capital construido**

#### **A. Servicios básicos**

##### **a. Agua entubada y energía eléctrica**

El 40% de las familias cuenta con el servicio de agua entubada proveniente de las fuentes o nacimiento de agua, el 60% restante deben u optan abastecerse de agua de pozo la cual deben trasladar en recipientes o tinacos hacia sus hogares. De igual manera la falta de drenajes en algunos hogares hace que la disposición de excretas sea por sistemas de letrina o pozo ciego, haciendo que esto sea de mayor peligro en la transmisión de enfermedades y focos de contaminación.

Cabe mencionar que el principal recurso energético que utilizan las familias para la cocción de alimentos es el recurso leña, registrando un uso de 1 a 1 ½ tarea de leña al mes por hogar.

##### **b. Servicios de salud**

En la microcuenca del río Azul existen puestos de salud, perteneciente a la comunidad de Xonca y Cocop, sin embargo, ambas instalaciones carecen de medicamentos, insumos y

personal lo cual limita el servicio a una vez por semana, generando malestar a los pobladores por la falta de un servicio indispensable para la mejora en calidad de vida.

Los únicos centros de salud más cercanos a nivel municipal son los siguientes:

- Centro Médico Ixil (ubicado en el casco urbano de Santa María Nebaj)
- Hospital de la Cabecera Municipal que presta atención integral a los municipios de San Gaspar Chajul, San Juan Cotzal y Cunen
- Otras instituciones sanitarias y privadas, como sanatorios, centros de desnutrición en el casco urbano. (La mayoría de la población no tiene acceso a estos debido a su alto precio de consulta)

### **c. Acceso a la educación**

Los centros educativos presentes en los centros poblados ya mencionados se enlistan a continuación:

- Escuela oficial rural mixta en Cocob
- Escuela oficial rural mixta en Xonca
- Escuela oficial rural mixta en río Azul
- Escuela oficial rural mixta en el Paraíso
- Escuela oficial de párvulos, en Xonca (anexa a escuela oficial rural mixta)
- Centro oficial de preprimaria bilingüe, en aldea Xonca (anexa a escuela oficial rural mixta)
- Centro oficial de preprimaria bilingüe, en río Azul (anexa a escuela oficial rural mixta)
- Centro oficial de preprimaria bilingüe, en aldea Cocob (anexa escuela oficial rural mixta)
- Instituto nacional de educación básica de telesecundaria, en aldea Xonca
- Núcleo familiar educativo para el desarrollo NUFED no. 74, en río Azul

**d. Vivienda y áreas de producción**

Las viviendas que están en las comunidades de la microcuenca esta hechas de paredes de madera o adobe, techos de lámina y piso de tierra. En relación con bienes de producción carecen totalmente de invernaderos, sistemas de riego, viveros y mercados.

**e. Manejo de desechos sólidos**

Los desechos sólidos presentes en la microcuenca son de tipo orgánico e inorgánico; los primeros las familias hacen uso de estos para aboneras, alimento para animales o simplemente los dejan secar en la tierra. Los segundos, como el plástico, papel o envases son quemados, provocando esto altas emisión de gases contaminantes para la atmosfera como para la salud de las familias.

**f. Medios de comunicación y transporte**

Los medios de comunicación que más se utilizan en las comunidades son: telefonía celular en su mayoría, radio y televisión por cable. Para el traslado entre centros poblados hacia el casco urbano u otro destino hacen uso del transporte público, el costo del pasaje de Xoncá hacia la cabecera de Nebaj es de Q 3.00 y de la comunidad de Cocop hacia la cabecera municipal de Nebaj es de Q 6.00. En cuanto a la infraestructura de vías de acceso se compone por una red de caminos de terracería en condiciones carentes, por el alto pendiente que poseen.



Figura 10: Infraestructura de la escuela rural de la comunidad de Cocop.

Fuente: elaboración propia, 2018.



Figura 9. Infraestructura de las casas de la comunidad de Cocop.

Fuente: elaboración propia, 2018.



Figura 12. Vista de calles de terracería y casas de block en la comunidad de Xonca.

Fuente: elaboración propia, 2018.



Figura 11: Infraestructura de la alcaldía auxiliar de la comunidad de Xonca.

Fuente: elaboración propia, 2018.

### 1.6.4 Resumen de capitales de vida en la microcuenca del río Azul

En el siguiente cuadro presenta un resumen de los capitales humanos dentro de la microcuenca de río Azul.

Cuadro 6: Cuadro de resumen de capitales humanos presentes en la microcuenca del río Azul.

<b>CAPITALES HUMANOS</b>			
<b>Humano</b>	<b>Cultural</b>	<b>Social</b>	<b>Político</b>
<p>El total de familias presentes en el territorio de la microcuenca es de 200 familias, con un promedio de 5-7 integrantes por cada una.</p> <p>Las enfermedades más comunes son enfermedades respiratorias y gastrointestinales.</p> <p>La mayoría de las personas no poseen capacitaciones administrativas, en cuanto a la capacidad de gestión de proyectos.</p> <p>El nivel de educación de las personas es bajo debido a que la tasa de asistencia es del 30.35 %, sin embargo, existe la motivación y el entusiasmo de ver a su comunidad desarrollarse.</p> <p>Existe potencial de liderazgo tanto en hombres, mujeres y jóvenes.</p>	<p>La etnia y el idioma oficial es el Ixil, siendo la población en un 95% indígena.</p> <p>Las celebraciones principales son fiestas patrias, semana santa, día de los santos y época de siembra.</p> <p>Existe respeto en la comunidad, especialmente a ancianos.</p> <p>Las religiones practicadas que prevalecen son católica, Evangélica y grupos de espiritualidad maya.</p> <p>Existen distintos grupos de expresiones artísticas a través de grupos musicales religiosos y tejidos que elaboran las mujeres.</p>	<p>Las organizaciones que existen son, Cocodes, alcaldías auxiliares, comité de agua, comité de deportes, y en algunos casos grupos de mujeres.</p> <p>Las relaciones que unen a los individuos por lo regular son acontecimientos religiosos, deportivos y de interés comunitario como la gestión de nuevos proyectos.</p> <p>No existe ningún tipo de comité o grupo encargado de los conflictos sobre el uso de los recursos naturales renovables - RNR's-.</p> <p>Existe apoyo mutuo entre la comunidad.</p> <p>Dentro de la microcuenca actualmente existe presencia de instituciones u organizaciones, tales como Save the Children, FAO, OPS, PNUD y MAGA.</p>	<p>Máxima autoridad representada por alcaldía auxiliar, las decisiones se toman en asambleas y todos tienen voz y voto.</p> <p>La resolución de conflictos menores lo realizan a través del dialogo.</p>

Fuente: Elaboración propia 2018.

En el cuadro siguiente se muestra un resumen de los capitales materiales dentro de la microcuenca de río Azul.

Cuadro 7. Resumen de los capitales materiales dentro de la microcuenca de río Azul.

CAPITALES MATERIALES		
Naturales	Financiero	Servicios generales
<p>La ubicación de fuentes de agua se encuentra dentro de los bosques de cada centro poblado. La contaminación del río se da principalmente por las aguas servidas y desechos sólidos.</p> <p>Actualmente no existe ningún uso no extractivo de RNR, poseen áreas de bosque en proceso de degradación por la tala inmoderada y el avance de la frontera agrícola.</p> <p>La biodiversidad presente en los bosques se pueden observar aves, ardillas, gatos de monte, entre otros. En tanto a los usos extractivos del bosque se usan plantas medicinales y frutos de aguacate silvestre y plantas comestibles como hongos.</p> <p>Existen algunas actividades que relacionan al cuidado de la naturaleza, como la concientización sobre el uso del agua.</p> <p>Tienen un bosque comunal que comparten con otras dos comunidades aledañas.</p>	<p>Las principales actividades generadoras de ingresos son la agricultura, pequeñas tiendas locales (comercio) y artesanías. Los ingresos no cubren las necesidades básicas, no existe acceso a fuentes de crédito y ahorro por lo tanto no existe ningún tipo de inversión local.</p> <p>El tamaño de los terrenos productivos por familia es en promedio de 5-10 cuerdas. Los terrenos son extendidos con títulos municipales.</p> <p>Las fuentes de empleo externas son en la construcción, fincas y gasolineras en otros municipios.</p> <p>Existen fuentes de empleo para hombres en la construcción mientras que las mujeres tejen en la comunidad.</p> <p>Falta de fortalecimiento en sus cadenas de valor productivas, siendo el principal mercado para sus productos es la cabecera municipal de Nebaj.</p>	<p>La cobertura de servicios de agua solo cubre el 40 % de las familias, el 60 % se abastece de agua de pozo.</p> <p>El servicio de energía eléctrica lo posee el 100% de la población. Sin embargo, la principal fuente para cocción de alimentos es la leña, utilizando alrededor de 13-14 tareas/año/familia.</p> <p>En general las familias no poseen un sistema de drenaje o alcantarillado, haciendo uso de sistemas de letrina y/o pozos ciegos.</p> <p>Dentro de la microcuenca no existe un sistema de tratamiento de aguas servidas por lo que se desechan al aire libre, y el manejo común de desechos inorgánicos es la quema.</p> <p>Poseen una unidad mínima de salud que carece totalmente de medicamentos, el servicio sólo es una vez al mes.</p> <p>Las viviendas por lo regular son de paredes de madera, techo de lámina y piso de tierra.</p> <p>La principal vía de acceso es una carretera de terracería, movilizándose a través de Pick-up y Microbuses.</p> <p>Los medios de comunicación principal son, telefonía celular, radio, Tv con cable.</p>

Fuente: Elaboración propia 2018.

### 1.6.5 Identificación de amenazas y vulnerabilidades en la microcuenca río Azul

1. Las amenazas que afectan comúnmente están: las heladas, inundaciones, deslizamientos, sismos, incendios forestales, deforestación, expansión de áreas pobladas, contaminación ambiental, disminución del caudal hídrico.
2. Falta de mantenimiento de sistemas de captación y almacenamiento de agua entubada.
3. Pérdida de biodiversidad como consecuencia de la tala inmoderada de los bosques nativos.
4. La degradación de los recursos bosques, suelo y agua es preocupante, debido a que no existen reglas o manejo sostenible de las mismas.
5. No se realizan ningún tipo de prácticas para la conservación de suelos, existen cultivos limpios en terrenos con altas pendientes especialmente en la comunidad de Cocop.
6. No existen capacitaciones en temas de organización, uso, manejo y conservación de recursos naturales, gestión y administración de proyectos, manejo de desechos sólidos y conocimiento técnico en temas agrícolas y forestales.
7. Se evidencia la pérdida de identidad, pérdida de conocimientos tradicionales, pérdida de valoración de recursos naturales especialmente en individuos jóvenes.
8. Identificación de líderes negativos, poca incidencia.
9. Ingresos económicos bajos, desempleo, pérdida de oportunidades.
10. Infraestructuras educacionales y de salud deficientes.

### 1.6.6 Recomendaciones para los lineamientos de manejo de la microcuenca

1. **Reducir el consumo de leña:** manejo de plantaciones forestales y bosques naturales para la producción energética, así también reducir la cantidad de hogares que cocinan con fuego abierto, de esta manera reducir la presión sobre el bosque.
2. **Conservación, recuperación y restauración de ecosistemas naturales:** en la microcuenca se tienen altas tasas de deforestación anual. La conservación y recuperación de estas áreas es importante debido a que poseen elementos y características de conservación.
3. **Protección de fuentes de agua:** se recomienda que las fuentes de agua deben de protegerse con cobertura vegetal, sistemas de barreras vivas, acequias de infiltración, evitar el uso de agroquímicos.
4. **Determinación y protección de áreas de recarga hídrica:** el deterioro del recurso natural del área incide negativamente en la población en general, debido a esto disminuye la infiltración del agua.
5. **Implementación de programas de educación ambiental:** se recomienda implementar cursos sobre recursos naturales, especialmente en el tema de uso del agua, manejo de desechos sólidos, manejo y conservación de agua, suelo y bosque, cambio climático, desastres naturales.
6. **Manejo de los sistemas de agua para consumo humano:** es importante la organización y gestión de fondos para llevar a cabo el mejoramiento de calidad del agua a través de ciertas técnicas para el tratamiento de aguas.

## 1.7 CONCLUSIONES

1. A través del diagnóstico realizado con enfoques de capitales de vida en la microcuenca del Río Azul, se visualizó la situación y estado actual de los recursos naturales y el de desarrollo económico local de la población. Entre los principales resultados obtenidos se identificó la falta de manejo y gestión del recurso hídrico, baja asistencia en los niveles educativos, falta de empleo digno, la poca asistencia hacia los agricultores en la adopción de tecnologías agrícolas y la falta de atención por parte de los servicios de salud.
2. Dentro de los resultados obtenidos de la caracterización de los capitales humanos dentro del territorio de la microcuenca se identificó que dentro de la misma se puede encontrar un sistema de liderazgo comunitario bastante sólido y representativo a nivel departamental y nacional, la participación tanto de hombres como mujeres y jóvenes en actividades de decisión política, productivas y/o de beneficio para la comunidad.
3. Con los resultados obtenidos de la caracterización de los capitales materiales dentro del territorio de la microcuenca, se visualizó que el recurso bosque juega un papel fundamental en la calidad de vida de los pobladores, pues este es utilizado como recurso energético, proveedor de productos no maderables y maderables (uso medicinal, semillas y frutos) y regulador del ciclo del agua. Como parte las actividades económicas con las que se sustentan las familias la principal es la agricultura, seguida del comercio y artesanías.
4. Las principales amenazas identificadas dentro de la microcuenca es el incremento de la población que ejerce presión constante sobre los recursos naturales, provocando que las fuentes de agua sufran alteraciones debido a la contaminación por el acarreo de desechos sólidos y líquidos; las altas cantidades de extracción de leña, madera y la apertura de nuevos terrenos para la agricultura provoca la pérdida del recurso suelo.

5. A través del diagnóstico e identificación de amenazas y vulnerabilidades dentro de la microcuenca, se identificaron lineamientos para el manejo de los recursos naturales y su uso sostenible, así como actividades para la mejora de los sistemas productivos, estos abarcan acciones desde la sensibilización y capacitación del uso de estos, hasta la implementación de prácticas para la conservación, recuperación y restauración de los diferentes ecosistemas naturales presentes.

## 1.8 RECOMENDACIONES

1. Fortalecer las capacidades de los grupos comunitarios y organizaciones representativas, en la gestión y administración de proyectos locales enfocadas al manejo sostenible de los recursos naturales y desarrollo económico local.
2. Implementar programas de concientización y capacitación a la población en general, sobre la importancia del cuidado de cuerpos y fuentes de agua, prácticas de conservación y protección de los recursos naturales, especialmente en terrenos con pendientes altas y de alta recarga hídrica.
3. La municipalidad a través de las oficinas técnicas debe actuar en la elaboración de propuestas de manejo de la microcuenca que contemplen acciones de manejo y conservación de suelos, bosques y recurso hídrico.
4. Fomentar e implementar programas de incentivos forestales en la microcuenca rio Azul con el fin de incrementar los ingresos económicos y así mismo recuperar la cobertura forestal.
5. Promover y fomentar un modelo de ordenamiento territorial que incentive el manejo adecuado del territorio de la microcuenca.

## 1.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Bautista-Solís, P., Gutiérrez-Montes, I., Aguilar, J., Cotto, E., Gómez, C., González, M., Guillén, D., Mendoza, J., Morales, I., Pinoth, R., Posada, K., Quiñónez, G., Salazar, A., Salgado, M., Steinvorth, K., & Zambrano, M. (2012). *Capitales de la comunidad y la conservación de los recursos naturales: El caso del Corredor Biológico Tenorio-Miravalles*. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica (CATIE). (Serie Técnica; Boletín Técnico no. 49; Gestión Integrada de Recursos Naturales a Escala de Paisaje Publicación no. 9). Consultado 10 de febrero de 2018. Disponible en <http://www.sidalc.net/REPDOC/A9520E/A9520E.PDF>
2. Fundación IXIL, Guatemala. (2010). *Descripción de la situación del área Ixil a partir de la revisión de documentos y diagnósticos identificados*. Guatemala. Consultado marzo de 2018. <http://limitlesshorizonsixil.org/wp-content/uploads/2013/10/Informe-de-Diagnostico-de-Documentos-Fundacion-Ixil.pdf>
3. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA), (2000). *Mapas temáticos digitales de la republica de Guatemala, Guatemala. Escala 1:250,000*. Guatemala: MAGA. 1 CD.
4. Neely, C., Sutherland, K., & Johnson, J. (2004). *¿Los enfoques basados en los medios de vida sostenibles tienen una repercusión positiva en la población rural pobre?. Análisis de doce estudios de caso*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (LSP: Documento de trabajo 16 es). Consultado febrero de 2018. Disponible en [www.fao.org/3/aj5129s.pdf](http://www.fao.org/3/aj5129s.pdf)
5. Ramakrishna, B. (1997). *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: Conceptos y experiencias*. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Obtenido de <http://www.infocuenas.com/img/kcfinder/files/estrategias%20de%20extension%20para%20el%20manejo%20integrado%20de%20cuencas.pdf>
6. Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia. Guatemala (SEGEPLAN). (2010). *Plan de desarrollo municipal 2011-2025; Municipio de Nebaj, departamento de Quiché*. Consultado 14 de febrero de 2018. Disponible en <https://municipalidaddenebaj.com/wp-content/uploads/2016/06/PLAN-DEDESARROLLO-NEBAJ.pdf>



## 1.10 ANEXOS

Cuadro 8A. Serie de preguntas a utilizar para obtener información sobre el capital humano.

<b>Capital humano</b>
1. Familias: ¿Número de familias en la comunidad?
2. Salud: ¿Principales problemas de salud de hombres, mujeres, niños?
3. Capacidades y habilidades locales tradicionales: ¿Cuáles son? ¿Quiénes las practican?
4. Capacidades administrativas y de negocio: ¿Oportunidades y acceso al aprendizaje?
5. Conocimiento técnico: ¿Acceso? ¿Oportunidades para aprender?
6. ¿Niveles de educación? ¿Hombres? ¿Mujeres?
7. Servicios proporcionados: ¿Por los hombres? ¿Mujeres? ¿Organizaciones?
8. Tamaño de la unidad familiar: ¿Número promedio de personas en la familia?

**Fuente:** elaboración FAO, 2017.

Cuadro 9A. Serie de preguntas a utilizar para obtener información sobre el capital cultural, relacionado al capital humano.

<b>Capital cultural</b>
1. ¿Identidades étnicas de la población?
2. ¿Idiomas que se hablan localmente?
4. ¿Celebraciones locales?
5. Acontecimientos culturales: ¿Teatro, danza, música, deportes, etc?
6. Valores: ¿Rechazo racial? ¿Respeto y reconocimiento de los mayores o ancianos?
7. ¿Iconografía y símbolos locales importantes?
8. Conocimiento tradicional: ¿uso de flora y fauna, conservación?
9. ¿Religiones presentes?
10. Arte: ¿Existencia de expresiones artísticas representadas a través de la música, pintura, tejidos, etc. relacionadas a los recursos naturales?

**Fuente:** elaboración FAO, 2017.

Cuadro 10A. Serie de preguntas a utilizar para obtener información sobre el capital social, relacionado al capital humano.

<b>Capital social</b>
1. Redes de apoyo tradicionales: ¿Niños, mujeres, ancianos, discapacitados?
2. Organizaciones: ¿Juventud, mujeres, comunales, deporte?
3. Acontecimientos sociales: ¿Deporte, celebraciones? ¿Lugares de reunión y de interacción social?
4. Relaciones que unen a los individuos: ¿Actividades que fortalecen la unidad entre individuos? ¿Reconocimiento a personas líderes?
5. Funcionamiento y calidad de los grupos: ¿Existencia de grupos u organizaciones comunales?
6. Interacciones Sociales: ¿Cooperación entre líderes? ¿Conformidad? ¿Soporte? ¿Ayuda mutua entre personas? ¿Existencia de conflictos por el uso de algún recurso natural?
7. Liderazgo comunitario: ¿Existencia de líderes Hombre y mujeres? ¿Potencial de Liderazgo?
8. Presencia de organizaciones sociales: ¿Organizaciones presentes en la microcuenca?, ¿Organizaciones de manejo y conservación de los recursos naturales?

**Fuente:** elaboración FAO, 2017.

Cuadro 11A. Serie de preguntas utilizadas para obtener información sobre el capital político, relacionado con el capital humano.

<b>Capital político</b>
1. Gobierno local: ¿Representatividad? ¿Eficacia? ¿Máxima autoridad en las comunidades? ¿Forma de gobierno en la comunidad? ¿Toma de decisiones? ¿Equidad de género?
2. Movimientos y movilizaciones comunales: ¿Logros?
3. Resolución de conflictos: ¿Formas de resolución de conflictos? ¿Quiénes intervienen? ¿Persistencia e intensidad de los conflictos internos de la comunidad?
4. Asociaciones locales de desarrollo: ¿Cuántas? ¿Niveles de participación? ¿Eficacia?
5. Organizaciones ambientales: ¿Local? ¿Externa? ¿Niveles de participación? ¿Organizaciones que han tenido más influencia en la comunidad?

**Fuente:** elaboración FAO, 2017.

Cuadro 12A. Serie de preguntas utilizadas para obtener información del capital natural, relacionada con el capital material.

<b>Capital natural</b>
1. Agua potable: ¿De dónde viene? ¿Cómo llega? ¿Cuántos la tienen?
2. Aguas residuales y tratamiento de aguas servidas: ¿Tanque séptico, al aire libre, al río/al mar? ¿Cuántos?
3. Tierra: ¿Distribución? ¿Títulos? ¿Conflictos? ¿Tierras comunales? ¿Áreas protegidas?
4. Fuentes de energía: ¿Servicio público, leña tareas/año/familia, gas, diesel, electricidad de fuentes renovables, otras?
5. Usos extractivos de los recursos naturales: ¿Frutos, semillas, plantas medicinales y comestibles, árboles para madera y leña, otros?
6. ¿Cobertura forestal en las comunidades? ¿Existencia de bosques comunales?
7. ¿Diversidad de especies de animales silvestres, aves, mamíferos, reptiles, etc?
8. Actividades destinadas a cuidar la naturaleza: ¿Agua, biodiversidad, paisaje, energía, aire, suelos, contaminación, basura, otras?

**Fuente:** elaboración FAO, 2017.

Cuadro 13A. Serie de preguntas utilizadas para obtener información sobre el capital financiero, relacionado con el capital material.

<b>Capital financiero</b>
1. ¿Principales actividades económicas en la comunidad?
2. ¿Destino de la producción?
3. ¿Tenencia de la tierra? ¿Tamaño de las unidades productivas?
4. Negocios: ¿En manos locales? ¿En manos de no residentes? ¿Grandes? ¿Pequeños?
5. Fuentes del empleo: ¿Cuántas hay? ¿Para las mujeres? ¿Precio jornal por actividad?
6. Ingresos: ¿Cubren necesidades básicas? ¿Cuántos ingresos son necesarios para la familia?
7. Fuentes de crédito: ¿Acceso? ¿Para las mujeres? ¿Ahorros? ¿Formas de ahorro?
8. Inversiones en el lugar: ¿Hay participación local?

**Fuente:** elaboración FAO, 2017.

Cuadro 14A. Serie de preguntas utilizadas para obtener información sobre el capital construido, relacionado con el capital material.

<b>Capital construido</b>
1. Cobertura de servicios básicos: ¿Agua domiciliar, energía eléctrica, saneamiento adecuado (drenajes)?
2. Condición de los caminos: ¿A la localidad, dentro de la localidad?
3. Centros de salud: ¿Cuántos? ¿Cuántos días por semana atienden? ¿Calidad del servicio? ¿Disponibilidad de medicamentos?
4. Vivienda: ¿Tipo de material pared, techo y piso? ¿Dueños o alquiler? ¿Costos? ¿Precarios? ¿Tugurios?
5. Bienes de producción: ¿Invernaderos, sistemas de riego, viveros frutales/forestales?
6. Mercados: ¿Ventas de bienes locales? ¿Consumo de bienes externos?
7. Medios de transporte: ¿Propio? ¿Público? ¿Alquilado?
8. Medios de comunicación: ¿Cobertura de teléfono móvil, medios escritos, radio y televisión?
9. Centros de la educación: ¿Cuántos? ¿Calidad? ¿Capacidad? ¿Nivel?

**Fuente:** elaboración FAO, 2017.

The seal of the Academia Coactemalensis Carolina is a circular emblem. It features a central shield with a landscape scene: a figure on a horse in the foreground, a volcano in the background, and a figure in a red and white robe. The shield is surrounded by various heraldic symbols, including a golden crown at the top, a golden lion rampant on the right, and a golden castle on the left. The shield is flanked by two golden columns. The entire emblem is enclosed in a circular border with the Latin text "ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERAS URBIS CONSPICUA CAROLINA" in a serif font.

**CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN DETERMINACIÓN DE ZONAS POTENCIALES A UNA MAYOR RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL, QUICHÉ, GUATEMALA, C.A..**



## 2.1 PRESENTACIÓN

El agua dulce es uno de los recursos naturales del planeta que es de gran vitalidad para la vida ya que es fácilmente apreciable por todos los individuos, sin embargo, su escasez va aumentando con el transcurrir del tiempo. La reducción de caudales se debe a distintos agentes y/o factores involucrados, siendo entre ellos el más representativo, la degradación del recurso bosque y suelo causado por avances de la frontera agrícola. Por tanto, el tema y generación de información para la mejora y regulación de la recarga hídrica es primordial para un manejo integrado del territorio.

A través de la presente investigación se realizó la identificación y caracterización de aquellas zonas que tienen potencial de recarga hídrica dentro de la microcuenca del río Azul en el departamento de Quiché, así como de los factores que afectan y/o que amenazan estas zonas, dando como efecto que las fuentes de agua de las comunidades se encuentren vulnerables a los diferentes agentes de contaminación como el inadecuado manejo de los residuos sólidos y líquidos, falta de concientización ambiental en la población y el mal manejo de los desechos provocados por la producción agrícola.

La microcuenca del río Azul es perteneciente a la cuenca del río Xacbal de la vertiente del Golfo de México, cuenta con una extensión territorial de 17.60 km<sup>2</sup>, en ella residen alrededor de 1,627 habitantes pertenecientes a los centros poblados de Cocob, El Paraíso, Xonca y río Azul, del municipio de Santa María Nebaj; el área de la microcuenca son principalmente tierras de vocación forestal, con tendencia a altas pendientes y son cabeceras de cuencas. (IARNA-URL, 2009)

Para llevar a cabo la presente investigación se realizó una adaptación de un modelo metodológico para determinar el potencial de recarga hídrica, basado en la metodología de Matus Silva propuesta en el año 2007 en el país de Nicaragua. Esta metodología considera las variables de: pendiente, geología, velocidad de infiltración, textura del suelo, uso del suelo y cobertura vegetal. Cada una de estas variables se analizó y ponderó con el propósito de describir la estrecha relación que estas adquieren en el proceso de la recarga hídrica,

vistas también como índices de la degradación de los recursos naturales de la microcuenca de estudio.

Para validar la adaptación de dicho modelo metodológico, se implementaron dos distintas metodologías, siendo estas: 1) la metodología de identificación áreas críticas de recarga de acuíferos y, 2) el modelo de áreas de “Muy Alto” captación, regulación y recarga hídrica. A través del desarrollo de estos tres modelos se espera, así como, realizar recomendaciones de lineamientos generales para el manejo integrado de los recursos naturales existentes en el área.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1 Zonas de recarga hídrica

La zona o el área donde ocurre un fenómeno de susceptibilidad de recarga es llamada o considerada como “zona de recarga hídrica”. De la misma manera los acuíferos se recargan principalmente a través de la precipitación en los “suelos con alta capacidad de infiltración” o “rocas superficialmente permeables”. Las zonas de recarga hídrica de los acuíferos pueden estar o no, a grandes distancias de donde son explotados. (Matus Silva, 2007)

También tenemos que la infiltración es mayor cuando en la zona de recarga o entrada se da además de la precipitación local, el escurrimiento superficial de alguna área tributaria. Esto sucede principalmente en pendientes aluviales que reciben aguas superficiales provenientes de zonas montañosas con fuerte precipitación. (INAB, 2003)

Las zonas de mayor recarga hídrica son las que más nos interesa conservar, tanto en sus características físicas de permeabilidad que afectan la magnitud de la recarga, como en actividades que produzcan contaminación que fácilmente se pueda infiltrar al acuífero afectando la calidad de sus aguas subterráneas. Debido a que gran parte de la precipitación es de origen orogénico (nacimiento de montañas, procesos lentos y de larga duración), las montañas y zonas altas, principalmente si el suelo y subsuelo son permeables; y, por su mayor constancia de precipitación, son por lo general aéreas de recarga hídrica importantes. (Matus Silva, 2007)

### 2.2.2 Clasificación de zonas de recarga hídrica

De acuerdo con el movimiento del agua al estar en contacto con el suelo, el subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar en zonas superficiales, subsuperficiales y subterráneas. Las cuales se describen a continuación:

### **A. Zona recarga hídrica superficial**

En toda la cuenca hidrográfica, excluyendo las zonas totalmente impermeables, son aquellas zonas que se humedecen después de cada lluvia, originando escorrentía superficial, según las condiciones de drenaje (relieve del suelo, su saturación y capacidad de infiltración). Para la medición del caudal del río es tomada en los cauces principales de cada río y se conoce como descarga superficial o cauce de escorrentía superficial.

### **B. Zona de recarga hídrica sub-superficial**

Son las zonas de la cuenca con suelos con capacidad de retención de agua o almacenamiento superficial sobre una capa impermeable que permite que el flujo horizontal en el subsuelo se concentre aguas abajo, hacia el sistema de drenaje. Esto continúa aun cuando las lluvias hayan finalizado, también depende de la cantidad de precipitación y el efecto de absorción o retención como el mecanismo de una esponja al sostener el agua del suelo, liberando el agua lentamente en un movimiento horizontal. Este caudal es medido al finalizar las lluvias entrando a la época seca, cuando el agua es proveniente de zonas de recarga hídrica o con densidad boscosa.

### **C. Zona de recarga hídrica subterránea**

Correspondiente a las zonas de la cuenca (sitios planos o cóncavos, y rocas permeables) en el cual el flujo vertical de la infiltración es significativo, esta es la que forma o alimenta los acuíferos. Un aspecto importante en esta zonificación es la conexión entre acuíferos y la recarga externa (proveniente de otra cuenca hidrográfica).

### 2.2.3 Factores que afectan la recarga hídrica

La recarga hídrica depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial, y del caudal de los ríos; así mismo, varía de acuerdo con la permeabilidad de los suelos, de su contenido de humedad, de la duración e intensidad de la lluvia y del patrón de drenaje de la cuenca. También la pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que las muy inclinadas favorecen la escorrentía superficial y, si son menos fuertes, retienen por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración. (INAB, 2003)

Los acuíferos se recargan en cualquier área en la que: a) exista suelo o roca permeable en la superficie, b) que este en comunicación hidráulica con los acuíferos, y c) que este temporalmente en contacto con agua. Todos estos factores que definen la recarga ocurren en diferentes grados relativos, en las capas que sobre yacen a los acuíferos. Para conocer y delimitar las principales zonas de recarga de un acuífero y su mecánica de funcionamiento, se necesitan unas series de variados y específicos estudios hidrogeológicos.

Según el INAB los factores que afectan la recarga hídrica son:

#### A. Clima

Dependiendo de las condiciones climáticas locales dependen las entradas (precipitación) y las salidas (evapotranspiración y evaporación) que regulan el ciclo hidrológico por lo cual este factor es uno de los cuales se considera más importante para la recarga hídrica. Si esta variable cambia o se mantiene reguladamente estable a lo largo de la cuenca, esto da lugar a que determinadas zonas contribuyan en mayor o menor medida con la recarga hídrica de la zona.

## **B. Precipitación**

Esta es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, las mediciones y análisis forman el punto de partida para la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. Siendo esta la cantidad de agua meteórica total ya sea líquida o sólida, que cae sobre una superficie horizontal determinada, siendo llamada sección pluviométrica. Cuando esta se presenta de forma líquida (lluvia, niebla o rocío) o de forma sólida (nieve, granizo o escarcha). (Kohler Paulus, 1986)

Según (Villón, 2004), las precipitaciones se clasifican en relación con el factor que provoca la elevación del aire en la atmosfera, siendo la siguiente clasificación:

### **a. Precipitación convectiva**

Es aquella que, en tiempo caluroso, produce una abundante evaporación a partir de la superficie del agua formando grandes masas de vapor de agua, que, por estar más calientes, se elevan sufriendo un enfriamiento de acuerdo con la adiabática seca o húmeda. Esta generalmente es acompañada de rayos y truenos, propias de las regiones tropicales, donde las mañanas son muy calurosas, el viento es calmo y hay una predominancia de movimiento vertical del aire.

### **b. Precipitación orográfica**

Producida por el vapor de agua que se forma sobre la superficie de agua, es empujada por el viento hacia las montañas, aquí las nubes siguen por las laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación.

### **c. Precipitación ciclónica**

Son provocadas por el encuentro de dos masas de aire, con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y la precipitación. Están asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión.

## **C. Evapotranspiración**

El término evapotranspiración fue introducido por Thornthwaite, y este define a la evapotranspiración potencial como “la pérdida de agua que ocurriría, si en ningún momento existiera una deficiencia de agua en el suelo para el uso de la vegetación”. Por tanto, se ha encontrado que la evapotranspiración depende de la densidad de cobertura del suelo y de su estado de desarrollo (Kohler Paulus, 1986). El término evapotranspiración implica la consideración conjunta de dos procesos diferentes: evaporación y transpiración.

### **a. Evaporación**

Proceso físico en el cual el agua pasa de líquido a vapor, produciéndose desde: a) la superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación; b) las superficies de agua (río, lago, embalse); c) el suelo, agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial de suelo, a partir de agua recién infiltrada o en aéreas de descarga.

### **b. Transpiración**

Fenómeno biológico por el cual las plantas pierden agua a la atmosfera, y esta está íntimamente relacionada con las especies de plantas que cubren la superficie del suelo, así como por el área foliar de las mismas.

## **D. Suelo**

Existen una serie de suelos en los cuales, los impermeables o compactos que son aquellos que impiden o dificultan la infiltración o recarga hídrica, y también están los suelos permeables que facilitan la recarga hídrica a los acuíferos. Existe una serie de características del suelo que influyen en la recarga siendo estas como la textura, la densidad aparente, el grado de saturación del suelo (contenido de humedad) y la capacidad de infiltración.

### **a. Tipo de suelo**

Cuando se habla de recarga hídrica el suelo representa una parte fundamental, ya que es en este en donde el agua proveniente de las precipitaciones es capturada y luego redirigida a los acuíferos que componen el sistema hidrológico de las cuencas.

Aunque las características del suelo que intervienen en el proceso de recarga son muchas, tales como la porosidad, estructura, cantidad de arcillas, presencia de capas impermeables, entre otras; dos propiedades se destacan entre las demás por ser de fácil determinación en campo y aportar datos significativos en cuanto a la capacidad de recarga hídrica; estos son la textura y la capacidad de infiltración del suelo.

### **b. Textura del suelo**

Está determinada por la conformación granulométrica o composición mecánica del suelo e indica la proporción que existe entre las diferentes fracciones granulométricas como arena (2 mm – 0.05 mm), limo (0.05 mm - 0.002 mm) y arcilla (< 0.002 mm). Para determinar la clase textural de los suelos, se realizan análisis mecánicos de laboratorio y los resultados se interpretan a través del triángulo textural (figura 1). La textura es una de las características básicas del suelo y tiene influencia sobre otras propiedades como las

relaciones hídricas, la fuerza o succión con que es retenida el agua por los coloides o arcillas del suelo y el rango de disponibilidad de agua (en porcentaje) para las plantas. Determina parcialmente el grado de aireación del suelo, ya que dependiendo del tipo de textura predominan los macro poros (rango  $60 \mu - 100 \mu$ ) o los micro poros (menores de  $60 \mu$ ); y el aire se desplaza más fácilmente en los macro poros.

La infiltración o velocidad con que el agua penetra en la superficie del suelo es siempre mayor en suelos de textura gruesa (arenosa, franco arenoso, arenosa franca) que en suelos de textura fina o pesados, como los arcillosos.

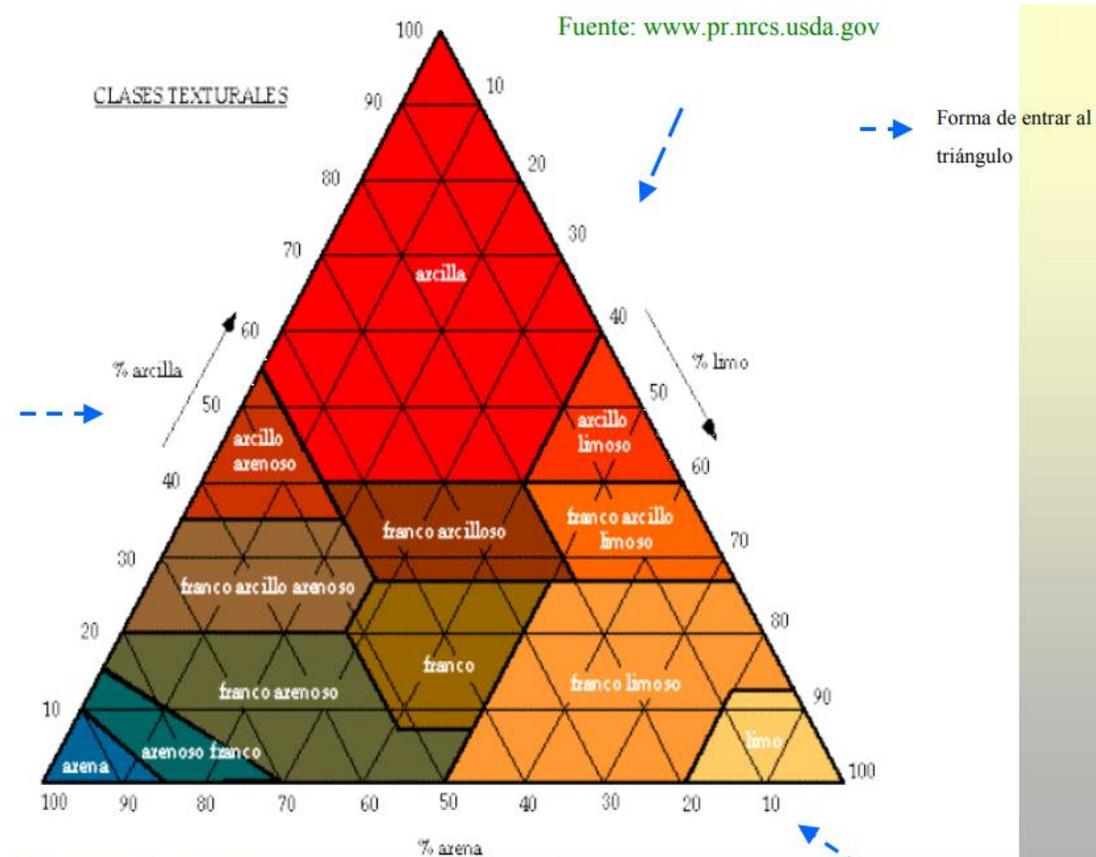


Figura 13. Triángulo textural del suelo.

Fuente: [www.pr.nrcs.usda.gov](http://www.pr.nrcs.usda.gov). (2018).

## E. Capacidad de infiltración

La capacidad de infiltración del suelo viene dada en términos numéricos por su velocidad de infiltración, es decir la entrada vertical de agua a través de los poros del suelo por unidad de tiempo.

### a. Método para determinar la velocidad de infiltración del suelo

Existen una serie de métodos para la determinación de la velocidad de infiltración de un suelo; entre los métodos más utilizados para la determinación de la velocidad de infiltración se encuentran: a) El método de Doble anillo o anillos de Munz y b) El método de Porchet o de Cilindro Invertido. (Ibañez Asensio, Moreno Ramón, & Blanquer, 2010)

#### i. Infiltrómetro de doble anillo o anillos de Munz

El método original desarrollado por Munz parte de la idea de que colocados los dos anillos y obtenida la situación de saturación, la diferencia de nivel del agua ( $H$ ) en los anillos interior y exterior provoca un flujo de agua vertical, que será de entrada hacia el anillo interior (parte A, figura 14) si la altura es mayor en el tubo exterior, o de salida si es inferior (parte B, figura 14). (Ibañez Asensio, Moreno Ramón, & Blanquer, 2010)

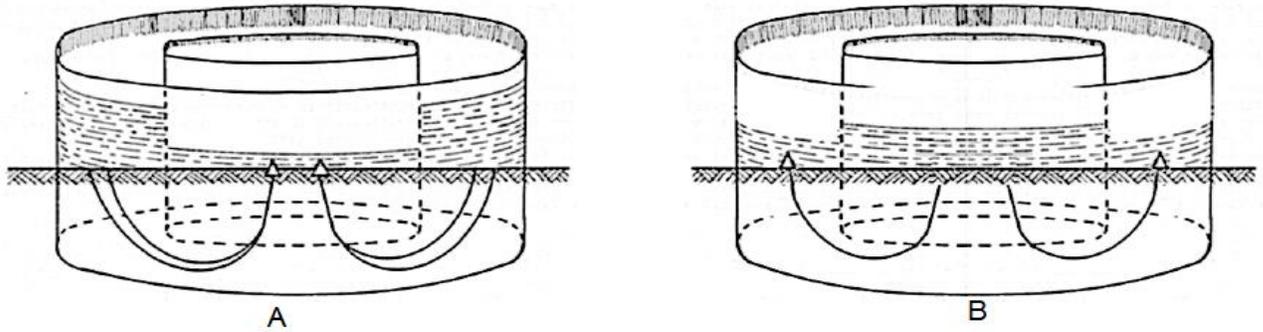


Figura 14. Efecto de la diferencia de niveles de agua entre ambos anillos (sistema de anillos de Munz).

**Fuente:** (Ibañez Asensio, Moreno Ramón, & Blanquer, 2010)

El anillo exterior también tiene como función el evitar la infiltración horizontal del agua por debajo del cilindro interior, de tal forma que las medidas se correspondan con seguridad al flujo vertical. De la misma manera los anillos tienen como funcionamiento o finalidad el no alterar el ámbito en el cual el agua actúa normalmente, así como no alterar la parte sub-superficial del suelo y el proceso de infiltración no tenga cambios.

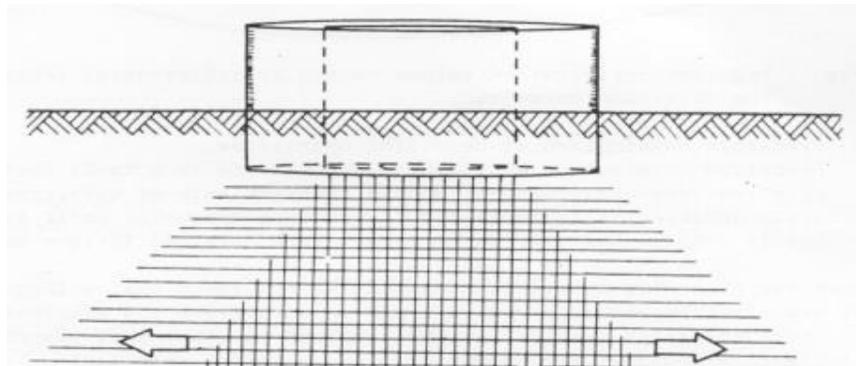


Figura 15. Flujo de agua en el suelo generado por la metodología de prueba de infiltración de doble anillos de Munz.

**Fuente:** (Ibañez Asensio, Moreno Ramón, & Blanquer, 2010)

Según la ley de Darcy, la velocidad de infiltración del agua en un medio no saturado medido con el infiltrómetro de anillo puede indicarse mediante la siguiente expresión:

$$v=K_1 \frac{\phi+z+h}{z}$$

Donde:

$v$ = velocidad de infiltración [LT-1]

$K_1$  = conductividad capilar o permeabilidad insaturada [LT-1]

$\phi$ = fuerza de succión en el frente húmedo [L]

$z$ = distancia al frente húmedo [L]

$h$ = altura de la columna de agua [L]

$L$ = Lectura

La influencia de  $V$  y  $h$  con relación a  $z$  decrece cuando  $z$  y la humedad del suelo se incrementa, llegando un momento en que la velocidad de infiltración permanece constante.

El anillo exterior sirve para establecer las condiciones de borde, de modo que el flujo logrado es completamente unidimensional. En el anillo interior es donde va la regla graduada para realizar las lecturas correspondientes en el momento de realizar la prueba de infiltración.

## F. Topografía

Esta influye en el tiempo de contacto que existe entre el agua y la superficie del suelo, ya que las pendientes muy pronunciadas o fuertes favorecen a la escorrentía superficial, disminuyendo el tiempo de contacto del agua con la superficie reduciendo la infiltración del agua hacia los acuíferos.

### **a. Relieve**

El relieve es la configuración física de la superficie de la tierra, incluyendo las irregularidades (elevaciones y depresiones de la tierra) al considerarlas en conjunto. Siendo la consecuencia de los procesos geológicos y de la meteorización actuando sobre los materiales geológicos, considerando también como un factor formador del suelo.

El relieve entre sus características se encuentra una que es muy importante que es la pendiente, ya que esta modifica las condiciones del suelo tales como el drenaje, la infiltración, la profundidad, la susceptibilidad a la erosión, el cumulo de materiales, etc., afectando por lo tanto el desarrollo y la evolución del perfil en el tiempo, su grado de utilidad agrícola y su clasificación. (MAGA, 2004)

### **b. Pendiente**

La pendiente se refiere a la relación entre el cambio en distancia horizontal de dos puntos en el terreno y su respectivo cambio en distancia vertical, de manera que esto determina el grado de inclinación de la superficie del terreno.

Para que la recarga hídrica se lleve a cabo el agua proveniente de la precipitación debe permanecer el mayor tiempo posible sobre la superficie del suelo a efecto de que esta se infiltre y pueda ser almacenada temporalmente o no dentro del mismo.

## **G. Geología**

Geología es la ciencia que estudia la tierra, su composición, su estructura, los fenómenos de toda índole que en ella tienen lugar, y su pasado, mediante los documentos que de él han quedado en las rocas. Según (Escobar, 2003), la geología es la ciencia que estudia el planeta tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su

historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos. La unidad de tiempo en geología es el millón de años.

### **a. Tipo de rocas**

Las rocas son agregados naturales que están formadas por minerales que en su estado sólido presentan un patrón atómico y/o molecular ordenado y tridimensional. Los minerales son sustancias inorgánicas con características definidas de color, brillo, dureza, estructura cristalina, composición química, simetría espacial, relación tridimensional de ejes, etc. El ciclo de las rocas, el magma se transforma en rocas ígneas y de estas pueden generarse sedimentos, rocas sedimentarias o rocas metamórficas. Las rocas ígneas y sedimentarias dan origen a las rocas metamórficas y estas al magma. En general las rocas por su origen se clasifican en: ígneas, metamórficas y sedimentarias.

### **b. Porosidad de las rocas**

La porosidad de las rocas es la porción del volumen total de una roca no ocupada por material mineral sólido, donde estos espacios pueden ser ocupados por agua y/o aire. Dichos espacios se conocen como poros o intersticios. Los intersticios se caracterizan por su tamaño, forma, irregularidad y distribución. Los intersticios pueden ser primarios, son los que se forman con la roca y secundarias, que se desarrollan después de la formación de la roca (fracturas, grietas de disolución, etc.).

La permeabilidad de las rocas depende directamente de su porosidad, es decir, de los espacios huecos que puedan existir entre los elementos que la integran, y que de estos huecos estén comunicados entre sí. Son rocas muy permeables, las arenas, las gravas y las calizas fisuradas; algo menos permeables los aluviones, en los que la arena y grava están mezcladas con arcillas, y las areniscas, según su grado de cementación. Son rocas

impermeables, las arcillas, las margas, las pizarras y las rocas eruptivas cuando no están fracturadas. (Matus Silva, 2007)

#### **H. Cobertura vegetal**

Disminuye la escorrentía superficial, permitiendo mayor contacto del agua con la superficie y facilitando el proceso de infiltración del agua por medio de una red radical provocada por la planta en el suelo, por otro lado gran parte de la lluvia que cae es depositada en la cobertura vegetal como intersección haciendo de que en ciertos casos mayor parte del agua se quede en la cobertura vegetal cayendo poco a poco al suelo e infiltrándose de una mejor manera; en este factor es necesario considerar la profundidad radicular y la capacidad de retención vegetal.

#### **I. Uso de la tierra**

Según (MAGA, 2006), la cobertura vegetal concierne a la vegetación natural que proporciona una cobertura al suelo y que puede o no estar utilizada por el hombre (pastos, bosques y humedales), y el uso de la tierra concierne al hombre y el uso que este le está dando al suelo para su provecho, principalmente la agricultura.

Es importante considerar que el uso del suelo es dinámico por la actividad antrópica y que un mapa sobre este tema representa un período establecido de tiempo (determinado por la fecha de toma del producto del sensor remoto utilizado y la comprobación de campo). Por lo tanto, el mapa en sí constituye una imagen tridimensional que representa: a) el cultivo y/o cobertura natural, b) la superficie que ocupa y c) el tiempo en que lo ocupa.

El uso de la tierra puede definirse como cualquier aplicación humana hacia el recurso tierra. El manejo del uso de la tierra es básicamente un asunto de gobierno e incluye la administración, definición y hasta cierto punto el establecimiento de determinados usos dentro de ciertos límites de la tierra. La necesidad del manejo de la tierra se explica mediante

dos factores: la apremiante escasez del recurso tierra per cápita y los efectos negativos de los usos de la tierra más allá de un potencial sostenible fuera de su propio ambiente en tiempo y espacio.

## **J. Escurrimiento**

El agua que cae proveniente de las precipitaciones forma flujos superficiales, subsuperficiales y subterráneos los cuales son captados por los cauces de los ríos, provocando un escurrimiento ya que se encuentra en movimiento y son dirigidos por la topografía del lugar hacia un área en específico.

### **2.2.4 Cuenca**

El proyecto de desarrollo forestal de la Sierra de los Cuchumatanes -MAGA-(PRODEFOR, 1996), define la cuenca como el área recolectora de un punto de interés (toma de agua, presa, boca de río, etc.) de una red de drenaje. También es el total del área que es drenada por un río o riachuelo, aguas arriba de su desembocadura u otro punto de interés.

Cuenca definida también como el área en la cual el agua que cae por la precipitación se une para formar un curso de agua principal y esta llega al mismo punto de desembocadura. En forma más técnica se puede definir como el área drenada por un río o una serie de ríos. Es un área natural en donde habitan hombres, animales y plantas habiendo una interacción entre sí, es un área mínima de estudio.

### 2.2.5 Cuenca hidrográfica

Para la Unidad de Normas y Regulaciones (MAGA-UNR, 2000), la cuenca hidrográfica es el espacio territorial limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en el que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal que se integra al mar, lago u otro río más grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica en donde se sigue la divisoria de las aguas “divortium aquarum”. Los límites están de manera clara marcados y normalmente no corresponden con límites administrativos u otros límites.

Para (Hernández, 1997), las cuencas hidrográficas son las unidades del territorio donde se combina un sistema hídrico productor de agua, un sistema económico y social activado por el hombre, el capital, el trabajo y la tecnología y que las dificultades operativas en la aplicación del manejo de cuencas radica entre otras razones, porque las instituciones no han sido diseñadas para aplicar enfoques integrales, hay intereses políticos entre comunidades, la inestabilidad de las políticas gubernamentales y por la falta de una política de incentivos. Es importante concluir que para lograr la integralidad y continuidad de las acciones a nivel de manejo de cuencas se deben establecer planes a largo plazo, y que los programas y proyectos sean derivados desde las propias comunidades.

### 2.2.6 Subcuenca

Para la Unidad de Normas y Regulaciones (MAGA-UNR, 2000), es importante conocer que la subcuenca es como la división de una cuenca. Usualmente cuando se habla de cuenca, se habla de la cuenca total en donde se usa como el punto de terminación de la cuenca, el punto donde la red de drenaje entra al mar o a un río principal. Mientras la subcuenca está determinada por puntos donde se unen Ríos o puntos como presas, tomas de agua, etc. La cuenca puede ser formada por varias subcuencas y esto depende de la definición del punto de interés o estudio.

### 2.2.7 Microcuenca

Para la Unidad de Normas y Regulaciones (MAGA-UNR, 2000), este es un término usado para definir subcuenca que generalmente no excede un tamaño determinado. El tamaño puede estar definido por la capacidad institucional de manejar un área.

### 2.2.8 Cuenca hidrogeológica o hidrológica

Comprende el drenaje superficial y la percolación del agua subterránea. La determinación de la cuenca hidrogeológica está basada en criterios como la topografía y la geología.

#### A. Línea divisoria o parte aguas

Es el parteaguas o la línea divisoria entre cuencas, subcuencas y microcuencas, no es más que los límites determinados por las partes más altas del área y separan la dirección del flujo de la escorrentía superficial. Esta definición aplica a cuencas hidrográficas, ya que para las cuencas hidrogeológicas la zona o área llamada el parteaguas, está determinado por las formaciones geológicas del área de estudio.

#### B. La cuenca como un sistema

Según (Ramakrishna, 1997), la cuenca es como un sistema, la cual es conformada por componentes biofísicos (agua, suelo, etc.) biológicos (flora y fauna) y antropocéntricos (socioeconómicos, culturales e institucionales), que están todos interrelacionados y en equilibrio entre sí, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema.

Sin embargo, para (Cabrera, 1988), los principales problemas derivados por la acción del hombre en las cuencas hidrográficas por el mal manejo de los recursos naturales son: a) Erosión y pérdida de suelos; b) Erosión y compactación; c) Desequilibrio en el régimen hídrico; d) Sedimentación; e) Deforestación; f) Pérdida del patrimonio natural; y g) Problemas sociales. El último mencionado es uno de los más importantes ya que con la identificación de los problemas ayuda a definir las causas y los efectos, esto como base para plantear las estrategias operativas a nivel de proyectos, las cuales deben ser económicamente viables y socialmente aceptables. En general, todos los componentes deben verse y tratarse de manera conjunta, puesto que la cuenca es un sistema dinámico y complejo.

### **2.2.9 Funciones de la cuenca**

Dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos, cuyas funciones se describen a continuación:

#### **A. Función hidrológica**

Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos, almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración, descarga del agua como escurrimiento. De la misma manera que le dan el uso a cada una de las aguas dentro de la cuenca.

#### **B. Función ecológica**

Provee de espacios para las viviendas de los seres humanos, así como para la producción de alimentos. Provee una diversidad de hábitats y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua. Provee de hábitat

para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua.

### **C. Función ambiental**

Constituyen sumideros de CO<sub>2</sub>; alberga bancos de germoplasma; regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos; conserva la biodiversidad; mantiene la integridad y la diversidad de los suelos; conserva la variedad genética tanto de la flora como de la fauna; etc.

### **D. Función socioeconómica**

Suministra los recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población. Así como da un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

#### **2.2.10 Sistema de clasificación de cuencas**

Las cuencas son manejadas dependiendo del criterio del evaluador, pero en el cual uno de los más comunes en el manejo es por su dimensión espacial que deben de tener las cuencas. Según (Campos, 1992), propone una clasificación de cuencas siguiendo una base por la magnitud de la misma, en el cuadro siguiente se muestra la clasificación según su magnitud en km<sup>2</sup>.

Cuadro 15. Clasificación de cuencas hidrográficas según su tamaño.

<b>Tamaño de la cuenca (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Descripción</b>
<25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia – pequeña
500 a 2500	Intermedia – grande
2500 a 5000	Grande
>5000	Muy grande

**Fuente:** Campos, 1992.

## 2.3 MARCO REFERENCIAL

### 2.3.1 Población de la microcuenca de río Azul

Para el aspecto demográfico se realizó una proyección de la población según los datos obtenidos del censo nacional de 2002 por el Instituto Nacional de Estadística -INE-. Se ubicaron los centros poblados que conforman la microcuenca del río Azul, en el cuadro siguiente se tiene la proyección para el año 2018.

Cuadro 16 Proyección de población por poblado dentro de la microcuenca de río Azul.

Municipio	Poblado	Categoría política	Población 2002	Porcentaje	Población 2018	Tasa de crecimiento %
Santa María Nebaj	Xonca	Aldea	330	29	476	2.32
	Cocob	Caserío	84	7	121	2.32
	Río Azul	Caserío	613	54	885	2.32
	El Paraíso	Aldea	100	9	144	2.32
Total			1127	100	1627	

Fuente: elaboración propia, 2018.

Según los datos Censo Nacional del año 2002 por el Instituto Nacional de Estadística –INE-, los poblados que se encuentran dentro de la microcuenca del río Azul conforman una población de 1,127 habitantes, y se encuentran distribuidos en 4 comunidades. En el cuadro de arriba se puede observar la distribución de habitantes por comunidad para el año 2002, datos obtenidos del Censo Nacional 2002, para el año 2018 se realizó una proyección con una tasa de crecimiento del 2.32 % proporcionada por el INE para lo cual dio una población de 1,627 habitantes.

### **2.3.2 Localización y extensión territorial de la microcuenca del río Azul**

La microcuenca del río Azul pertenece a la cuenca del río Xacbal de la vertiente del Golfo de México, se encuentra ubicada en la parte norte del departamento de Quiché, en el municipio de Santa María Nebaj donde su cabecera municipal se encuentra en una latitud norte de 15° 24' 15" y longitud de 91° 08' 52".

La microcuenca del río Azul cuenta con un área territorial de 17.60 km<sup>2</sup>, obteniendo un total de 1,760 ha, la mayor parte de la microcuenca se encuentra concentrada en el municipio de Santa María Nebaj.

### **2.3.3 Vías de acceso**

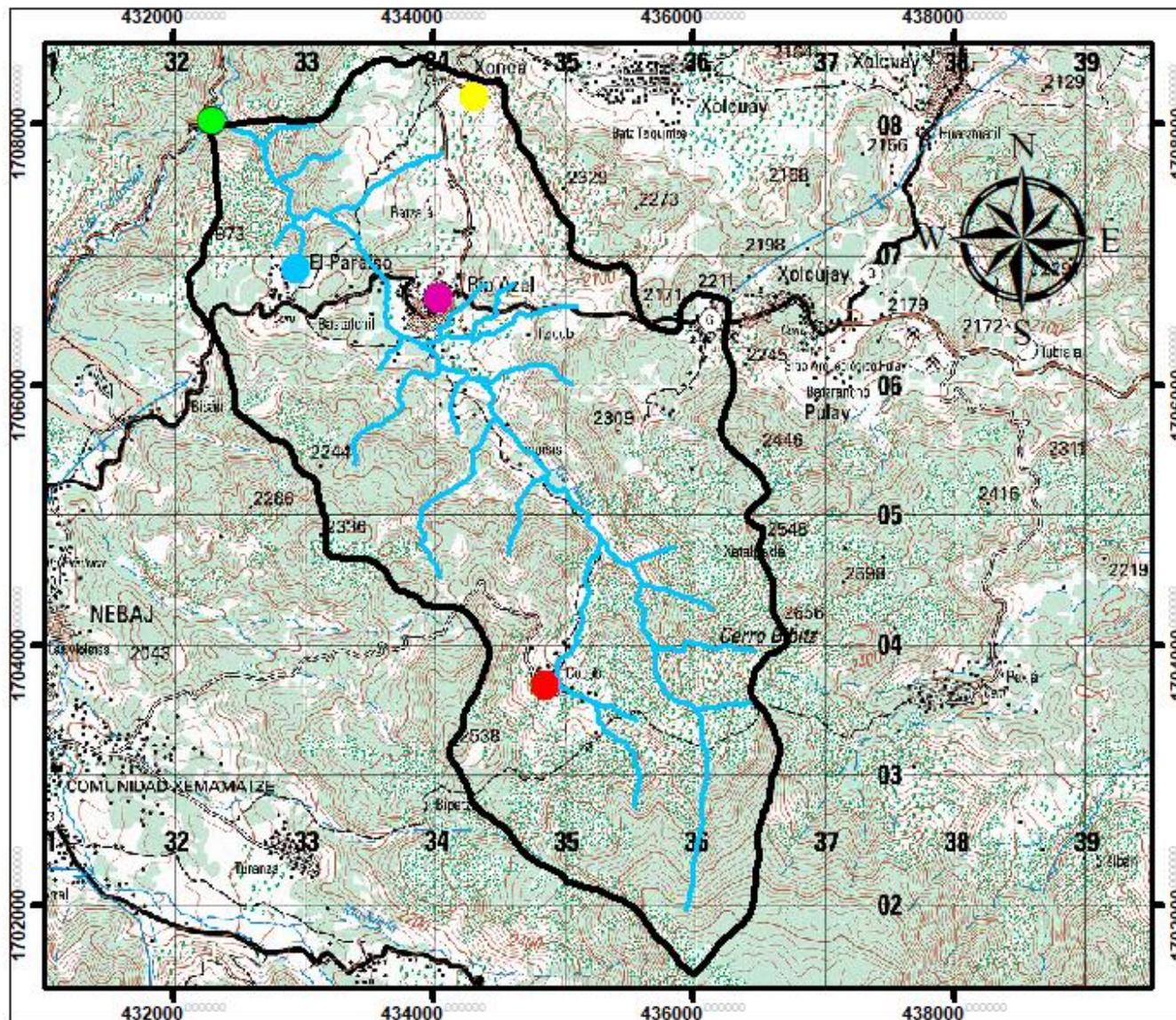
Las vías de acceso hacia el municipio de Nebaj desde la ciudad capital son: tomando la ruta interamericana -CA1- hacia Los Encuentros, luego se toma la ruta hacia el departamento de Quiché cruzando el municipio de Chichicastenango sobre la ruta nacional 15, luego dirigiéndose hacia el municipio de Sacapulas sobre la misma ruta, finalmente se cruza hacia el municipio de Santa María Nebaj ruta nacional 7w.

Otra opción de ruta de acceso que se puede tomar desde la ciudad capital hacia el municipio de Nebaj es por la carretera Jacobo Árbenz Guzmán, hacia el cruce de El Rancho para tomar la ruta nacional CA14, al llegar al cruce de Santa Cruz Verapaz en el departamento de Alta Verapaz se toma la ruta nacional 7w hacia Santa María Nebaj cruzando por los municipios Uspantán y Chicamán.

#### **2.3.4 Centro poblados de la microcuenca del río Azul**

En el área de que abarca la microcuenca del río Azul se encuentra integrada por 4 comunidades siendo estas las siguientes Xonca, Cocob, Río Azul y El Paraíso. En el Programa Conjunto Ixil –PCIXIL- solamente son consideradas las comunidades de Xonca y Cocob.

En la figura siguiente se puede observar el mapa base de la microcuenca del río Azul, el cual muestra las ubicaciones de los centros poblados antes mencionados, de la misma manera se puede observar la delimitación del área de estudio.



## BOLETÍN PC - IXIL

programa de desarrollo rural integral



### LEYENDA

- Punto de Aforo
  - Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)
  - Ríos
- Comunidad**
- Cocob
  - Río Azul
  - El Paraíso
  - Xonca

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

Metros

1:50,000

Elaborado por:  
 Victor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 16. MAPA BASE DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



### **2.3.5 Colindancias de la microcuenca del río Azul**

La microcuenca del río Azul se encuentra en el departamento de Quiché, en el municipio de Santa María Nebaj, a nivel departamental se encuentra en colindancia en la parte Suroeste con Alta Verapaz y Baja Verapaz; entre la parte este con Chimaltenango; parte Oeste con Huehuetenango, Sololá y Chimaltenango; y por último toda la parte norte del departamento de Quiché se encuentra en colindancia con el país vecino México. Dentro del nivel municipal la microcuenca del río Azul se encuentra colindante en la parte suroeste con el municipio de Chajul y Cotzal, y en la sur con Cunén, la parte Oeste con Aguacatán municipio de Huehuetenango y la mayor parte de la microcuenca es perteneciente del municipio de Nebaj.

## 2.4 OBJETIVOS

### 2.4.1 General

Determinar el potencial de recarga hídrica de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal, departamento de Quiché.

### 2.4.2 Específicos

1. Determinar el potencial de recarga hídrica mediante una adaptación del modelo metodológico propuesto por Matus Silva, basada en condiciones de suelo, geología, agua y planta.
2. Validar el modelo metodológico de Matus Silva a través de su comparación con dos metodologías distintas para la identificación de zonas de recarga hídrica.
3. Proponer lineamientos generales de manejo de los recursos naturales para las áreas de recarga hídrica identificadas.

## 2.5 METODOLOGÍA

Para la realización de la presente investigación la metodología utilizada es una adaptación del modelo propuesto por Matus Silva, en el país de Nicaragua, para la determinación de zonas potenciales de recarga hídrica. Esta metodología considera variables de pendiente, geología, velocidad de infiltración, textura del suelo, uso del suelo y cobertura vegetal, descritas a profundidad más adelante.

Para la validación del modelo generado por Silva, se implementaron dos metodologías distintas para la determinación del potencial de recarga hídrica, aplicables a Guatemala en la subcuenca de los ríos Taco y Shusho (García Álvarez, 2009), siendo estas: 1) identificación áreas críticas de recarga de acuíferos (CARAS, por sus siglas en inglés) y, 2) protocolo metodológico para mapa de áreas de muy alta recarga hídrica, con base a las categorías establecidas por el Ministerio de Alimentación, Ganadería y Agricultura –MAGA-. Estas dos metodologías consideran características de información geográfica disponible a una escala semidetallada, así como, la reducción del número de variables utilizadas (capas temáticas) y la modificación de las matrices de ponderación para las diferentes variables para Guatemala.

### 2.5.1 Modelo propuesto por Matus Silva

Para la identificación de zonas potenciales para una recarga hídrica, se partió de la ecuación desarrollada por (Matus Silva, 2007), la cual fue establecida y validada para el país de Nicaragua. Este modelo considera cinco variables con sus ponderaciones respectivas. El modelo propuesto es el siguiente:

$$\mathbf{ZR = 0.27 (Pendiente) + 0.23 (Tipo de Suelo) + 0.12 (Geología) + 0.25 (Cobertura Vegetal) + 0.13 (Uso del suelo)}$$

Donde:

ZR: zona con susceptibilidad a la recarga hídrica.

Pendiente: el resultado obtenido con base a la realización del mapa de pendientes.

Tipo de Suelo: formula implementada de  $((\text{textura} + \text{velocidad de infiltración}) / 2)$

Geología: resultado que se obtiene de las hojas geológicas a escala 1:50,000.

Cobertura Vegetal: el resultado que se obtiene en porcentaje (%) del suelo cubierto por vegetación permanente.

Uso del Suelo: resultado obtenido del mapa de "cobertura vegetal y uso del suelo" (0.27, 0.23, 0.12, 0.25, 0.13, son los valores que representan la importancia relativa de cada una de las variables).

Para la ponderación de variables del modelo anterior se basó en el documento guía de "Áreas críticas de recarga de acuíferos", en el cual las matrices utilizadas para la ponderación de variables y parámetros de clasificación son propuestas por el departamento de ecología del estado de Washington, Estados Unidos como se muestra en los cuadros siguientes.

Cuadro 17. Designaciones de permeabilidad del suelo basadas en estudios de suelos.

Descripción condensada	Descripción de la encuesta de suelos	Permeabilidad (in/hr)	Permeabilidad (cm/seg)	Clasificación
<b>Muy lento</b>	Muy lento	<0.06	<.00453	0
<b>Lento</b>	Lento	0.06-0.20	.00453-.0141	1
	Moderadamente lento	0.20-0.60	.0141-.0423	
<b>Moderadamente</b>	Moderadamente	0.60-2.0	.0423-.1411	2
	Moderadamente rápido	2.0-6.0	.1411-.4233	
<b>Rápido</b>	Moderadamente rápido	6.0-20	.4233-1.411	3
	Muy rápido	>20	>1.411	

Fuente: tomada y traducida al español de la guía de desarrollo de ordenanzas del área de recarga de acuíferos, 2000.

Cuadro 18. Designación de matriz geológica (de Fetter, 1980 – Freeze and Cherry, 1979).

Descripción condensada	Matriz geológica	Permeabilidad (cm/seg)	Clasificación
<b>Muy lento</b>	Roca ígnea o metamórfica no fracturada, pizarra	$10^{-9}$ - $10^{-13}$	0
	Arcilla marina, arcilla, arenisca densa, hardpan	$10^{-7}$ - $10^{-9}$	
<b>Lento</b>	Loess, glacial till, roca ígnea o metamórfica fracturada	$10^{-5}$ - $10^{-8}$	1
	Limo, arenas arcillosas, basalto desgastado	$10^{-3}$ - $10^{-7}$	
<b>Moderado</b>	Arenas limosas, arenas finas, basalto permeable	$10^{-1}$ - $10^{-4}$	2
	Arenas limpias, piedra caliza kárstica	$10^0$ - $10^{-1}$	
<b>Rápido</b>	Arena y grava	$10^1$ - $10^0$	3
	Grava	$10^2$ - $10^{-1}$	

Fuente: tomada y traducida al español de la guía de desarrollo de ordenanzas del área de recarga de acuíferos, 2000.

Cuadro 19. Infiltración (precipitación-ETP).

Descripción condensada	Infiltración (in)	Calificación
<b>Muy bajo</b>	0-1	0
<b>Bajo</b>	1-3	1
<b>Moderado</b>	3-9	2
<b>Alto</b>	>9	3

Fuente: tomada y traducida al español de la guía de desarrollo de ordenanzas del área de recarga de acuíferos, 2000.

Cuadro 20. Profundidad del agua.

Descripción condensada	Profundidad del agua (ft)	Clasificación
<b>Muy bajo</b>	Acuífero confinado	0
	>50	
<b>Bajo</b>	25-50	1
<b>Moderado</b>	10-25	2
<b>Alto</b>	0-10	3

**Fuente:** tomada y traducida al español de la guía de desarrollo de ordenanzas del área de recarga de acuíferos, 2000.

De igual manera se consideró la clasificación para el potencial de recarga de acuíferos, basado en los resultados obtenidos de los cuadros anteriores, quedando establecida para fines de la presente investigación la siguiente ponderación:

Cuadro 21. Ponderación de zonas potenciales a recarga de acuíferos.

Bajo potencial	Moderado potencial	Alto potencial
0-3	4-7	8-12

**Fuente:** tomada y traducida al español de la guía de desarrollo de ordenanzas del área de recarga de acuíferos, 2000.

Con base a lo anterior y el modelo generado, su aplicación se comprende en las siguientes fases secuenciales:

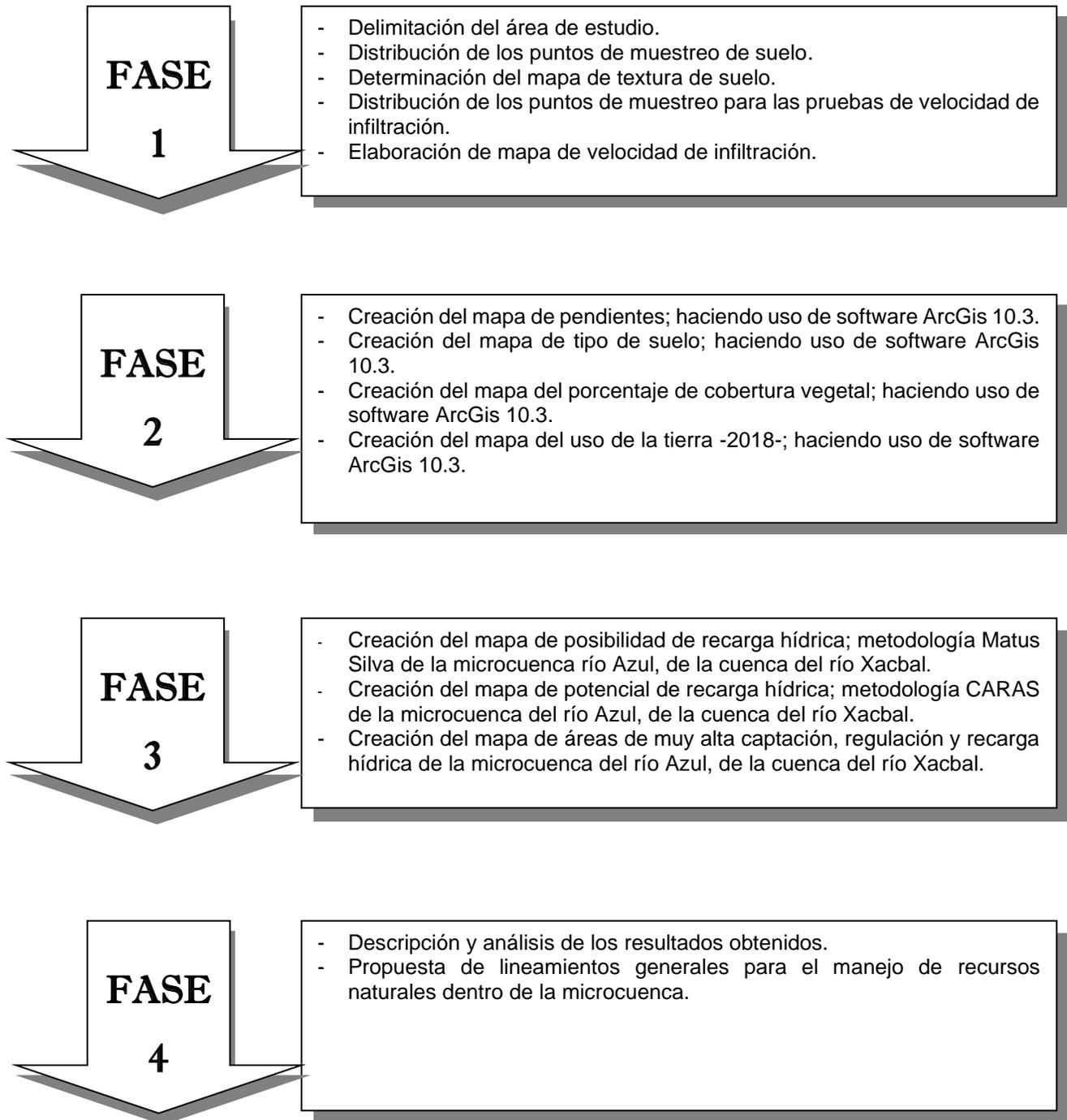


Figura 17. Fases metodológicas para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica.

Fuente: elaboración propia, 2018.

### **2.5.2 Fase 1 campo**

En la fase 1 consistió en la preparación y el procesamiento de la información recopilada (parte de gabinete), para obtener los datos y herramientas necesarias para la elaboración y ejecución del trabajo de investigación.

#### **A. Delimitación del área de estudio**

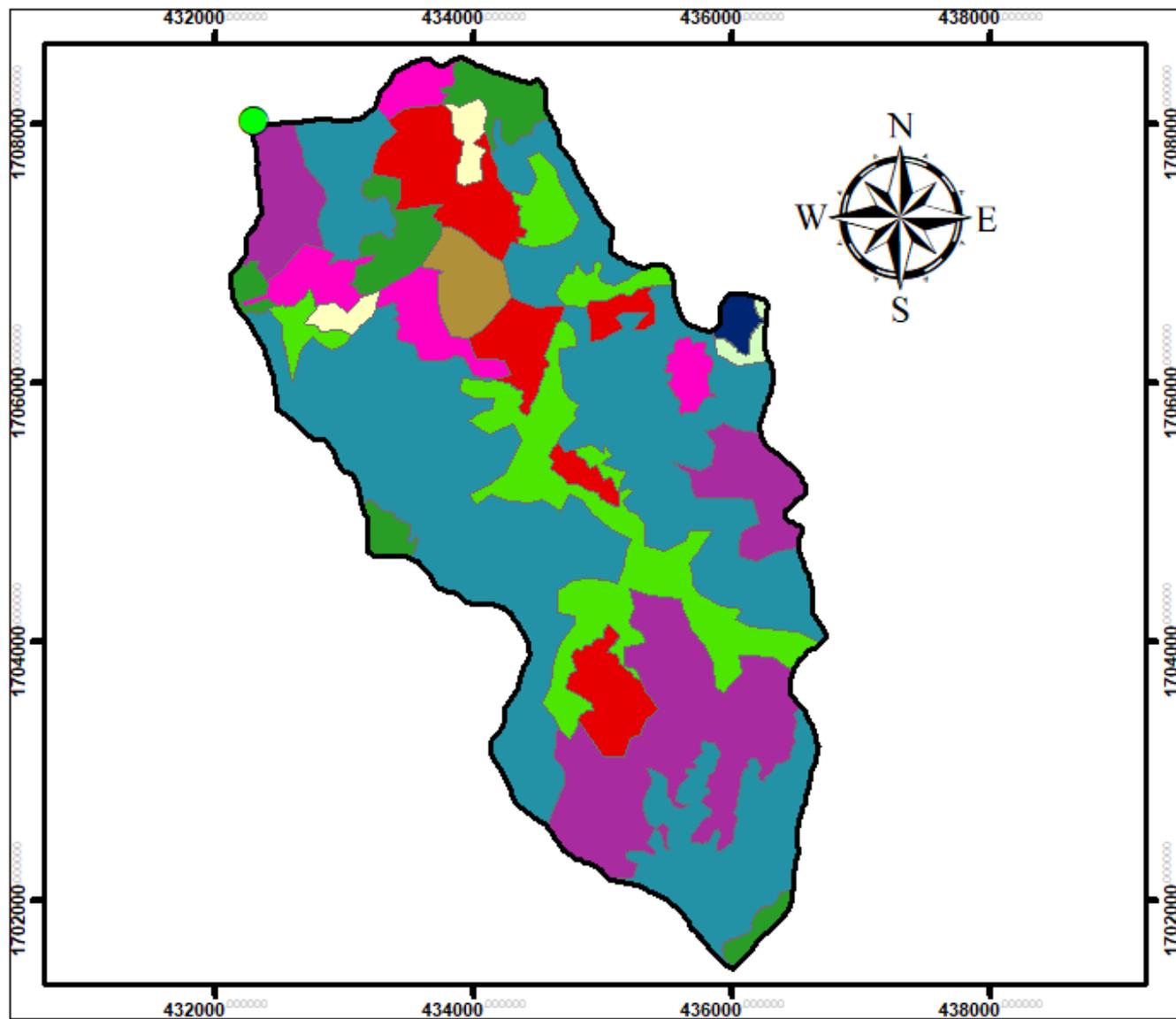
Como primer paso se realizó la delimitación del área de estudio, se obtuvo el área en kilómetros cuadrados y perímetro en kilómetros, haciendo uso del modelo digital del terreno a escala 1:50,000 generado por el MAGA y, las hojas cartográficas del área en estudio, haciendo uso del Software ArcGis 10.3.

#### **B. Distribución de los puntos de muestreo de suelos**

Para la realización del mapa de unidades de muestreo se consideraron los factores de pendiente, uso de la tierra -2018- y geología. El Instituto Nacional de Bosques (INAB, 2003) e (Illescas, 1974), estipulan que existe una estrecha relación entre el tipo de suelos, la textura y la velocidad de infiltración.

Partiendo de dicho criterio antes mencionado, la distribución y ubicación de los puntos de muestreo para la determinación de la clase textural y la elaboración de las pruebas de velocidad de infiltración, serán a partir del mapa de tipo de suelos generado por el MAGA y el mapa de cobertura forestal 2010 generado por el INAB. Tomando en cuenta que se excluirán las áreas que corresponden a los centros poblados dentro del área, ya que son consideradas áreas que no aportan recarga hídrica a los mantos freáticos por la estructura que tiene en su superficie.

En la figura siguiente se puede observar que se cuentan con 10 unidades de muestreo las cuales se estarán describiendo en el cuadro 8, en el mapa de unidades de muestreo de la microcuenca de río Azul se consideraron los rangos de pendiente en porcentajes, así como el uso actual del suelo.



**BOLETÍN PC - IXIL**  
 programa de desarrollo rural integral

### LEYENDA

● Punto de Aforo

**Área**  
 17.6 Km<sup>2</sup>

**Unidad de Muestreo**

<span style="color: magenta;">■</span> 1	<span style="color: darkblue;">■</span> 4	<span style="color: purple;">■</span> 7	<span style="color: limegreen;">■</span> 10
<span style="color: green;">■</span> 2	<span style="color: brown;">■</span> 5	<span style="color: yellow;">■</span> 8	
<span style="color: blue;">■</span> 3	<span style="color: lightgreen;">■</span> 6	<span style="color: red;">■</span> 9	

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

Metros

## 1:50,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 18. MAPA DE UNIDADES DE MUESTREO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



Cuadro 22. Descripción de la leyenda de la figura 18. mapa de las unidades de muestreo del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

Unidad de muestreo	Descripción de unidad de muestreo	Rango de porcentaje de pendiente (%)	ha	Km <sup>2</sup>	Porcentaje de área (%)
1	Bosque mixto denso	0-6	90.19	0.90	5.13
2	Bosque mixto denso	6-15	91.14	0.91	5.18
3	Bosque mixto denso	15-45	820.33	8.20	46.64
4	Centro poblado rural	0-6	11.16	0.11	0.63
5	Centro poblado rural	6-15	36.32	0.36	2.06
6	Centro poblado rural	15-45	7.83	0.08	0.44
7	Pastos naturales	15-45	297.92	2.98	16.94
8	Tierras cultivo anual	0-6	22.75	0.23	1.29
9	Tierras cultivo anual	6-15	162.22	1.62	9.22
10	Tierras cultivo anual	15-45	218.99	2.19	12.45
Total				17.60	100

Fuente: elaboración propia, 2018.

En la figura anterior donde se encuentra el mapa de unidades de muestreo establecidas, siendo estas 10 unidades de las cuales, la unidad de muestreo 4 (bosque mixto denso) con rango de pendiente de 15 % a 45 % abarca un 46.64 % del área total de la microcuenca, mientras que la unidad 6 (centro poblado rural) con rango de pendiente 15 % a 45 %, solamente ocupa el 0.44 % del área total de estudio, siendo esta el más “bajo”. Así mismo se pueden observar el resto de los puntos de muestreo para la realización de las pruebas respectivas.

Una vez ubicados los puntos de muestreo partiendo del mapa tipo de suelos (geología) y cobertura forestal, con la ayuda de un Sistema de Posicionamiento Global -GPS- tipo navegador, se ubicó y recolectó una muestra de suelo por cada punto. Para ello existen una serie de pasos a seguir para la recolección de las muestras, siendo estos los siguientes:

1. Identificar cada sitio de donde se sacará la muestra;

2. Limpieza del área eliminando la cobertura vegetal u hojarasca que existe en la parte superior;
3. Luego hacer un hoyo cuadrado o en forma de "V" del ancho de la pala de 30 cm a 50 cm. de profundidad, entre más profundo mejor;
4. Cortar una porción de 1.50 cm de la pared alrededor del hoyo y se retira la mayor parte de la muestra con la hoja de la pala; cada muestra de suelo debe incluir tierra de toda la profundidad de muestreo para obtener una homogeneidad del área; y
5. Llevar las muestras a nivel de laboratorio, para la obtención de los resultados respectivos para las clases texturales, porciones de arena, arcilla y limo;

Al obtener los resultados de laboratorio de las muestras de suelo, se procedió a realizar el mapa de clases texturales del suelo, haciendo uso del Software ArcGis 10.3, cumpliendo con el tercer producto de la fase 1.

### **C. Distribución de los puntos de muestreo para las pruebas de velocidad de infiltración**

Para la realización de las pruebas de velocidad de infiltración, se consideraron los mismos puntos de muestreo de suelo, esto con el fin de obtener una homogeneidad en el número de pruebas a realizar. Para dichas pruebas se utilizó la metodología del infiltrómetro de doble anillo o anillos de Munz (Ibañez Asensio, Moreno Ramón, & Blanquer, 2010), implementándose de la siguiente manera:

#### **D. Elección de la ubicación de los anillos**

La fiabilidad de los datos a obtenidos se debe en gran medida a la idoneidad del lugar elegido para su aplicación. Ya que los aspectos más relevantes y considerados en relación con la ubicación de los anillos fueron los siguientes:

1. Lugar representativo del área a estudiar.
2. Se evitó ubicar los anillos en zonas compactadas. Debido a que los terrenos compactados por vehículos o personas presentan una tasa de infiltración menor que las zonas adyacentes (sobre todo en los suelos de textura fina). Ni tampoco sobre grietas de expansión-contracción o, en suelos demasiados ricos en arcillas.
3. La tasa de infiltración es particular para cada horizonte del suelo, asumiéndose homogénea en todo el espesor del mismo. En suelos con varios horizontes de características diferentes, el paso del frente húmedo de un horizonte a otro quedará reflejado en la tasa de infiltración medida con el infiltrómetro.

#### **E. Colocación del instrumento infiltrómetro de doble anillo**

Dicha operación se realizó sin alterar o perturbar la porosidad del suelo, puesto que estos factores son determinantes en la capacidad de absorción de los suelos, y muy múltiples y fáciles de modificar. Para ello se tuvo los siguientes pasos:

1. Se colocaron los anillos sobre la ubicación elegida comprobando que no quedaran piedras ni raíces bajo el filo de ninguno de los ellos que puedan deformar los aros con facilidad.
2. Para ajustar los anillos al suelo se utilizó un mazo o martillo que golpeé sobre un taco de madera. El anillo interior debe hundirse como mínimo 10 cm del exterior a la mitad.

3. Se cercioró que el cilindro interior estuviera totalmente centrado del anillo exterior.

Una observación para este proceso es, los anillos ladeados o que no han sido introducidos de forma homogénea presentan mayor riesgo de sufrir fugas de agua, tanto el anillo exterior como el interior. Por lo que deben llegar hasta un mínimo de 10 cm de profundidad para evitar en mayor medida el drenaje lateral.

#### **F. Llenado de agua**

1. Ajustados los anillos al suelo se comenzó a llenar cuidadosamente de agua ambos anillos, empezando siempre por el exterior. Resulta muy conveniente y es adecuado “tapizar” el suelo de al menos, el anillo central con arena gruesa, grava o algún tipo de plástico. De esta forma se evita que el impacto directo del agua sobre el suelo desnudo provoque la desagregación de las partículas y el sellado de los poros.
2. Se comprobó que no existieran fugas de agua provocadas por la presencia de piedras o raicillas alrededor, para evitar malas lecturas para el análisis correspondiente de los resultados.

#### **G. Toma de medidas (lectura)**

1. Se mantuvo el mismo nivel del agua en el interior de ambos anillos. Como norma general el llenado inicial no tuvo que sobrepasar los 10 cm, y tampoco dejar que el nivel descendiera a menos de 5 cm.
2. Si el nivel en el anillo exterior es mayor que en cilindro central, el agua puede penetrar desde el suelo produciéndose errores de lectura.

3. Se aconseja realizar las medidas a intervalos regulares de tiempo de descenso de la lámina de agua en el interior del cilindro; de este modo es más fácil identificar cuándo la tasa de absorción permanece constante (recomendables intervalos de 2 min).
4. Una vez se alcanza la tasa de infiltración constante es aconsejable continuar las medidas hasta tener la absoluta certeza de que el agua está circulando por un mismo horizonte.

Debido a la elevada variabilidad de los suelos y a los posibles errores asociados al método, fue necesario realizar más de una medida; en cualquier caso, para estar seguros de que todos resultados de las pruebas fueran correctos se contrastaron con otras propiedades del suelo determinantes del movimiento del agua en el suelo (textura, la estructura, el contenido en materia orgánica, etc.).

Por último, cabe señalar que la tasa de infiltración pudo sufrir variaciones estacionales como consecuencia de cambios en la composición del agua o en su temperatura, en el crecimiento de la vegetación, etc.

En siguiente figura se puede observar el esquema de utilización del doble anillo de Munz para la realización de las pruebas de infiltración en las unidades de muestreo ubicadas dentro de la microcuenca del río Azul.

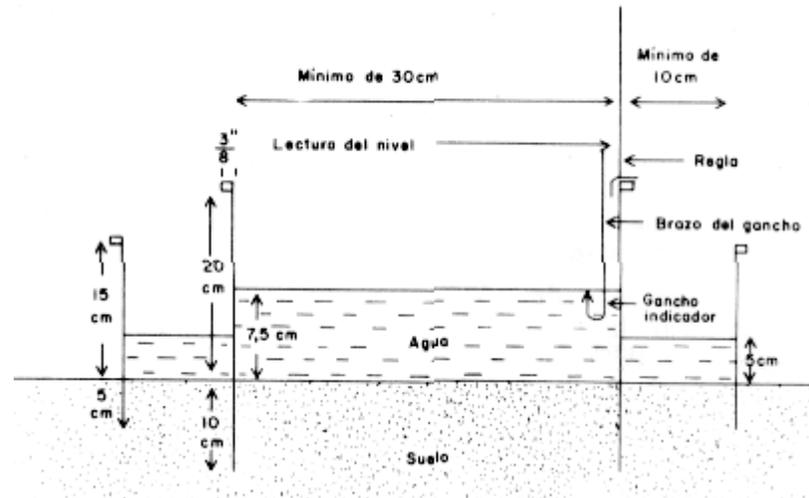


Figura 19. Esquema de utilización de infiltrómetro de doble anillo o anillos de Munz.

**Fuente:** Universidad Técnica de Valencia departamento de producción vegetal, 2010.

Al obtener los resultados de las pruebas de infiltración recolectadas en campo, se procedió a realizar el mapa de velocidad de infiltración, haciendo uso del Software ArcGis 10.3, cumpliendo con el último producto de la fase 1.

### 2.5.3 Fase 2 gabinete

Al obtener los datos de campo y laboratorio se analizaron y procesaron utilizando el software ArcGis 10.3, mediante los modelos raster y los principios de álgebra de mapas para el cálculo de los parámetros morfométricos de la microcuenca. Con ello se generaron una serie de mapas que fueron evaluados con las matrices propuestas por Silva, haciendo una modificación para la evaluación en el país. La serie de mapas a realizar para su evaluación son los mapas de 1) pendientes, 2) tipo de suelo, 3) geología, 4) cobertura vegetal y 5) uso del suelo, así mismo se consideran las validaciones o verificaciones de dichos mapas en campo.

### A. Mapa de pendientes y micro relieve

El mapa de pendientes se obtuvo de la generación de los parámetros de relieve a partir del modelo de elevación digital (MED) del terreno a escala 1:50,000, elaborado por el MAGA. Los resultados se clasificaron y ponderaron en base a la matriz indicada en el cuadro 9.

Cuadro 23. Matriz de ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de porcentaje de pendiente y el micro relieve.

Micro relieve	Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Plano a casi plano, con o sin rugosidad	0 – 6	Muy alto	5
Moderadamente ondulado o cóncavo	6 – 15	Alto	4
Ondulado / cóncavo	15 – 45	Moderado	3
Escarpado	45 – 65	Bajo	2
Fuertemente escarpado	> 65	Muy bajo	1

Fuente: Matus Silva, 2007.

El cuadro anterior se muestra la ponderación que se le asigna a cada una de las pendientes presentes en el área de estudio para luego ser evaluadas en la fase final.

### B. Mapa de tipo de suelo

Para la elaboración de estos mapas se consideraron los mapas realizados con anterioridad siendo (mapa de textura de suelos y velocidad de infiltración), debido a esto se hace referencia de que son dos importantes características del suelo que intervienen en la recarga hídrica.

### C. Mapa de texturas de suelo

Para la elaboración del mapa de texturas de suelo, se tomaron los datos resultantes de las muestras recolectadas en campo, las cuales se compararon en conjunto. Luego de determinar la textura se ponderaron de acuerdo con la matriz siguiente.

Cuadro 24. Matriz de ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según se textura.

Clase Textural	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelos franco-arenosos a arenoso, con tamaño de agregados o partículas de gruesos a medios, con muy rápida capacidad de infiltración (más de 25 cm/h).	Muy alto	5
Suelos francos, con partes iguales de arena, limo y arcilla, con rápida capacidad de infiltración (12.7 cm/h a 25 cm/h).	Alto	4
Suelos franco-limosos, con partículas de tamaño medio a finas, con moderada a moderadamente rápida capacidad de infiltración (2 cm/h a 12.7 cm/h).	Moderado	3
Suelos franco-arcillosos, combinación de limo y arcilla, con partículas finas, suelos pesados, con muestras de compactación, con lenta a moderadamente lenta capacidad de infiltración (0.13 cm/h a 2 cm/h).	Bajo	2
Suelos arcillosos, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy lenta capacidad de infiltración (menos de 0.13 cm/h).	Muy bajo	1

Fuente: Matus Silva, 2007.

#### D. Mapa de velocidad de infiltración

Al obtener los datos colectados en campo del muestreo de velocidad de infiltración del suelo, se realizó los cálculos necesarios para la ponderación, basándose en la ecuación de capacidad de infiltración dada por el método de Porchet. Dicha ecuación es la siguiente:

$$f = \left( \frac{R}{2(t_2 - t_1)} \right) \times \text{Ln} \left( \frac{2h_1 + R}{2h_2 + R} \right)$$

Donde:

- f: Velocidad de infiltración en cm/h
- R: Radio del agujero en cm.
- t<sub>2</sub>: Tiempo 2 en horas.
- t<sub>1</sub>: Tiempo 1 en horas.
- h<sub>1</sub>: Altura de la columna de agua en el tiempo 1.
- h<sub>2</sub>: Altura de la columna de agua en el tiempo 2.
- Ln: Logaritmo natural.

Cuadro 25. Matriz de clasificación y ponderación según su velocidad de infiltración.

Infiltración básica (cm/hr)	Posibilidad de recarga	Ponderación
>25	Muy alto	5
12.7 - 25.0	Alto	4
2.0 - 12.7	Moderada	3
0.13 – 2.0	Bajo	2
< 0.13	Muy bajo	1

Fuente: adaptación. (García Alvarez, 2009)

Una vez realizada la ponderación de la textura de suelo y de la velocidad de infiltración, se procesó el mapa de tipo de suelo, basándose en los valores obtenidos de la textura de suelo y la velocidad de infiltración. Obteniendo un valor promedio de ambos resultados haciendo uso de la siguiente fórmula:

**Tipo de suelo: valor ponderado “Textura” + valor ponderado “Velocidad de infiltración”**

2

El resultado de este análisis fue el mapa de tipo de suelo, siendo sus valores aplicados a la ecuación general para la determinación de zonas de recarga hídrica.

### E. Mapa geológico

Este mapa se generó en base al mapa a nivel nacional a escala 1:50000, generado por el Instituto Geográfico Nacional –IGN- y actualizado por el MAGA. Los resultados obtenidos se clasificaron según sus características geológicas, considerando el nivel de permeabilidad al agua que podía presentar. La clasificación se hizo en base a la matriz siguiente:

Cuadro 26. Matriz de ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca.

Tipo de roca	Posibilidad de recarga	Ponderación	Geología IGN 1:50000
Rocas muy permeables, muy suaves, constituidas por cristales o agregados gruesos, con macroporos interconectados; por ejemplo, arena gruesa, piedra pómez, grava o cascajo.	Muy alto	5	Qal, Tmpa
Rocas permeables, suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros interconectados; por ejemplo, arena fina o arenisca con poca cementación.	Alto	4	KTi
Rocas moderadamente permeables, semisuaves, con regular conexión entre poros.	Moderado	3	Qp, Tmpb
Rocas poco permeables, un poco duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, con presencia de fracturas interconectadas; por ejemplo, la combinación de gravas con arcillas.	Bajo	2	Tvmt, Psr

Tipo de roca	Posibilidad de recarga	Ponderación	Geología IGN 1:50000
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy Bajo	1	Otros
_____	Ninguna	0	Cuerpos de Agua

**Fuente:** Matus Silva, 2007. \* Adaptación (García Alvarez, 2009) y consideraciones dadas por INAB (2005).

Los valores obtenidos de este mapa fueron considerados en la ecuación general para la determinación del potencial de las zonas de recarga hídrica, de acuerdo con su valor e importancia.

#### F. Mapa de cobertura vegetal

Se considera como cobertura vegetal, toda aquella área de suelo cubierta por vegetación permanente. Para este caso se consideró como vegetación permanente los bosques de coníferas, bosques latifoliados, arbustos y matorrales. Se utilizó el mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, actualizado al 2010 por el INAB.

El porcentaje de cobertura se calculó para cada unidad de mapeo, en base a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cobertura} = (\text{área con cobertura permanente} / \text{área Unidad provisional de mapeo}) * 100$$

Los resultados obtenidos se ponderaron en base a la matriz de clasificación siguiente:

Cuadro 27. Matriz de ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.

Cobertura (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
> 80	Muy alto	5
70 – 80	Alto	4
50 – 70	Moderado	3
30 – 50	Bajo	2
< 30	Muy bajo	1

Fuente: Matus Silva, 2007.

De la aplicación de la matriz del cuadro anterior, al porcentaje de cobertura del suelo, se obtuvo los valores ponderados necesarios para la aplicación de la ecuación general de zonas de recarga hídrica –ZDRH-.

### G. Mapa de uso de la tierra

Para esta investigación se utilizó el mapa de uso de la tierra generado y actualizado al año 2006 por INAB, su ponderación fue por medio de la aplicación de la matriz siguiente (cuadro siguiente):

Cuadro 28. Matriz de ponderación para la posibilidad de recarga hídrica según el uso de la tierra.

Equivalente mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra 2006	Uso del suelo (Matus, 2007)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Plantaciones forestales Bosques naturales: conífero, latifoliado y mixto.	Bosques con 3 estratos: árboles, arbustos y hierbas o zacate denso	Muy alto	5

Equivalente mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra 2006	Uso del suelo (Matus, 2007)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Café, cítricos, aguacate, mango, frutales deciduos, banano, otros frutales	Sistemas agroforestales o silvopastoriles	Alto	4
Granos básicos, mosaico de cultivos con prácticas de conservación de suelos, matorrales.	Terrenos cultivados con obras de conservación de suelos	Moderado	3
Granos básicos, mosaico de cultivos sin prácticas de conservación de suelos.	Terrenos agropecuarios sin obras de conservación de suelos	Bajo	2
Hortalizas, melón, sandía, pastos cultivados, pastos naturales.	Terrenos agropecuarios con manejo intensivo	Muy bajo	1
Centros poblados, aeropuertos, cementerios, cuerpos de agua, playa/arena	_____	Ninguna	0

**Fuente:** adaptación (García Álvarez, 2009). Clasificación hecha en base a las categorías de uso presentadas por MAGA, 2003.

#### 2.5.4 Fase 3. Procesamiento de datos

##### A. Elaboración del mapa de fuentes de agua ubicadas en las partes altas de cuencas y áreas de muy alta recarga hídrica que abastecen a cabeceras departamentales y municipales

Para la elaboración de este mapa, se utilizó el mapa a nivel nacional generado en una consultoría por el MAGA en el año 2017. Obteniendo como base un modelo a escala 1:50,000 del área de estudio sobre las áreas de muy alta recarga hídrica.

## B. Determinación de zonas potenciales de recarga hídrica

Una vez obtenidos todos los valores de la ponderación para cada una de las variables, se procedió a la aplicación del modelo generado (es decir a la suma de los valores de todas las capas, utilizando el modelo raster como base para el geoprocesamiento), para la determinación del potencial y clasificación de las zonas de recarga hídrica.

$$\mathbf{ZR = 0.27 \text{ (pendiente)} + 0.23 \text{ (tipo de suelo)} + 0.12 \text{ (geología)} + 0.25 \text{ (cobertura vegetal)} + 0.13 \text{ (uso del suelo)}}.$$

Dichos resultados fueron ponderados de acuerdo con la matriz siguiente:

Cuadro 29. Matriz de ponderación final para utilización en la ecuación de Matus Silva según el uso de suelo adaptado a Guatemala.

Posibilidad de recarga	Valores resultantes
Muy alto	4.10 - 5.00
Alto	3.50 - 4.09
Moderado	2.60 - 3.49
Bajo	2.00 - 2.59
Muy bajo	0.79 - 1.99*

**Fuente:** Matus Silva, 2007. \* Rango modificado (García Alvarez, 2009). Para incluir la variación de los valores causada por las modificaciones.

Los resultados obtenidos para cada unidad de mapeo resultante (celda) fueron comparados y reclasificados en base a lo planteado en el cuadro 7, para luego elaborar el mapa de zonas con mayor potencial de recarga hídrica dentro del área de estudio.

#### **2.5.5 Fase 4 análisis de resultados**

En esta fase se realizó el Informe final con resultados sobre las zonas potenciales a la recarga hídrica en la microcuenca del río Azul y su análisis de la utilización del modelo generado para Guatemala en base al modelo metodológico propuesto por Matus Silva.

De igual manera y para responder a uno de los objetivos específicos de la investigación, se realizó la comparación de dicho modelo con dos metodologías distintas, aplicadas a Guatemala, como proceso de validación para el mismo.

Metodología 1. Posibilidad de recarga hídrica metodología Matus Silva de la microcuenca río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

Metodología 2. Potencial de recarga hídrica; metodología CARAS de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

Metodología 3. Áreas de muy alta captación, regulación y recarga hídrica de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

## 2.6 RECURSOS Y MATERIALES

### 2.6.1 Materiales de oficina (trabajo de gabinete)

- Hojas de papel bond de 80gr.
- Tinta negra para impresiones.
- Lapiceros y lápices.
- Impresora.
- Computadora.
- Modem de Internet.
- Archivos municipales y/o comunitarios.

### 2.6.2 Materiales de campo

- Libreta de campo.
- Mapa de ubicación del municipio.
- Boletas de campo (clase textural y pruebas de infiltración).
- Bolsas de papel (para muestras de suelos).
- Baldes o recipientes de agua de 20 L cada uno.
- Cinta adhesiva.
- Marcadores.

### 2.6.3 Equipo de campo

- Infiltrómetro de doble anillo (anillos de Munz).
- Navegador GPS.
- Regla de metal de al menos 30 cm.
- Cinta métrica.
- Cronómetro o reloj.
- Pala y azadón.
- Machete.
- Mazo de metal (martillo).

## 2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en la fase de campo y de gabinete de este documento de investigación. Cabe mencionar que la geología dentro de la microcuenca no tiene ningún cambio significativo debido que, dentro de la misma solamente se encontró un tipo de geología, siendo rocas sedimentarias.

### 2.7.1 Textura de suelo

En los resultados obtenidos del análisis físico de suelos por unidad de muestreo, se observa que la clase textural franco arcillosa se encuentra presente en cuatro unidades de muestreo abarcando un 85.25 % del área total de la microcuenca, siendo la clase textural con mayor presencia en el área. Seguida de la clase textural Franco, presente en 4 unidades, con el 12.70 %. Y por último la clase textural franco arenoso con el 2.70 %, presente en dos unidades de muestreo. En el cuadro 30 y 31 se muestra a detalle la información anterior.

Cuadro 30. Resumen de los resultados obtenidos en el análisis de suelos de las unidades de muestreo de la microcuenca del río Azul.

Identificación	Área de estudio		Porcentaje			Clase textural
	Km <sup>2</sup>	Porcentaje de área	Arcilla	Limo	Arena	
UM1	0.90	5.13	10.67	38.18	51.15	Franco
UM2	0.91	5.18	19.07	36.46	44.47	Franco
UM3	8.20	46.64	37.97	25.96	36.07	Franco arcilloso
UM4	0.11	0.63	14.87	33.98	51.15	Franco arenoso
UM5	0.36	2.06	8.57	28.06	63.37	Franco arenoso
UM6	0.08	0.44	19.07	30.16	50.77	Franco
UM7	2.98	16.94	35.87	31.88	32.25	Franco arcilloso
UM8	0.23	1.29	23.27	39.31	37.42	Franco
UM9	1.62	9.22	33.77	36.46	29.77	Franco arcilloso

Identificación	Área de estudio		Porcentaje			Clase textural
	Km <sup>2</sup>	Porcentaje de área	Arcilla	Limo	Arena	
UM10	2.19	12.45	35.87	38.56	25.57	Franco arcilloso
Total	17.60	100				

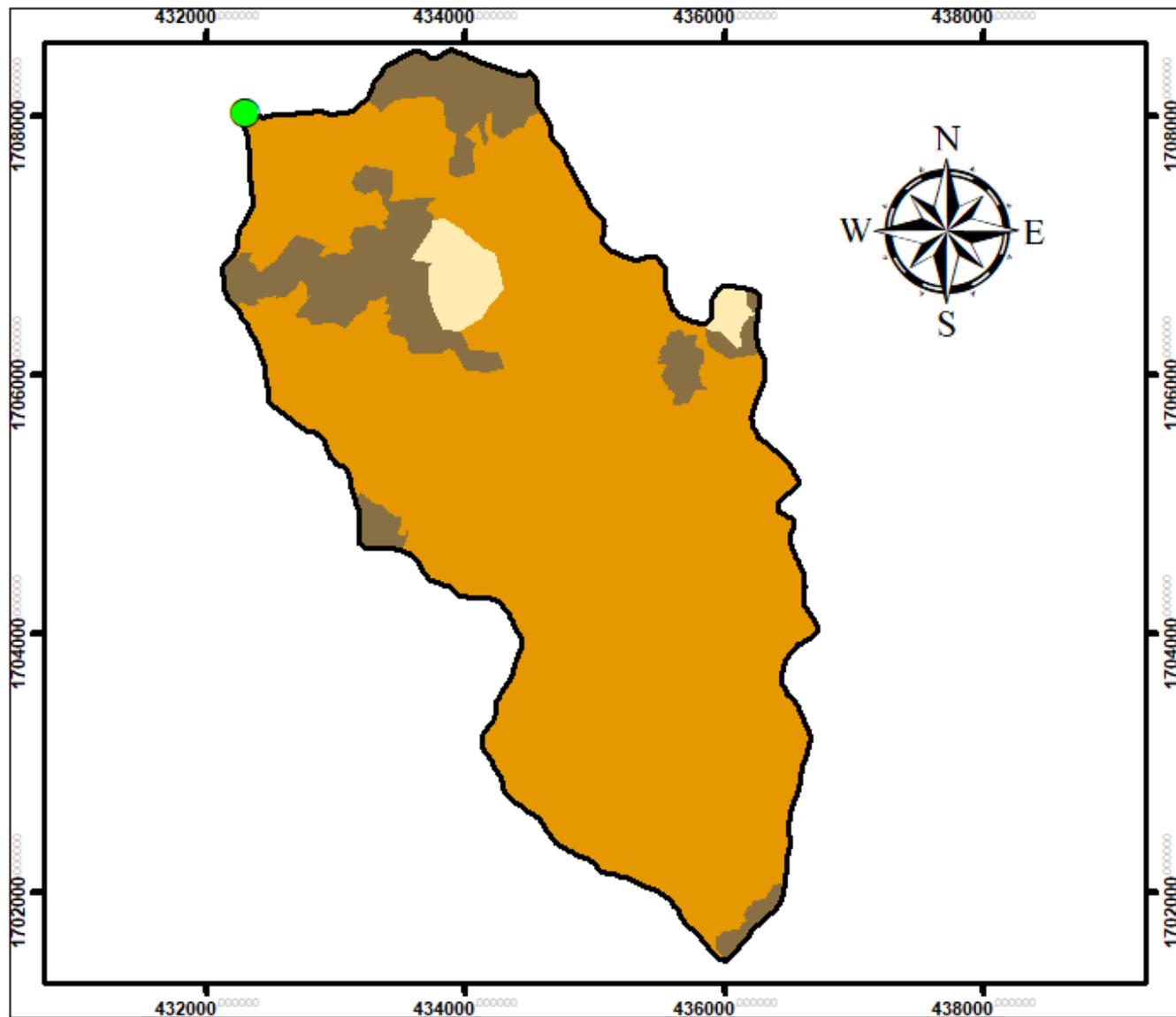
Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 31. Porcentaje de área determinada en el mapa de clase textural del suelo de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

Clase Textural	ha	Km <sup>2</sup>	Área total (%)
Franco	211.90	2.12	12.05
Franco Arcilloso	1499.47	14.99	85.25
Franco Arenoso	47.47	0.47	2.70
Total		17.60	100.00

Fuente: elaboración propia, 2018.

En base a dicha información se elaboró el mapa de clase textural de la microcuenca de río Azul de la cuenca del río Xacbal, mostrado en la figura 20.



**BOLETÍN PC - IXIL**  
 programa de desarrollo rural integral

### LEYENDA

- Punto de Aforo
- Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)

#### CLASE TEXTURAL DEL SUELO

- Franco
- Franco Arcilloso
- Franco Arenoso

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

Metros

## 1:50,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 20. MAPA DE CLASE TEXTURAL DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



## 2.7.2 Velocidad de Infiltración

Dentro de la microcuenca de estudio existe la descripción de muestreo de bosque mixto denso, con tres rangos de pendiente diferente. El rango de 15 % a 45 % presenta una tasa de infiltración de 43.20 cm/h, de 6 % a 15 % una tasa de infiltración del 34.80 cm/h y, de 0 % a 6 % una tasa de infiltración de 20.40 cm/h. En comparación con las unidades de muestreo de los centros poblados con los mismos rangos de pendiente, se tiene una tasa de infiltración de 1.20 cm/h, 9 cm/h y 1.80 cm/h respectivamente, siendo estas las tasas de infiltración más bajas.

Las tasas de infiltración media son las que se encuentran en las unidades de muestreo de pastos naturales y tierras de cultivo anual. Por tanto, queda evidenciado que las unidades de muestreo en un uso de bosque mixto denso son las que tienen una mayor tasa de infiltración a comparación de las otras.

En el cuadro 32 se pueden observar la tasa de infiltración utilizada para elaborar el mapa de velocidad de infiltración (cm/hora) de la microcuenca del río Azul

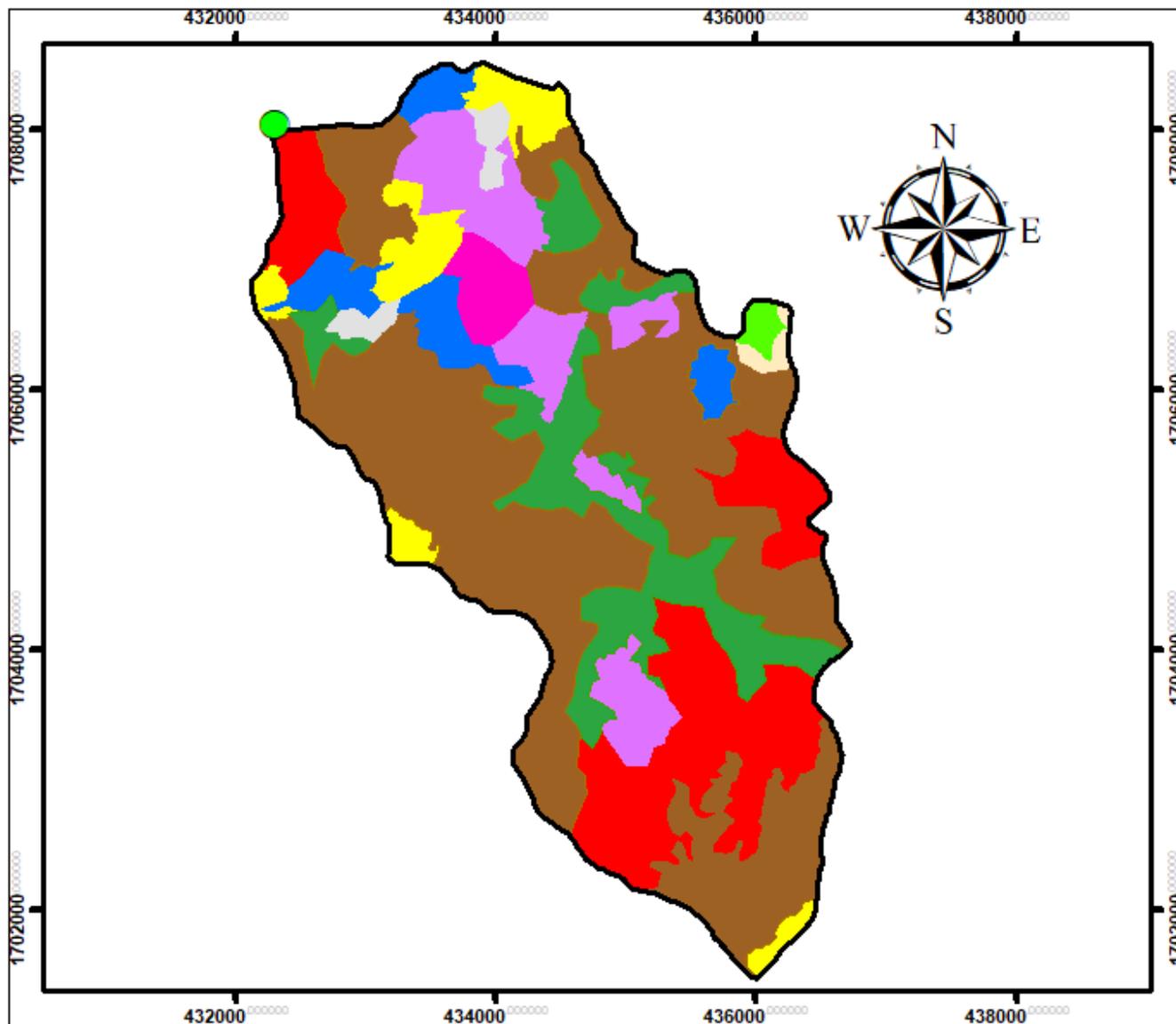
Cuadro 32. Datos en cm/hora y in/hora de velocidad de infiltración en cm/hora de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

No. Prueba de infiltración	Descripción de área muestreada	Rango de porcentaje de pendiente	Unidad de muestreo	Tasa de infiltración cm/h	Tasa de infiltración in/hora
1	Bosque mixto denso	0-6	1	20.4	8.03
2	Bosque mixto denso	6-15	2	34.8	13.70
3	Bosque mixto denso	15-45	3	43.2	17.01
4	Centro poblado rural	0-6	4	1.8	0.71
5	Centro poblado rural	6-15	5	9	3.54
6	Centro poblado rural	15-45	6	1.2	0.47
7	Pastos naturales	15-45	7	17.4	6.85
8	Tierra cultivo anual	0-6	8	12	4.72

No. Prueba de infiltración	Descripción de área muestreada	Rango de porcentaje de pendiente	Unidad de muestreo	Tasa de infiltración cm/h	Tasa de infiltración in/hora
9	Tierra cultivo anual	6-15	9	19.2	7.56
10	Tierra cultivo anual	15-45	10	19.8	7.80

**Fuente:** elaboración propia, 2018.

A través de dichos resultados se observa que la velocidad de infiltración (cm/h) dentro de la microcuenca, está en un rango de 1.20 cm/h a 43.20 cm/h, viéndose reflejado en el mapa de velocidad de infiltración en la figura 21.



**BOLETÍN PC - IXIL**  
 programa de desarrollo rural integral

**LEYENDA**

Punto de Aforo

Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)

**Velocidad de Infiltración cm/h**

1.2	17.4	34.8
1.8	19.2	43.2
9	19.8	
12	20.4	

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

Metros

1:50,000

Elaborado por:  
 Victor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 21. MAPA DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN EN CM/ HORA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



### 2.7.3 Tipo de suelo

Para la realización del mapa de tipo de suelo se utilizaron los datos obtenidos del mapa de clase textural (figura 20) y del mapa de velocidad de infiltración (figura 21). En base a estos datos se realizó la ponderación del mapa de clase textural con los parámetros de evaluación del cuadro; el mapa de velocidad de infiltración fue ponderado con los parámetros de evaluación del cuadro 10, estos resultados se muestran en el cuadro 32.

Al finalizar se ponderaron los datos en conjunto en cada unidad de muestreo, realizando así un promedio de ambos para la obtención del mapa de tipo de suelo (figura 22), la ecuación utilizada fue la siguiente:

$$\text{Tipo de Suelo: } \frac{\text{Valor ponderado "Textura"} + \text{Valor ponderado "Velocidad de Infiltración"}}{2}$$

2

En el cuadro 33 se ven las ponderaciones obtenidas de los resultados de los análisis físicos de suelo y las pruebas de infiltración.

Cuadro 33. Resultados para la obtención de mapa de tipo de suelo.

Descripción			Área de estudio			Ponderación		
Uso -2018-	Rango de porcentaje de pendiente	Unidad de muestreo	ha	km <sup>2</sup>	Porcentaje	Clase Textural	Velocidad de Infiltración (cm/h)	Tipo de suelo (promedio clase textural y velocidad de infiltración)
Bosque mixto denso	0-6	1	90.19	0.90	5.13	4	4	4

Descripción			Área de estudio			Ponderación		
Uso -2018-	Rango de porcentaje de pendiente	Unidad de muestreo	ha	km <sup>2</sup>	Porcentaje	Clase Textural	Velocidad de Infiltración (cm/h)	Tipo de suelo (promedio clase textural y velocidad de infiltración)
Bosque mixto denso	6-15	2	91.14	0.91	5.18	4	5	4.5
Bosque mixto denso	15-45	3	820.33	8.20	46.64	2	5	3.5
Centro poblado rural	0-6	4	11.16	0.11	0.63	5	2	3.5
Centro poblado rural	6-15	5	36.32	0.36	2.06	5	3	4
Centro poblado rural	15-45	6	7.83	0.08	0.44	4	2	3
Pastos naturales	15-45	7	297.92	2.98	16.94	2	4	3
Tierras cultivo anual	0-6	8	22.75	0.23	1.29	4	3	3.5
Tierras cultivo anual	6-15	9	162.22	1.62	9.22	2	4	3
Tierras cultivo anual	15-45	10	218.99	2.19	12.45	2	4	3
Totales			1758.8	17.60	100.00			

Fuente: elaboración propia, 2018.

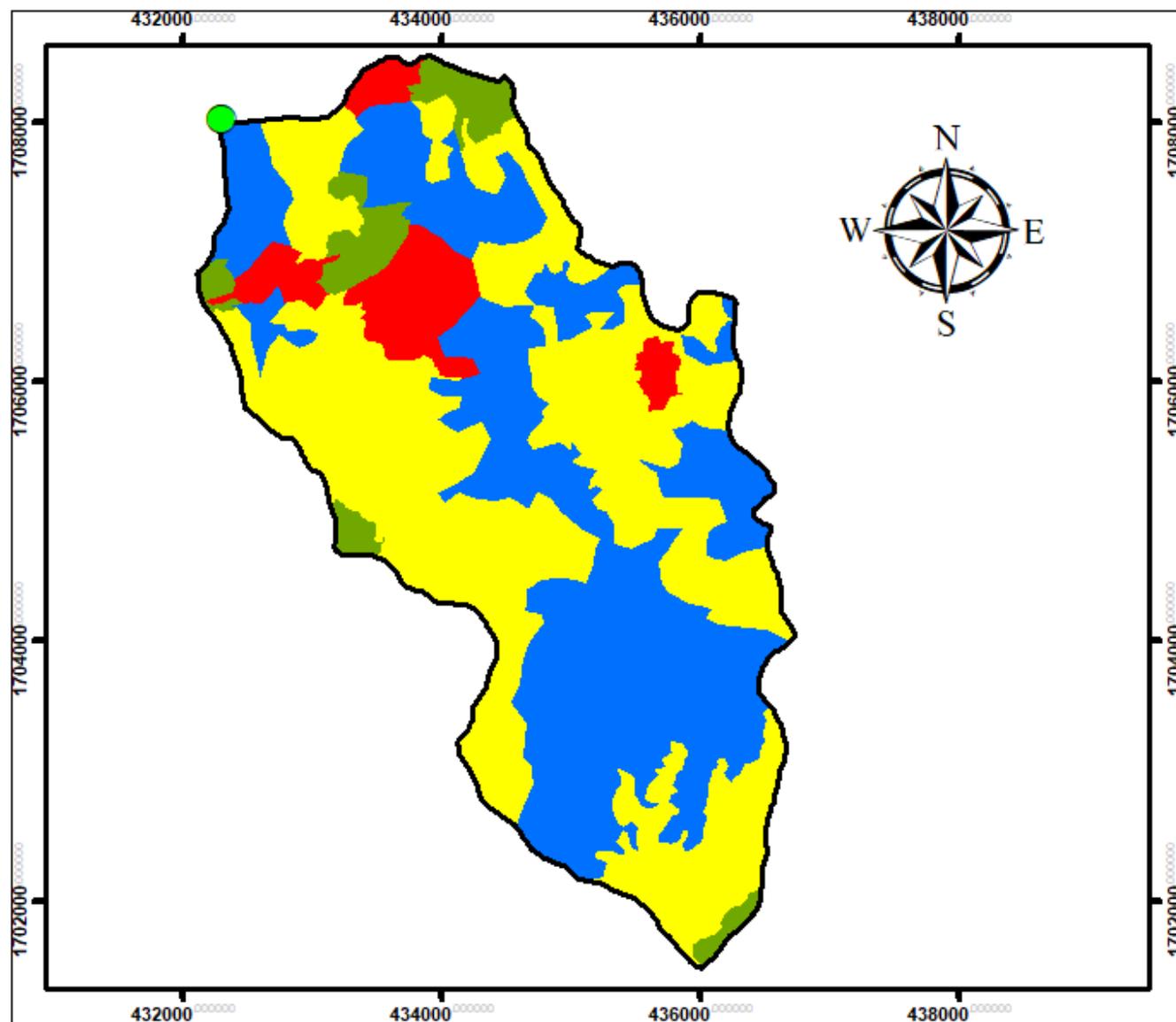
Los resultados obtenidos en el mapa de tipo de suelo se ven reflejados en el cuadro 33, donde se puede observar que una ponderación de 3.5 en el tipo de suelo tiene un espacio del 48.57 % del área de estudio, seguido de una ponderación de 3 con un 39.06 %, dejando con las clasificaciones más bajas a la ponderación de 4 y 4.5 con un área de 7.19 % y 5.18 % respectivamente.

En el cuadro siguiente se tiene el porcentaje de área según el tipo de suelo obtenido de los resultados de las pruebas de infiltración realizadas en campo y los resultados fisicoquímicos de los análisis de suelos de las muestras extraídas en campo, de estas dos ponderaciones se obtiene el tipo de suelo (figura 22).

Cuadro 34. Porcentaje de áreas del mapa de tipo de suelo (ponderación final) de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

<b>Clasificación de ponderación final de tipo de suelo</b>	<b>ha</b>	<b>Km2</b>	<b>Área por tipo de suelo (%)</b>
3	686.96	6.87	39.06
3.5	854.24	8.54	48.57
4	126.48	1.26	7.19
4.5	91.12	0.91	5.18
Total	1758.81	17.60	100.00

Fuente: elaboración propia, 2018.



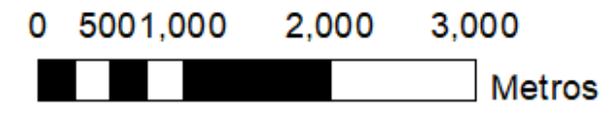
### LEYENDA

- Punto de Aforo
- Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)

**Ponderación Final del Tipo de Suelo**

3	4
3.5	4.5

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros



1:50,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 22. MAPA DE TIPO DE SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



#### 2.7.4 Mapa de pendientes.

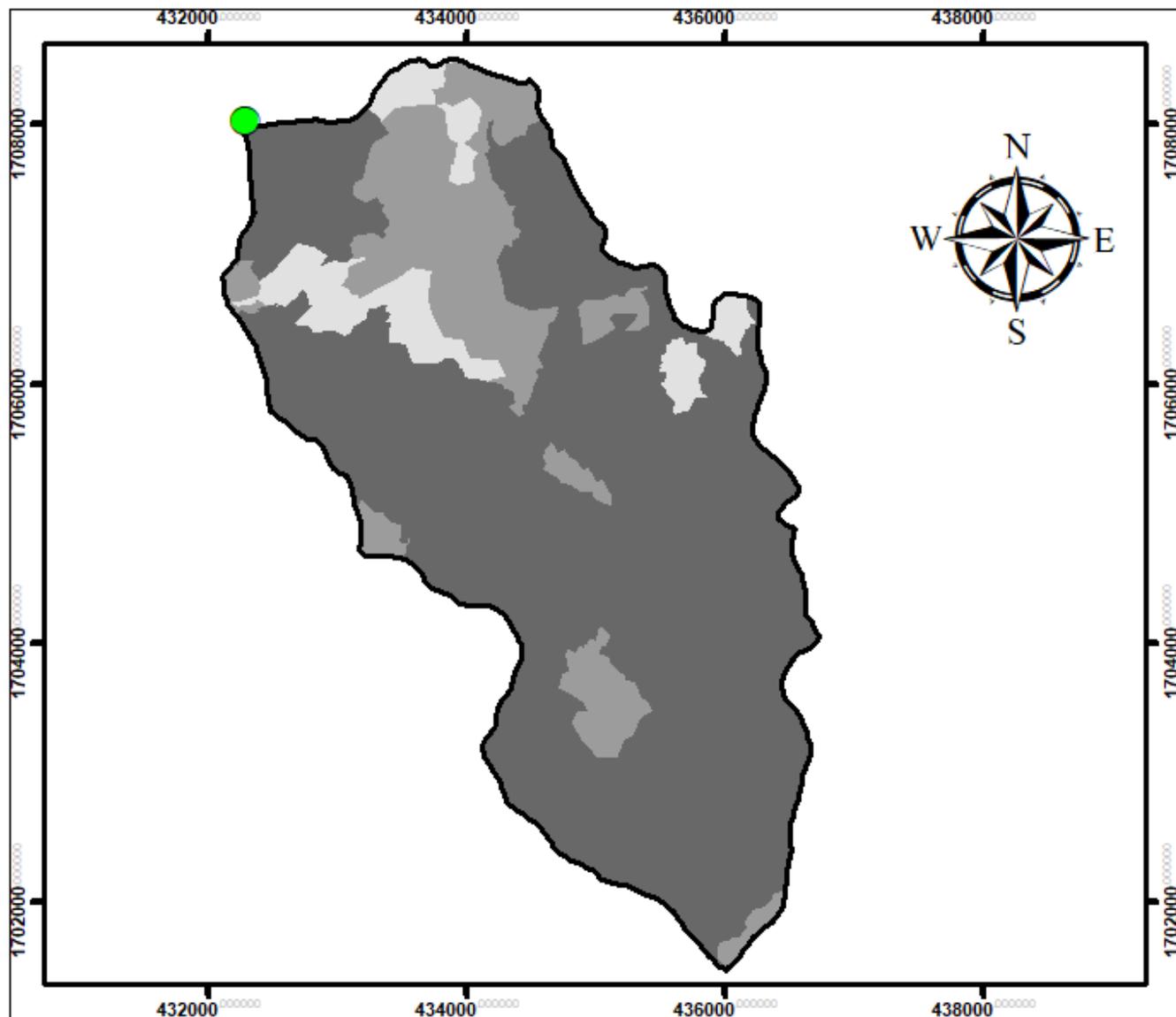
Dentro de la microcuenca del río Azul se puede observar que la mayor parte de la microcuenca tiene un rango de pendiente de 15 % a 45 %, seguido de un rango de pendiente 6 % a 15 % y por último un rango de 0 % a 6 %. La extensión de área por cada rango de pendiente es de 76 %, 16 % y 7 % respectivamente, mostrando así que la mayoría del área de la microcuenca presenta una pendiente bastante pronunciada.

Cuadro 35. Porcentaje de área de las pendientes dentro de microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

Rango de porcentaje de pendiente	ha	km <sup>2</sup>	Área (%)
0-6	124.10	1.24	7.06
6-15	289.68	2.90	16.47
15-45	1345.07	13.45	76.47
Total	1758.80	17.60	100

**Fuente:** elaboración propia, 2018.

En base a los datos obtenidos en el cuadro anterior, se puede observar en la figura 23 el mapa de porcentaje de pendiente y micro relieve de la microcuenca del río Azul, el cual tiene dentro de su clasificación de rangos tres diferentes.



**BOLETÍN PC - IXIL**  
 programa de desarrollo rural integral

### LEYENDA

- Punto de Aforo
- Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)

**RANGO DE PORCENTAJE DE PENDIENTE Y MICRORRELIEVE**

- 0-6
- 6-15
- 15-45

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

Metros

## 1:50,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 23. MAPA DE PORCENTAJE DE PENDIENTE Y MICRO RELIEVE DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**

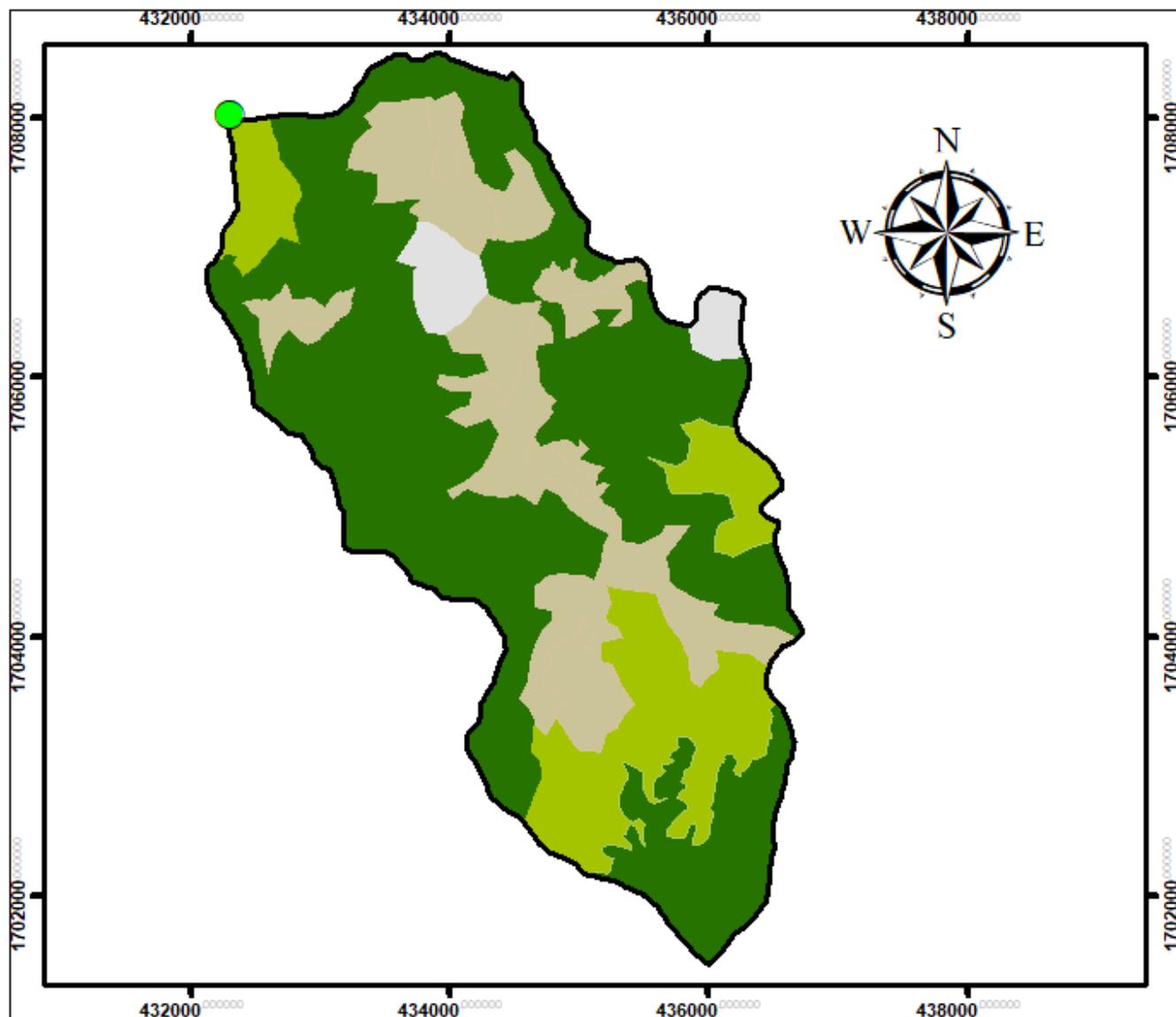


### 2.7.5 Mapa de cobertura vegetal

La microcuenca de río Azul cuenta con un potencial forestal ya que como se muestra en la figura 12, el 56.95 % del área de la microcuenca es abarcada por el bosque mixto denso, siendo el que mayor ocupación tiene dentro del área de estudio. Seguido por un 22.97 % de las tierras de cultivo anual, con el 16.94 % las áreas de pastos naturales y, por último, la categoría que menor área tiene es la de sin cobertura vegetal con un 3.14 % del área.

Es así como se puede observar que es un área donde la predominancia es el bosque natural debido a la irregularidad de las pendientes que existe dentro del área de estudio.

En la figura 24 se puede observar el mapa de porcentaje de cobertura vegetal de la microcuenca del río Azul.



**BOLETÍN PC - IXIL**  
 programa de desarrollo rural integral

### LEYENDA

- Punto de Aforo
- Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)

**% DE COBERTURA VEGETAL**

- 56.95 % Bosque Mixto Denso
- 3.14 % Sin Cobertura Vegetal
- 16.94 % Pastos Naturales
- 22.97 % Tierras de Cultivo Anual

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

Metros

## 1:50,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 24. MAPA DE PORCENTAJE DE COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**

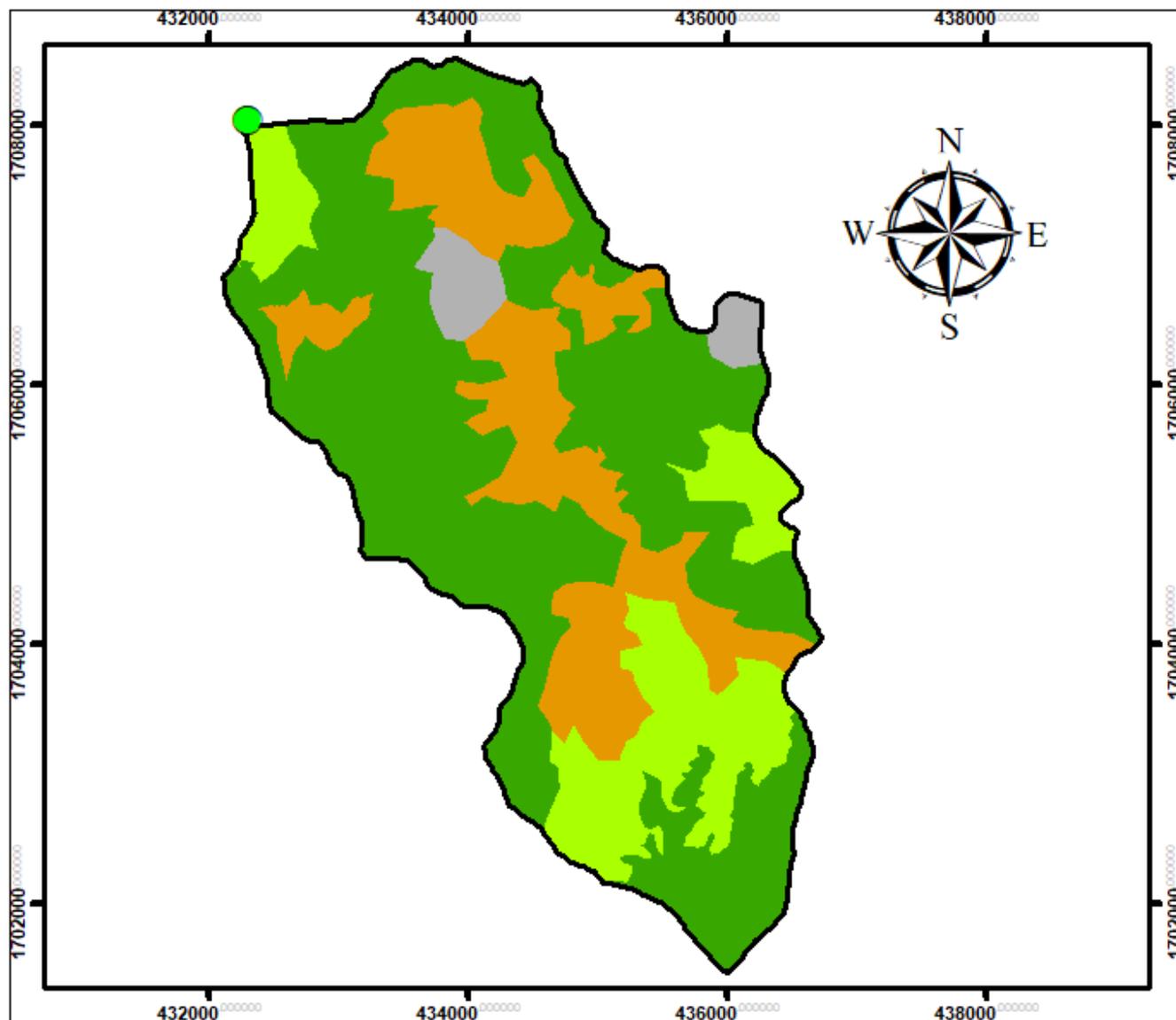


### 2.7.6 Uso de la tierra -2018- de la microcuenca del río Azul

La mayor parte de la microcuenca de río Azul muestra que tiene un alto uso forestal ya que su mayor parte de área la abarca lo que es bosque mixto denso con un 56.95 %, sin embargo, la frontera agrícola al transcurrir los años avanza ocupando el 22.97 % con tierras de cultivo anual (maíz, frijol, haba y papa). De otra manera se pueden observar en las últimas dos categorías y las más bajas, siendo pastos naturales y centro poblados rurales con un porcentaje de área de 16.94 y 3.14 en espacio, siendo así las de menor uso actual.

En la parte de bosque mixto denso es un área potencial utilizado por los pobladores de la microcuenca para la extracción de madera para construcción y para uso energético (uso de leña). Las tierras de cultivo anual son las que tienen el segundo porcentaje más alto dentro de la microcuenca, con producción de granos básicos (maíz y frijol) de subsistencia y en algunos pocos casos para su venta. Los pastos naturales dentro de la microcuenca son las áreas que se utilizan para pastoreos de ovejas, cabras y ganado de los mismos y, por último, el centro poblado rural.

Dicha información se muestra en la figura 24, del mapa de uso de la tierra -2018- en la microcuenca.



**BOLETÍN PC - IXIL**  
 programa de desarrollo rural integral

GUATEMALA Suecia Sverige

**LEYENDA**

- Punto de Aforo
- Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)

**USO DE LA TIERRA -2018-**

- 56.95 % Bosque Mixto Denso
- 3.14 % Centro Poblado Rural
- 16.94 % Pastos Naturales
- 22.97 % Tierras de Cultivo Anual

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000  
 Metros

**1:50,000**

Elaborado por:  
 Victor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia

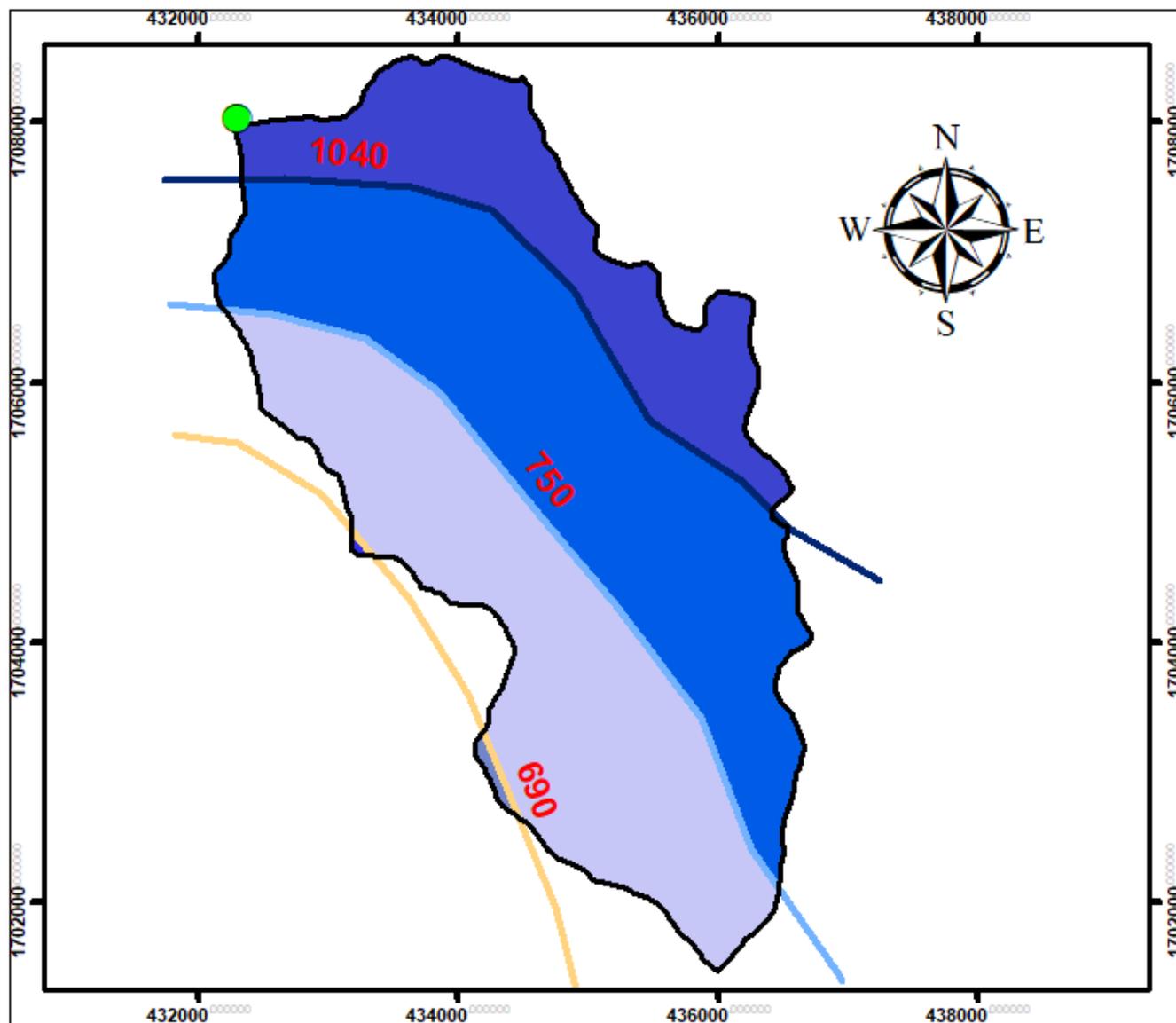
**FIGURA 25. MAPA DE USO DE LA TIERRA -2018- DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**

### 2.7.7 Balance hídrico

Por medio del balance hídrico realizado para el área de la microcuenca del río Azul se determinó que la recarga hídrica se encuentra en un rango de 682 mm a los 1,138 mm en toda la microcuenca, esto se debe a que la zona se encuentra dentro de las zonas de vida de bosque húmedo montano bajo subtropical y bosque muy húmedo montano bajo subtropical.

Si bien la diferencia del balance hídrico no es significativa dentro del área de la microcuenca, se debe considerar que la extensión territorial de la misma no es lo suficientemente extensa como para obtener alguna variación. (figura 26)

Por tanto, se puede observar que la recarga dentro de la microcuenca es alta ya que esta área está constituida en su gran mayoría con cobertura vegetal, lo que provoca la disminución del nivel de escorrentía del área.



**LEYENDA**

- Punto de Aforo
  - Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)
- Balace hidrico mm**
- |  |     |  |      |
|--|-----|--|------|
|  | 680 |  | 890  |
|  | 690 |  | 1140 |
|  | 720 |  |      |

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros



**1:50,000**

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 26. MAPA DE BALANCE HÍDRICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



### 2.7.8 Potencial de recarga hídrica en la microcuenca del río Azul

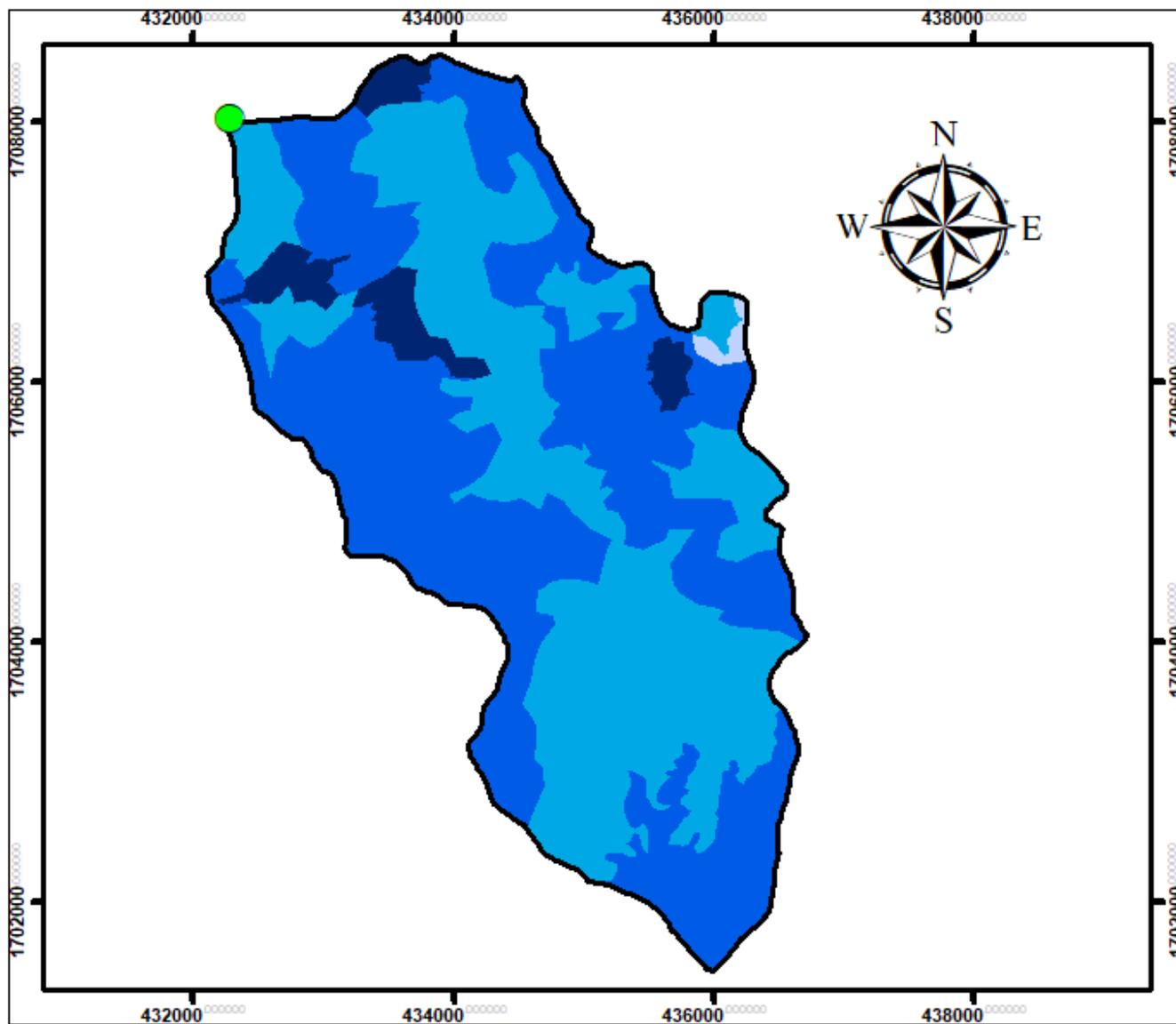
A continuación, se describen los resultados obtenidos por cada una de las tres metodologías utilizadas para la identificación del potencial de recarga hídrica en la microcuenca del río Azul.

#### A. Modelo propuesto por Matus Silva

Por medio del modelo generado con base a la metodología propuesta por Matus Silva, se determinó que dentro de la microcuenca del río Azul se presenta un alto potencial de recarga hídrica; para fines de esta investigación la utilización de este modelo se denominara **metodología 1**.

A través de la generación del mapa de potencial de recarga hídrica generado con esta metodología (figura 27), se observó que dentro de la microcuenca el área de posibilidad de recarga es en un 5.13 % “muy alto”, un 51.82 % de posibilidad de recarga “alto”, un 42.61 % con una posibilidad de recarga “moderado” y, por último, con un 0.44 % una posibilidad de recarga “bajo”. Esta información se encuentra desglosada en el cuadro 36.

Estos resultados demuestran que el potencial a la recarga hídrica dentro de la microcuenca es alto, por lo que es de gran importancia su estudio y manejo para regular la recarga de acuíferos en la zona. (cuadro 36).



## LEYENDA

- Punto de Aforo
- Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)
- Posibilidad de Recarga**
- 5.13 % Muy Alta
- 51.82 % Alta
- 42.61 % Moderada
- 0.44 % Baja

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

Metros

1:50,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 27. MAPA DE POSIBILIDAD DE RECARGA HÍDRICA METODOLOGÍA MATUS SILVA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



Cuadro 36. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica de la microcuenca de río Azul.

Descripción			Área de estudio			Ponderación								Clasificación de posibilidad de recarga
Uso actual	Rango de pendiente (%)	UM	ha	km <sup>2</sup>	%	Pendiente (%)	Clase textural	Velocidad de infiltración (cm/h)	Tipo de suelo (promedio clase textural y velocidad de infiltración)	Tipo de roca	cobertura vegetal (%)	Uso de la tierra (2018)	Posibilidad de recarga	
Bosque mixto denso	0-6	1	90.19	0.90	5.13	5	4	4	4	4	3	5	4.15	Muy alto
Bosque mixto denso	6-15	2	91.14	0.91	5.18	4	4	5	4.5	4	3	5	4.00	Alto
Bosque mixto denso	15-45	3	820.33	8.20	46.64	3	2	5	3.5	4	3	5	3.50	Alto
Centro poblado rural	0-6	4	11.16	0.11	0.63	5	5	2	3.5	4	1	0	2.89	Moderado
Centro poblado rural	6-15	5	36.32	0.36	2.06	4	5	3	4	4	1	0	2.73	Moderado
Centro poblado rural	15-45	6	7.83	0.08	0.44	3	4	2	3	4	1	0	2.23	Bajo
Pastos naturales	15-45	7	297.92	2.98	16.94	3	2	4	3	4	1	3	2.62	Moderado

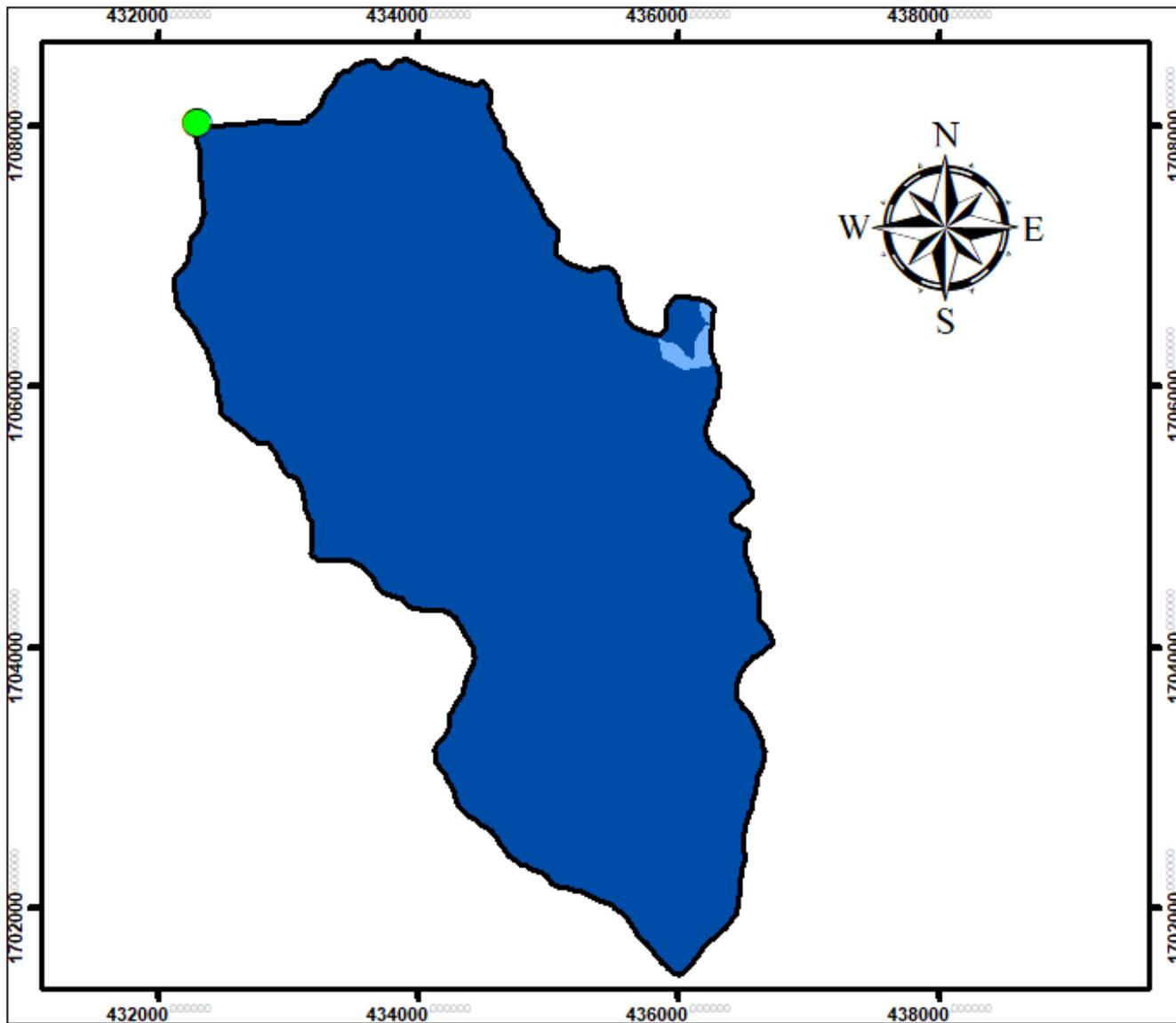
Descripción			Área de estudio			Ponderación								
Uso actual	Rango de pendiente (%)	UM	ha	km <sup>2</sup>	%	Pendiente (%)	Clase textural	Velocidad de infiltración (cm/h)	Tipo de suelo (promedio clase textural y velocidad de infiltración)	Tipo de roca	cobertura vegetal (%)	Uso de la tierra (2018)	Posibilidad de recarga	Clasificación de posibilidad de recarga
Tierras cultivo anual	0-6	8	22.75	0.23	1.29	5	4	3	3.5	4	1	3	3.28	Moderado
Tierras cultivo anual	6-15	9	162.22	1.62	9.22	4	2	4	3	4	1	3	2.89	Moderado
Tierras cultivo anual	15-45	10	218.99	2.19	12.45	3	2	4	3	4	1	3	2.62	Moderado
Totales			1758.8	17.60	100.0									

Fuente: elaboración propia, 2018.

## B. Áreas críticas de recarga de acuíferos (CARAS)

De acuerdo con esta metodología, la cual considera dentro de su análisis los datos de balance hídrico, se determinó que la microcuenca del río Azul tiene un 99.56 % del total del área de la microcuenca con un alto potencial de recarga hídrica, ocupando casi la totalidad del área de la microcuenca. El 0.44 % restante del área presenta un moderado potencial de recarga hídrica, la representación de dichas áreas puede observarse en la figura 28.

A lo anterior, se concluyó que la microcuenca del río Azul presenta un alto potencial zonas de recarga hídrica, mostrando a detalle el resultado de las ponderaciones para la metodología CARAS en el cuadro 37. Para fines de esta investigación se denominará a esta metodología: **metodología 2**.



## BOLETÍN PC - IXIL

programa de desarrollo rural integral



### LEYENDA

-  Punto de Aforo
-  Delimitación (17.6 Km<sup>2</sup>)

### Clasificación de Susceptibilidad de Recarga Hídrica

-  99.56 % Alto Potencial
-  0.44 % Moderado Potencial

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

 Metros

1:50,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 28. MAPA DE POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



Cuadro 37. Ponderación del potencial de recarga hídrica de la microcuenca del río Azul, de acuerdo a la metodología CARAS.

Descripción			Área de estudio			Ponderación					Clasificación de potencial de recarga hídrica
Uso actual	Rango de pendiente (%)	Unidad de muestreo	ha	km <sup>2</sup>	%	Permeabilidad de suelos (in/h)	Permeabilidad (tipo de geológica)	Infiltración (in)	Profundidad del agua (ft)	Zonas susceptibles	
Bosque mixto denso	0-6	1	90.19	0.90	5.13	3	0	3	3	9	Alto potencial
Bosque mixto denso	6-15	2	91.14	0.91	5.18	3	0	3	3	9	Alto potencial
Bosque mixto denso	15-45	3	820.33	8.20	46.64	3	0	3	3	9	Alto potencial
Centro poblado rural	0-6	4	11.16	0.11	0.63	2	0	3	3	8	Alto potencial
Centro poblado rural	6-15	5	36.32	0.36	2.06	2	0	3	3	8	Alto potencial
Centro poblado rural	15-45	6	7.83	0.08	0.44	1	0	3	3	7	Moderado potencial
Pastos naturales	15-45	7	297.92	2.98	16.94	3	0	3	3	9	Alto potencial
Tierras cultivo anual	0-6	8	22.75	0.23	1.29	2	0	3	3	8	Alto potencial

Descripción			Área de estudio			Ponderación					Clasificación de potencial de recarga hídrica
Uso actual	Rango de pendiente (%)	Unidad de muestreo	ha	km <sup>2</sup>	%	Permeabilidad de suelos (in/h)	Permeabilidad (tipo de geológica)	Infiltración (in)	Profundidad del agua (ft)	Zonas susceptibles	
Tierras cultivo anual	6-15	9	162.22	1.62	9.22	3	0	3	3	9	Alto potencial
Tierras cultivo anual	15-45	10	218.99	2.19	12.45	3	0	3	3	9	Alto potencial
Totales			1758.84	17.60	100.00						

Fuente: elaboración propia, 2018.

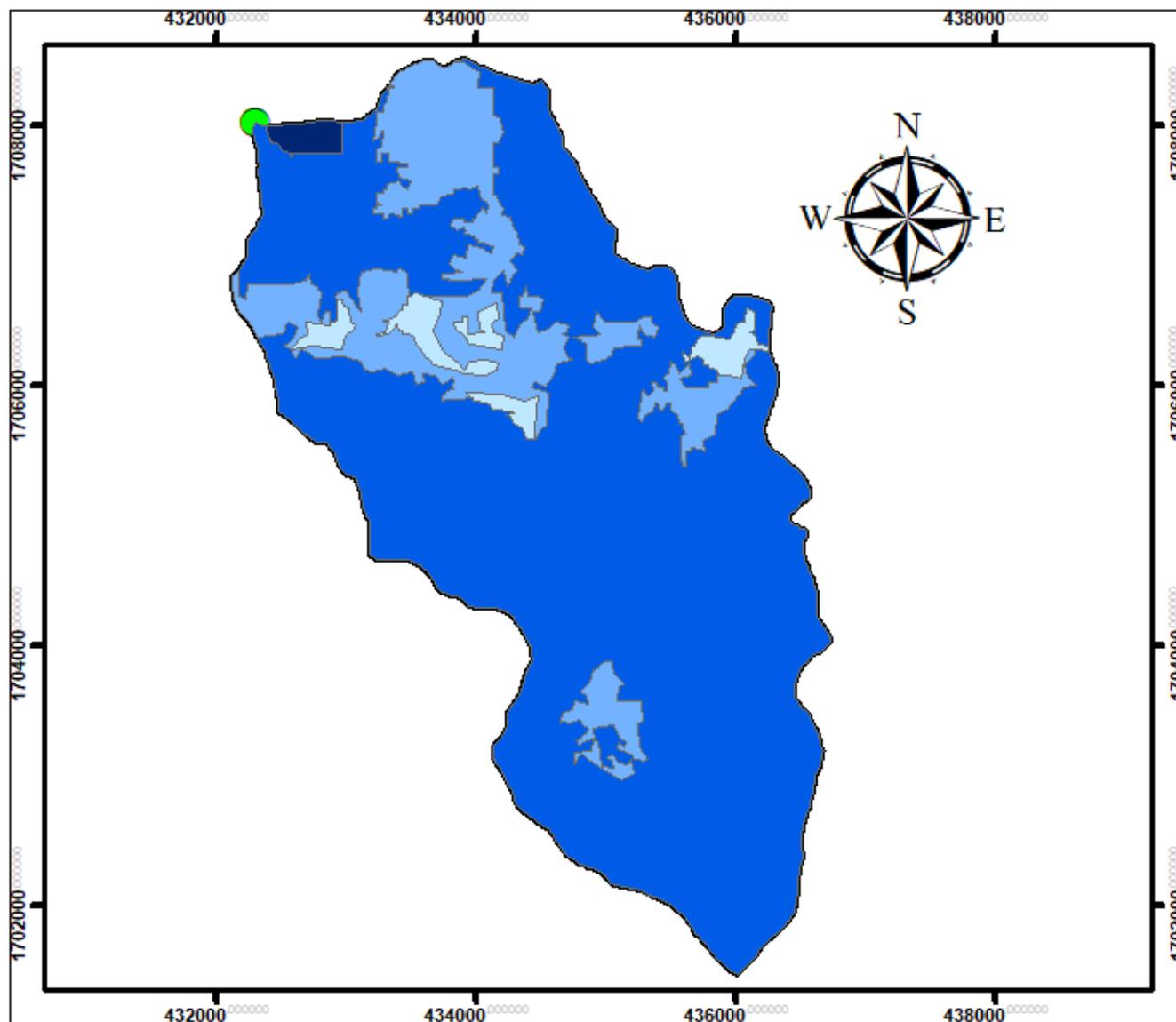
### C. Protocolo metodológico para mapa de áreas de muy alta recarga hídrica, con base a las categorías establecidas por el MAGA

El mapa de área de muy alta captación, regulación y recarga hídrica de la microcuenca del río Azul se elaboró mediante la obtención de los shapes por parte de una consultoría realizada por el MAGA. Dicha metodología toma en cuenta datos de capacidad de uso de la tierra, balance hídrico ambiental, textura del suelo y la geología.

El resultado mencionado del mapa para la identificación de zonas potenciales a recarga hídrica fue el siguiente: el 0.72 % del área de la microcuenca presentó una clasificación muy alta, el 79.79 % con una clasificación, el 16.48 % con una y finalmente la clasificación baja con el 3.02 % de área total.

Dichos resultados pueden visualizarse a través del mapa (figura 29) resultante de áreas de muy alto recarga hídrica en la microcuenca.

Para fines de esta investigación se denominará a esta metodología: **metodología 3**.



## BOLETÍN PC - IXIL

programa de desarrollo rural integral



### LEYENDA

- Punto de Aforo
- Área**  
 17.6 Km<sup>2</sup>
- Categoría**
- Muy Alta 0.72%
- Alta 79.79%
- Media 16.48%
- Baja 3.02%

Sistema Coordenadas: GTM  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS\_1984  
 Falso Norte: 0.00  
 Meridiano Central: -90.5  
 Unidad: Metros

0 500 1,000 2,000 3,000

Metros

1:50,000

Elaborado por:  
 Víctor Aldana Mayorga  
 Técnico Agronegocios -FAO-  
 Fecha: agosto de 2018  
 Fuente: Propia



**FIGURA 29. MAPA DE ÁREAS DE MUY ALTA CAPTACIÓN, REGULACIÓN Y RECARGA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL.**



### 2.7.9 Validación del modelo metodológico propuesto por Matus Silva (Metodología 1)

En el cuadro siguiente se muestran los resultados obtenidos en la identificación de zonas con potencial de recarga hídrica dentro de la microcuenca del río Azul por medio del modelo metodológico propuesto por Matus Silva así como, los obtenidos con las dos metodologías restantes para su validación.

Cuadro 38. Resumen de las metodologías evaluadas en la investigación.

Clasificación	Metodología 1 (modelo propuesto por Matus Silva)		Metodología 2 (CARAS)		Metodología 3 (protocolo metodológico del MAGA)	
	Área en km <sup>2</sup>	área (%)	Área en km <sup>2</sup>	Área (%)	Área en km <sup>2</sup>	Área (%)
Muy alto	0.90	5.13	0.00	0.00	0.13	0.72
Alto	9.12	51.82	17.52	99.56	14.04	79.79
Moderado o medio	7.50	42.61	0.44	0.44	2.90	16.48
Bajo	0.08	0.44	0.00	0.00	0.53	3.02
Totales	17.60	100	17.60	100	17.60	100

Fuente: elaboración propia, 2018.

Como se pudo observar en las figuras 27, 28 y 29, correspondientes a los mapas de las metodologías implementadas, se obtuvieron cuatro clasificaciones para el potencial de recarga hídrica dentro de la microcuenca. La primera clasificación corresponde a un potencial de recarga hídrica **muy alto**, haciéndose representativa en los resultados de la metodología 1 y 3, con un 5.13 % y 0.72 % del área total de la microcuenca.

La segunda clasificación es **alta**, en donde los resultados obtenidos por la metodología 1 fueron del 51.82 % presente en el área. Para las dos metodologías restantes (2 y 3), el resultado obtenido para dicha clasificación fue del 99.56 % y 79.79 % respectivamente. Por

lo que se concluye que las tres metodologías muestran una clasificación del potencial de recarga hídrica alto dentro de la microcuenca.

La tercera clasificación es **moderado o medio**, mostrándose de manera representativa en los resultados de la metodología 1 y 3 con el 42.61 % y el 16.48 % del total de área de la microcuenca. Se puede observar una diferencia significativa en comparación con la metodología 2, con un resultado del 0.44 %.

La cuarta clasificación es **baja**, obteniendo como resultado para las tres metodologías un porcentaje en área no significativo para potencial de recarga hídrica, ya que en la metodología 1 muestra un 0.44 % en área, metodología 3 con un 3.02 % y en la metodología 2 con un 0 %.

Con base a resultados mencionados anteriormente, se concluye que las tres metodologías muestran que la mayor parte del área de la microcuenca presenta un potencial de recarga hídrica alto.

Por tanto, queda evidenciado que la aplicación del modelo metodológico por Matus Silva es asertiva para el área de la microcuenca.

#### 2.7.10 Análisis de variables utilizadas por metodología

De acuerdo con los resultados descritos anteriormente, se realizó un análisis comparativo de acuerdo con las variables utilizadas por metodología, así como su facilidad de obtención de información. Esto con el fin explicar la diferencia en porcentajes para las clasificaciones del potencial de recarga hídrica entre las tres metodologías implementadas.

En el cuadro 39 se enlistaron todas las variables determinadas, indicando con un cheque (✓) si es utilizada y en caso contrario una (X). De igual manera se indica en cada variable su facilidad de obtención, es decir, si existe información actualizada o su dificultad de estudio

y/o realización en campo para llegar al resultado. Para ello las variables que tienen un signo positivo entre paréntesis (+), son aquellas variables que tienen una accesibilidad a la obtención de información, mientras las que se observan con un signo negativo (-), son aquellas variables que el acceso a la información es más restringido o la información que se obtiene es muy escasa para una mayor finalidad.

Cuadro 39. Variables utilizadas por metodología.

<b>Variables</b>	<b>Metodología 1</b>	<b>Metodología 2</b>	<b>Metodología 3</b>
Porcentaje de pendiente	✓ (+)	✗	✗
Clase textural	✓ (+)	✗	✓ (+)
Velocidad de infiltración	✓ (-)	✓ (-)	✗
Tipo de suelo	✓ (+)	✗	✗
Porcentaje de cobertura vegetal	✓ (+)	✗	✗
Uso actual de la tierra	✓ (+)	✗	✗
Permeabilidad tipo geológico	✓ (+)	✓ (+)	✓ (+)
Infiltración (pulgadas) balance hídrico	✗	✓ (-)	✓ (-)
Profundidad de agua	✗	✓ (+)	✗
Capacidad de uso de la tierra -CAPUSO-	✗	✗	✓ (+)

Fuente: elaboración propia, 2018.

Los datos por clasificación obtenidos por la metodología 1 son más homogéneos en comparación con las otras dos, esto puede deberse a que el modelo de Matus Silva considera dentro de su análisis 7 variables a comparación de la metodología 2 que solamente considera 4 al igual que la metodología 3. También se debe tomar en cuenta que la metodología 3 se realiza mediante una evaluación a nivel de gabinete por medio de categorías establecidas por el MAGA.

### **2.7.11 Lineamientos generales para el manejo y conservación de los recursos naturales disponibles en zonas potenciales de recarga hídrica**

A través de la aplicación de las tres metodologías se obtuvieron cuatro clasificaciones para zonas potenciales de recarga hídrica, descritas anteriormente. Como parte de los objetivos de la investigación se presenta la propuesta de lineamientos generales para el manejo y conservación de los recursos naturales en dichas zonas, en base al uso de la tierra -2018- del suelo y su relación con factores y procesos que participan en las funciones hidrológicas; esto con el fin de proponer acciones, metas e indicadores que orienten el manejo de los mismos dirigido a mantener el papel regulador en el ciclo y adaptadas a los contextos sociales, económicos y ecológicos de la población.

Para ello se plantean tres lineamientos generales que abarcan acciones principales a abordar y prácticas recomendadas para realizar, estas se describen a continuación.

#### **A. Línea de protección de los recursos naturales**

##### **a. Descripción**

El manejo de los recursos naturales tiene como fin principal la provisión de bienes y servicios ambientales a través de la protección de fuentes de agua y conservación de la diversidad biológica, mayormente en áreas con cobertura boscosa, ya sea de plantaciones forestales o bosques naturales.

El objetivo de la aplicación de este lineamiento en las zonas de alto y moderado recarga hídrica es que, debido a que estas se encuentran distribuidas en toda el área de la microcuenca y el uso de la tierra -2018- predominante es forestal, la protección de bosques y fuentes de agua y la conservación de suelos es indispensable para un manejo integrado dentro de la microcuenca.

## **b. Acciones**

### **i. Protección de bosques naturales**

La importancia de la protección de los bosques naturales radica en las funciones de conservación de la biodiversidad, protección de fuentes de agua y provisión de servicios ambientales. Puesto que los bosques satisfacen varias necesidades humanas como lo son la provisión de alimentos y bienes maderables y no maderables, así como sus funciones en la regulación del clima y del ciclo hidrológico, en la formación del suelo, fijación de carbono y protección de cuencas hidrológicas, es muy importante tomar medidas de protección y conservación de los bosques.

### **ii. Protección y manejo de bosques riparios**

El bosque ripario es toda la vegetación arbórea y arbustiva ubicada en los márgenes de los ríos, arroyos y otras corrientes o cuerpos de agua. Estos desempeñan un papel importante en la protección del recurso hídrico, estabilización de los cauces, albergues para la fauna y mejoran la calidad del agua.

### **iii. Protección de fuentes de agua**

La protección de ríos y nacimientos es de gran importancia en la restauración de los ecosistemas y sus atributos ecológicos para mejorar la calidad y cantidad de agua en sus caudales.

### **c. Prácticas**

- Proteger los bosques naturales mediante planes de manejo forestal y/o prácticas de manejo y conservación forestal.
- Realizar el aprovechamiento de las plantaciones mediante un control de manejo adecuado evitando la sobreexplotación de este.
- Implementar acciones de restauración en áreas con bosque ripario de ríos y nacimientos de agua.
- Fomentar la educación ambiental mediante actividades recreativas dirigidas a niños y jóvenes.
- Fomentar y capacitar en temas del cuidado del agua, su uso adecuado y racional.
- Realizar investigaciones científicas y técnicas para el desarrollo de técnicas de manejo y conservación de los recursos naturales dentro de la microcuenca.
- No se debe de permitir la introducción de especies exóticas dentro del área de la microcuenca, ni el avance de la frontera agrícola.

### **B. Línea de recuperación de los recursos naturales.**

#### **a. Descripción**

Áreas caracterizadas por no tener ningún tipo de cobertura vegetal debido a que son para uso de la producción agrícola o pastoreo de ganado. Normalmente, estas áreas son sometidas a un proceso de cambio de uso para actividades agropecuarias o agrícolas, las mismas son importantes para el restablecimiento de los ecosistemas, la biodiversidad y sus funciones. Las acciones de manejo se deben orientar a la recuperación del recurso natural.

El objetivo para el manejo de este lineamiento en las distintas zonas es: Determinar acciones técnicas adecuadas para la recuperación boscosa de los ecosistemas intervenidos, para el mantenimiento e incremento de la cobertura vegetal.

## **b. Acciones**

### **i. Restauración de áreas forestales degradadas**

Un ecosistema forestal degradado se caracteriza por la pérdida de su estructura, productividad y su composición de especies, entre las causas principales que provocan la degradación se pueden mencionar: a) sobreexplotación de productos forestales maderables y no maderables; b) intervenciones no controladas para uso temporal del suelo en actividades agrícolas extensivas; c) inclusión de actividades de pastoreo en áreas con bosques; d) explotación inadecuada con maquinaria pesada; e) uso de métodos deficientes de extracción que afectan el suelo, los árboles remanentes, el agua y la fauna silvestre. Por lo que los bosques degradados proporcionan un nivel reducido de productos y servicios ecosistémicos, manteniendo una diversidad biológica limitada (Sachun, y otros, 2016).

### **ii. Repoblación forestal**

Las acciones de repoblación se realizan en áreas forestales o aquellos bosques que han disminuido su capacidad y calidad productiva y su potencial de repoblación, como consecuencia de las continuas y severas explotaciones a las que fueron sometidas. Dicho proceso debe de tomar en cuenta el valor comercial y/o ambiental de las especies, aspectos ecológicos como la tolerancia a la sombra, la resistencia a plagas y enfermedades, requerimientos de humedad, competitividad, así como considerar especies nativas del área.

La importancia de las acciones de repoblación con especies nativas o exóticas es que se propicie y permita mantener la biodiversidad del área, recuperando gradualmente el ecosistema forestal. Las especies nativas pueden poseer valor comercial o social, pero también tienen la ventaja que se adaptan de mejor manera al ecosistema local.

### **iii. Conservación de suelos y agua**

Estas son acciones a nivel local que mantienen o aumentan la capacidad productiva de la tierra en áreas afectadas por o propensas a la degradación. Estas actividades están dirigidas a la prevención o reducción de la erosión del suelo, consolidación (compactación) y concentración de la salinidad; la conservación o drenaje del suelo y el mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad del suelo. Para ello deben usarse medidas agronómicas, vegetativas, estructurales y de gestión que controlan la degradación del suelo y aumentan la productividad del campo (FAO, 2016).

#### **c. Prácticas**

- Fomentar la restauración productiva con técnicas agroecológicas y agroforestales sostenibles.
- Aplicación de tratamientos silviculturales.
- Facilitar la regeneración natural de especies forestales.
- Seleccionar especies nativas para repoblación.
- Proteger áreas generadoras de servicios ecosistémicos, para formar corredores biológicos y aumentar la biodiversidad.
- Realizar campañas de reforestación con niños y jóvenes como parte de la concientización ambiental dentro de la microcuenca.
- Practicar la conservación del bosque en el marco de la lucha contra la erosión, la desertificación y el empobrecimiento del suelo, de la flora y fauna.
- Fomentar el estudio científico y técnico dentro de la microcuenca con fines de conservación, recuperación y manejo.

## **C. Línea de producción**

### **a. Descripción**

Este se encuentra en las zonas donde se caracteriza por un ambiente natural fuertemente modificado, en donde la presencia de las actividades antrópicas, son evidentes y altas, en aquellos espacios o áreas donde se destinan para usos productivos, como lo son los granos básicos modelo de producción más difundido, además de otros usos agrícolas y pecuarios de menor escala.

Las actividades desarrolladas por los productores en las zonas agrícolas y pecuarias, así como en los asentamientos humanos no son compatibles con la conservación y manejo de las áreas de interés a la protección, ya que estas prácticas pueden afectar la calidad de los servicios ambientales, especialmente en el mantenimiento de la calidad y cantidad de agua, la conservación de la biodiversidad y en el incremento de la vulnerabilidad a que suceda un desastre natural.

El objetivo para el manejo de este lineamiento en las distintas zonas es: Reducir las presiones sobre los elementos de conservación a través de la promoción entre los productores y pobladores de técnicas y métodos sostenibles de producción y saneamiento, para fomentar el desarrollo de las comunidades.

### **b. Acciones**

#### **i. Establecimiento de sistemas agroforestales**

Los sistemas agroforestales son importantes para la seguridad y soberanía alimentaria, debido a que permiten producir alimentos y otros bienes y servicios con una agricultura a pequeña escala, adaptada a las necesidades locales. También permiten distintos arreglos

para adaptar la producción agrícola y forestal de acuerdo con los intereses, objetivos, entorno sociocultural y nivel económico del agricultor. Este sistema intensivo aumenta su conveniencia a medida que la superficie o área de extensión es pequeña; es una solución práctica a problemas en áreas degradadas por su función reguladora y protectora del medio ambiente.

## **ii. Establecimiento de sistemas silvopastoriles**

Los sistemas silvopastoriles son terrenos que poseen dos objetivos simultáneos: a) producción pecuaria; b) producción forestal de madera y/o leña. Los árboles proporcionan ventajas al sistema “pastos”, entre ellas: sombra y alimento para el ganado, fijación de carbono, fijación de nitrógeno, alimento para las personas, leña y madera, entre otras.

## **iii. Ordenamiento territorial**

El ordenamiento territorial de una comunidad puede ayudarle a gestionar mejor sus recursos naturales (agua, bosque, agricultura y protección del suelo entre otros), siendo este un factor crítico para lograr el equilibrio entre el uso humano de los bienes y la conservación de los mismos. El ordenamiento territorial y forestal es una clave para conseguir la sostenibilidad de un bosque y mantener una mayor integridad ecológica de los ecosistemas forestales.

De igual manera, el ordenamiento territorial podría venir a solucionar de manera más la selección de las opciones de aprovechamiento de la tierra, vinculando el desarrollo social y económico con la protección y la mejora del medio ambiente, ayudando así a lograr una ordenación territorial sostenible.

**c. Prácticas**

- Promover la práctica de los sistemas agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles,
- Establecer sistemas agroforestales con cultivos anuales (cultivos en callejones, franjas o barreras vivas).
- Promover y establecer huertos familiares mixtos.
- Promover actividades de ecoturismo dentro de la microcuenca.
- Capacitar sobre el daño que causan a los acuíferos el uso intensivo de agroquímicos.

A continuación, se muestra un cuadro con la propuesta de lineamientos generales para el manejo y conservación de los recursos naturales en zonas potenciales de recarga hídrica.

Cuadro 40. Propuesta de lineamientos generales para el manejo y conservación de los recursos naturales en zonas potenciales de recarga hídrica.

Clasificación de recarga hídrica	Ubicación dentro de la microcuenca	Uso del suelo	Lineamientos de manejo	Acciones	Metas	Indicadores
Muy alto	Baja y media	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tierras de cultivo anual.</li> <li>Bosque mixto denso.</li> <li>Centro poblado rural.</li> <li>Pasto natural</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperación</li> <li>Producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restauración en áreas forestales degradadas</li> <li>Conservación de suelos y agua</li> <li>Establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento en la capacidad productiva de la tierra en áreas afectadas por o propensas a la degradación.</li> <li>Mejora en las características físicas del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hectáreas con prácticas de restauración forestal</li> <li>Número de prácticas de conservación de suelo y agua aplicadas en terrenos con pendiente y erosión de suelo.</li> <li>Número de SAF's o silvopastoriles establecidos.</li> <li>Número de familias beneficiadas e involucradas.</li> </ul>
Alto	Baja, media y alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tierras de cultivo anual.</li> <li>Bosque mixto denso.</li> <li>Centro poblado Rural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protección</li> <li>Recuperación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protección de bosques naturales y riparios.</li> <li>Protección de fuentes de agua</li> <li>Conservación de suelos y agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la cobertura forestal con manejo sostenible</li> <li>Aumento de áreas con capacidad de recarga hídrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hectáreas de bosques con manejo forestal sostenible.</li> <li>Cantidad de áreas con manejo de bosques riparios</li> <li>Número de familias beneficiadas e involucradas.</li> </ul>

Clasificación de recarga hídrica	Ubicación dentro de la microcuenca	Uso del suelo	Lineamientos de manejo	Acciones	Metas	Indicadores
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pasto natural.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Restauración en áreas forestales degradadas</li> </ul>		
Moderado o medio	Baja, media y alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tierras de cultivo anual.</li> <li>Bosque mixto denso.</li> <li>Centro poblado rural.</li> <li>Pasto natural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protección</li> <li>Recuperación</li> <li>Producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protección de bosques naturales y riparios.</li> <li>Protección de fuentes de agua</li> <li>Conservación de suelos y agua.</li> <li>Repoblación forestal</li> <li>Establecimiento de sistemas agroforestales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de áreas con capacidad de recarga hídrica.</li> <li>Aumento de cobertura vegetal en el área.</li> <li>Aumento en la capacidad productiva de la tierra de manera sostenible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de áreas con manejo de bosques riparios</li> <li>Mejora en % de la calidad y cantidad de agua.</li> <li>Número de prácticas implementadas de SAF's o silvopastoriles establecidos</li> <li>Número de familias beneficiadas e involucradas.</li> </ul>
Bajo	Baja y media	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tierras de cultivo anual.</li> <li>Bosque mixto denso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperación</li> <li>Producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restauración en áreas forestales degradadas</li> <li>Repoblación forestal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de cobertura vegetal en el área.</li> <li>Aumento de áreas con</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de áreas repobladas.</li> <li>Mejora en % de la calidad y cantidad de agua.</li> </ul>

Clasificación de recarga hídrica	Ubicación dentro de la microcuenca	Uso del suelo	Lineamientos de manejo	Acciones	Metas	Indicadores
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro poblado rural.</li> <li>• Pasto natural.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación de suelos y agua.</li> <li>• Establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles.</li> <li>• Ordenamiento territorial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• capacidad de recarga hídrica.</li> <li>• Aumento en la capacidad productiva de la tierra de manera sostenible.</li> <li>• Manejo de cuencas y planes territoriales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hectáreas de bosques con manejo forestal sostenible.</li> <li>• Número de SAF's o silvopastoriles establecidos</li> <li>• Áreas y/o proyectos con enfoque territorial integrado en implementación.</li> <li>• Número de familias beneficiadas e involucradas.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia, 2018.

## 2.8 CONCLUSIONES

1. Se determinó que dentro de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal, el potencial de recarga hídrica se encuentra en su gran mayoría con una clasificación “alta”, representado con el 74.01 % del área de la microcuenca; seguido de una clasificación moderada potencial en un porcentaje de área de 25.99 %, mientras que con las clasificaciones “muy alto y bajo” potencial los porcentajes de área abarcada fueron 0 %. Por tanto, la microcuenca de río Azul es un área con un potencial de recarga hídrica “alto”, de lo cual es de importancia ambiental ya que tienen un área grande que aporta a las fuentes de agua subterráneas.
2. A través de las tres metodologías de evaluación utilizadas para la identificación de zonas de recarga hídrica dentro de la microcuenca del río Azul se demostró que la metodología implementada por Matus Silva, en el país de Nicaragua, es válida para la evaluación dentro de la microcuenca, esto debido a que las tres metodologías presentaron indicadores con alto potencial de recarga hídrica en los acuíferos, demostrando a la vez que es de gran importancia en la conservación y protección de la misma por el recurso agua. Por tanto, se concluye que la metodología de Matus Silva puede ser utilizada dentro del área de estudio, a comparación de la metodología para la realización del mapa de susceptibilidad de recarga hídrica y el mapa de muy alta captación, regulación y recarga hídrica, demuestran un alto potencial de recarga hídrica a los acuíferos.
3. Los lineamientos generales que se proponen para el manejo de las zonas identificadas para la recarga hídrica de la microcuenca de río Azul tienen como propósito orientar el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, para no alterar la dinámica de los ecosistemas y mantener su funcionalidad. Estos también incluyen acciones para la recuperación de la masa boscosa original de los ecosistemas intervenidos por las actividades antrópicas, con el propósito de mantener e incrementar los beneficios ambientales que generan, especialmente en la captación y almacenamiento de agua de lluvia.

## 2.9 RECOMENDACIONES

1. Las zonas que presentan un potencial de recarga “alto y muy alto”, deben ser objeto de manejo especial, hay que incluirlas en el plan de manejo de la microcuenca de río Azul y en los proyectos municipales de protección y/o conservación del área. Deben catalogarse como áreas prioritarias para conservar o mejorar su capacidad de captación de agua, es decir, las áreas cubiertas con bosque deben ser manejadas conscientemente.
2. Para las áreas identificadas como de “moderado” potencial para la recarga hídrica, es necesario que se inicien proyectos de concientización para la implementación de prácticas de conservación de suelos, aumentando la implementación de proyectos que permitan aumentar la cobertura forestal para mantener y/o mejorar sus características.
3. Áreas con “bajo” potencial se les debe prestar especial atención, puesto que son un índice del inicio de deterioro de sus suelos, en ellas hay que considerar las actividades que menor intensidad de uso provoquen o causen al mismo. Considerando que las áreas con esta clasificación son aquellas donde se encuentran los centros poblados o a sus cercanías.
4. A las municipalidades y entidades correspondientes al área, es necesario que se inicie un proceso de ordenamiento territorial, así como lo es también un mejor control de la tala ilegal del área debido a que con esta actividad es donde se disminuyen las áreas de recarga hídrica de la microcuenca.
5. A quien corresponda efectuar un plan de manejo detallado de las zonas identificadas según su potencial, que considere acciones a corto, mediano y largo plazo para influenciar en las mejoras de las variables del área de estudio en función de un uso consiente de los recursos naturales, por ende, un incremento en el potencial de las mismas, así un trabajo eficiente con los consejos de microcuencas en el trabajo de concientización.

## 2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. Campos, A. (1992). Procesos del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México: Universitaria Potosina.
2. Cook, K. V. (2000). Guidance document for the establishment of critical aquifer recharge area ordinances. Washington, D. C.: Washington State of Ecology / Water Quality Program.
3. Duque Escobar, G. (2003). Manual de geología para ingenieros. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de [http://www.geocities.com/manualgeo\\_00/](http://www.geocities.com/manualgeo_00/)
4. FAO, Italia. (29 de Julio de 2016). Levantamiento del suelo, degradación del suelo y manejo de suelos. Recuperado el 29 de Julio de 2016, de Portal de Suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/es/>
5. García Álvarez, M. G. (2009). Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica en las subcuencas de los ríos Taco y Shusho, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala. Recuperado el 20 de julio de 2018, de (Tesis Ing. Agr. SPA., Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente, Agronomía: Chiquimula, Guatemala): <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/2933>
6. Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G. A., Besteiro, S., & Delgado, M. L. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. AUGMDOMUS, 4, 143 -158. Recuperado el 22 de julio de 2018, de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/25777/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/25777/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
7. Gilberto, G. Á. (2009). Determinación de las Zonas Potenciales de Recarha Hídrica en las Subcuencas de los Ríos Tacó y Shusho, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Chiquimula, Guatemala.

8. Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275-370. Recuperado el 20 de Agosto de 2018, de <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/56/3/275/4075/EROSIONAL-DEVELOPMENT-OF-STREAMS-AND-THEIR?redirectedFrom=fulltext>
9. Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Blanquer, J. M. (2010). *Caraterísticas del infitrómetro de doble anillo (anillos de Munz)*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
10. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala (INAB). (2003). *Clasificación de tierras por capacidad de uso*. Guatemala: INAB.
11. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala (INAB). (2003). *Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural*. Guatemala: INAB.
12. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala (INAB). (2003). *Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural*. Guatemala: INAB.
13. Kohler Paulus, L. (1986). *Hidrología para Ingenieros* (2 da. ed.). México.: McGraw Hill.
14. Matus Silva, O. D. (2007). *Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua*. Obtenido de (Tesis Mag. Sc. MICH., Centro Agronomico Trpocal de Investigación y Enseñanza (CATIE), Escuela de Posgrado: Turrialba, Costa Rica): [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3299/Elaboracion\\_participativa\\_de\\_una\\_metodologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3299/Elaboracion_participativa_de_una_metodologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
15. Matus, O., Faustino, J., & Jiménez, F. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica: aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 40 p. (Serie técnica, Boletín técnico no. 38). Recuperado el 20 de julio de 2018, de <https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Guia%20Identificacion%20ZRHidrica.pdf>

16. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA). (2004). Atlas temático de las cuencas hidrográficas de Guatemala; Manual Técnico. Guatemala: MAGA, Unidad de Planificación Geográfica, y Gestión de Riesgo. Obtenido de <https://www.maga.gob.gt/download/atlas-tematico.pdf>
17. Ramakrishna, B. (1997). Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: Conceptos y experiencias. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Obtenido de <http://www.infocuenas.com/img/kcfinder/files/estrategias%20de%20extension%20para%20el%20manejo%20integrado%20de%20cuencas.pdf>
18. Rossiter, D. G. (2004). Metodología para el levantamiento del recurso suelo (4 ed.). (R. V. Rojas, Trad.) Netherlands: International Institute for Geo-Information Science & Earth Observation (ITC). Obtenido de [http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/teach/ssm/SSM\\_LectureNotes2\\_E.pdf](http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/teach/ssm/SSM_LectureNotes2_E.pdf)
19. Sachun, A., Botero, R., Morera, A., Obando, G., Russo, R., Scholz, C., & Spinola, M. (2016). Restauración funcional del paisaje rural: un manual de técnicas ahora disponible para Mesoamérica. San José, Costa Rica: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN). Obtenido de <https://www.iucn.org/es/news/mexico-central-america-and-caribbean/201607/restauraci%C3%B3n-funcional-del-paisaje-rural-un-manual-de-t%C3%A9cnicas-ahora-disponible-para-mesoam%C3%A9rica>
20. Sandoval Illescas, J. (1974). Principios de riego y drenaje. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
21. Sandoval Illescas, J. (2002). Principios de riego y drenaje. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial Universitaria.
22. Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. EOS, Earth & Space Science News, 38(6), 831-1022. Obtenido de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/TR038i006p00913>
23. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Investigaciones Agrícolas, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala (IARNA). (2009). Perfil ambiental de Guatemala 2008 -2009,

las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Obtenido de <https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/pPublicacion.aspx?pb=371>

24. Villón, M. (2004). Hidrología. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Obtenido de [http://www.mediafire.com/download/sbm9ja707cqdb2u/HIDROLOG%C3%8CA-Ing.M%C3%A1ximo\\_Vill%C3%B3n.pdf](http://www.mediafire.com/download/sbm9ja707cqdb2u/HIDROLOG%C3%8CA-Ing.M%C3%A1ximo_Vill%C3%B3n.pdf)

25. Wildner, L. d.-P., & Da Veiga, M. (1993). Erosión y pérdida de fertilidad del suelo. Recuperado el 26 de julio de 2018, de FAO, Chile. Taller sobre la Utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG) en la Evaluación de la Erosión Actual de Suelos y la Predicción del Riesgo de Erosión Potencial: Erosion de suelos en America Latina. Santiago, Chile: FAO.: <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm>







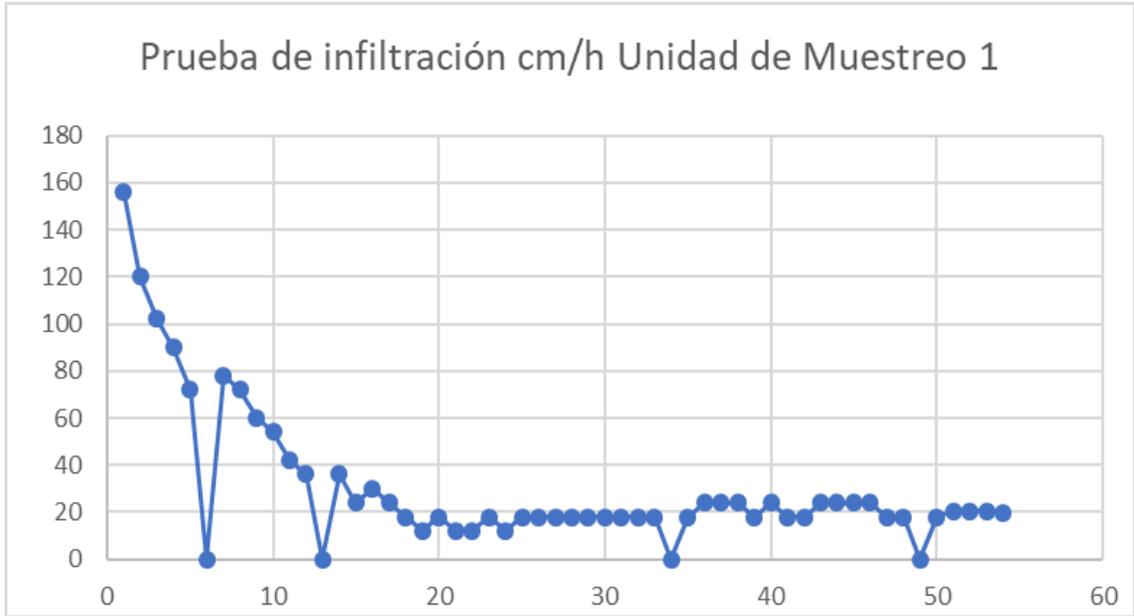


Figura 32A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 1.

Fuente: elaboración propia, 2018.

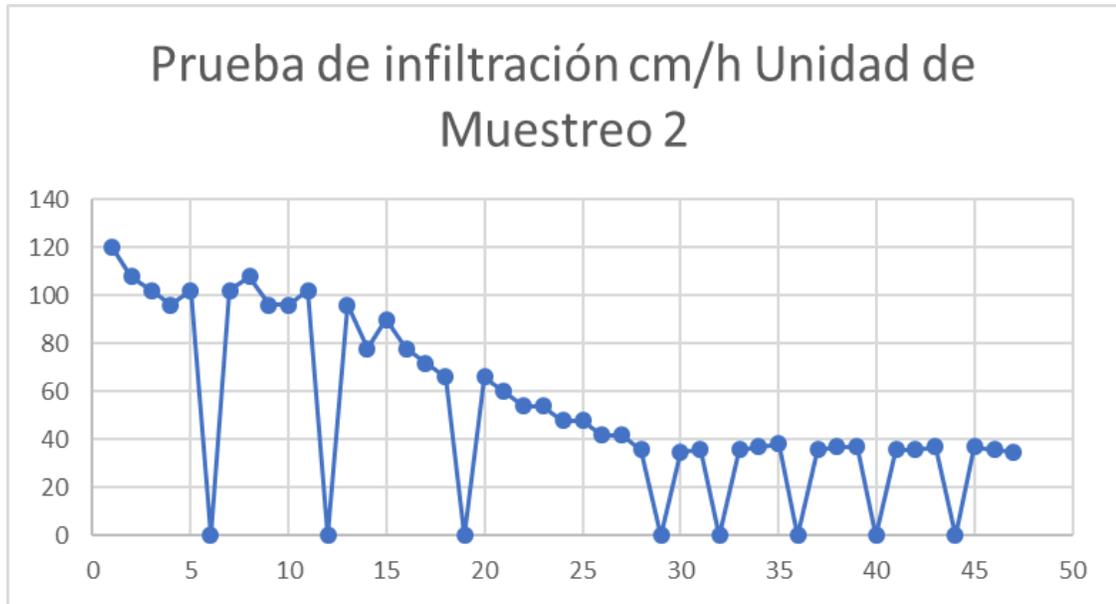


Figura 33A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 2.

Fuente: elaboración propia, 2018.

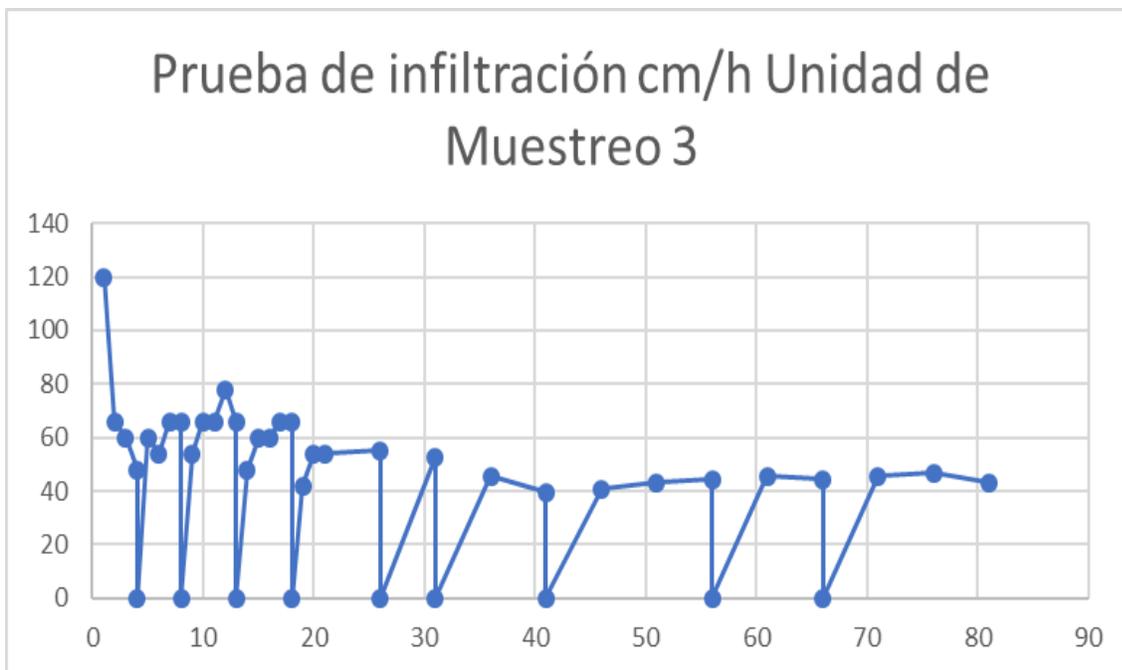


Figura 34A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 3.

Fuente: elaboración propia, 2018.

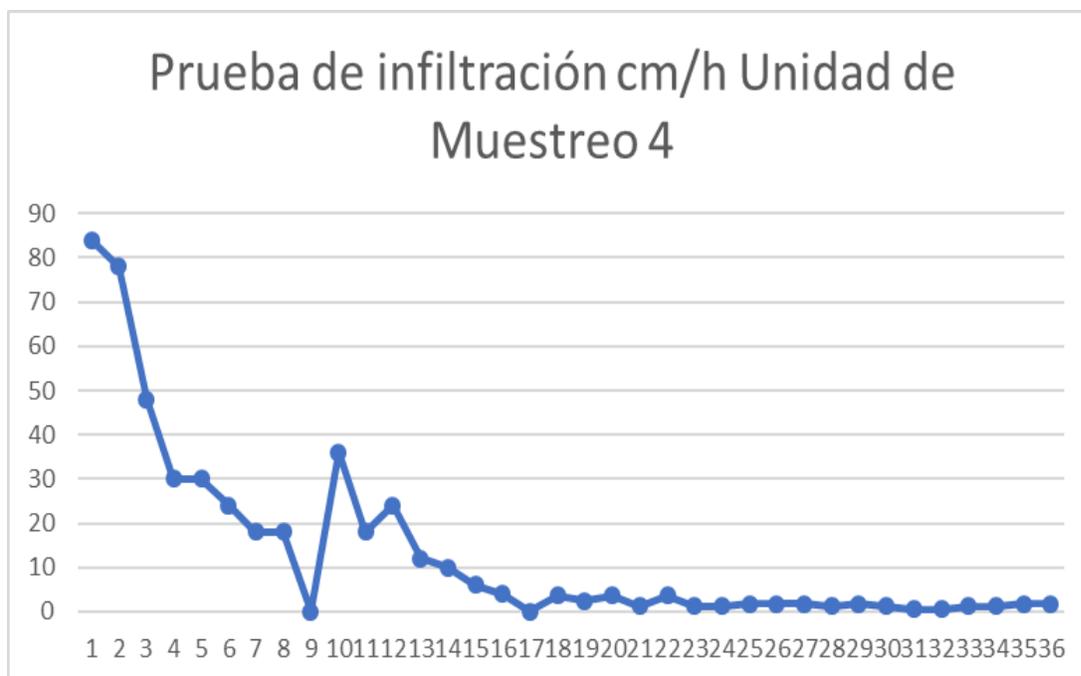


Figura 35A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 4.

Fuente: elaboración propia, 2018.

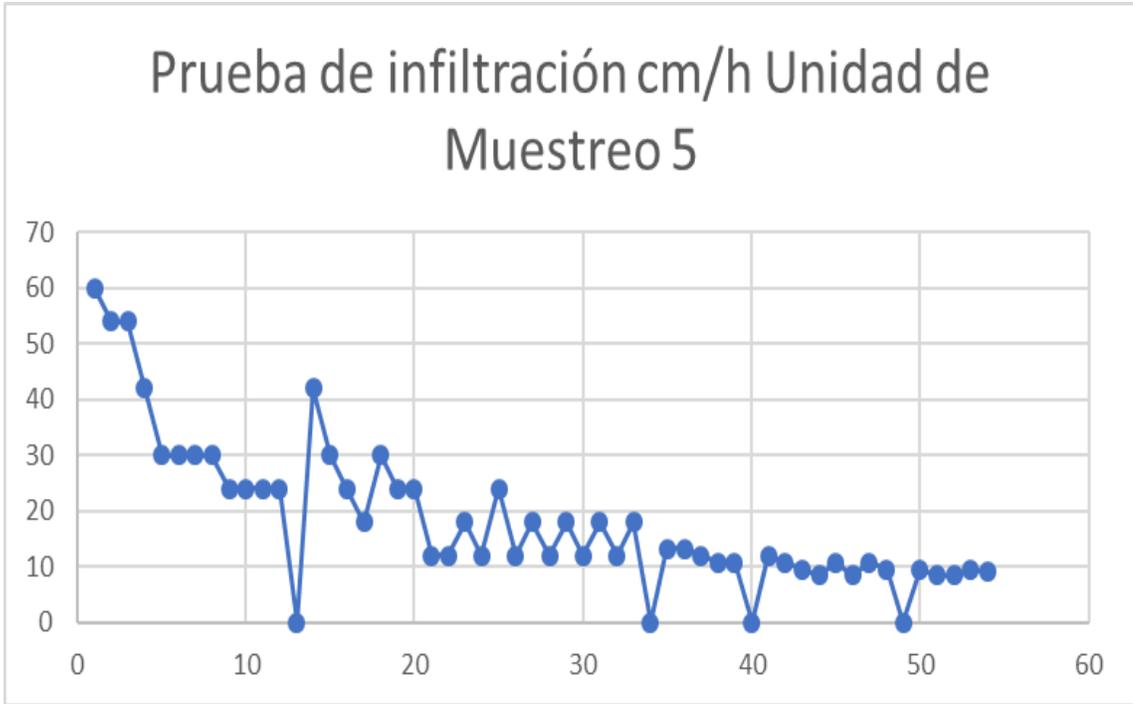


Figura 36A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 5.

Fuente: elaboración propia, 2018.

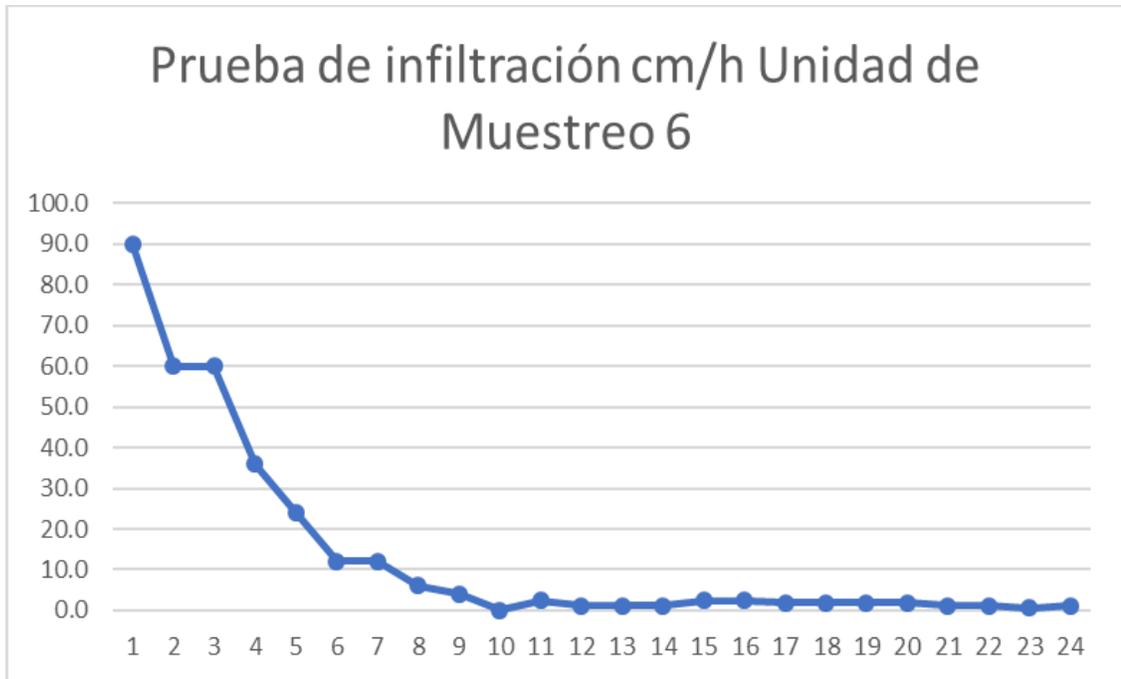


Figura 37A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 6.

Fuente: elaboración propia, 2018.

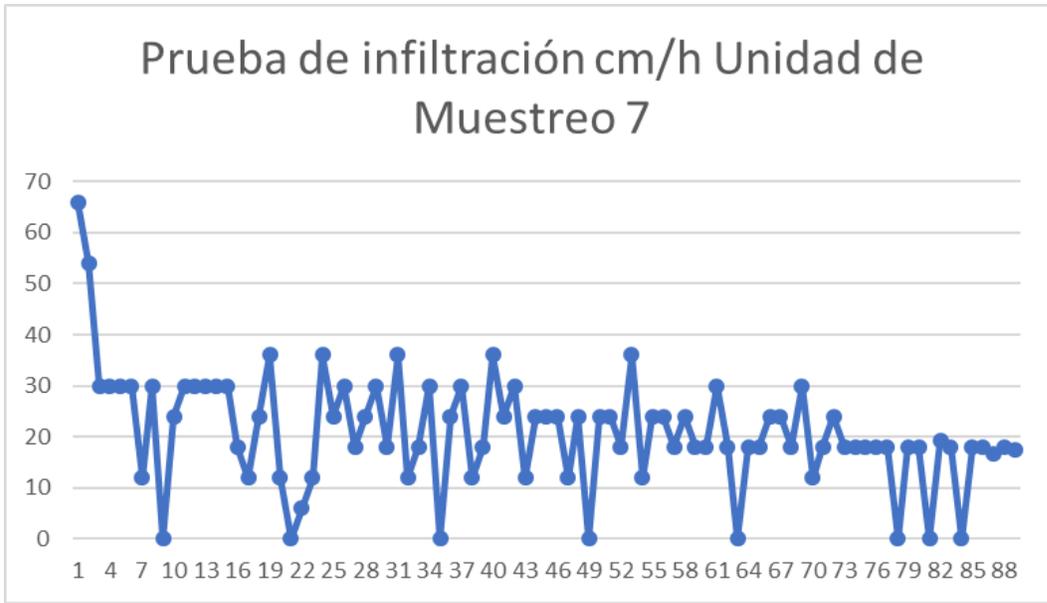


Figura 38A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 7.

Fuente: elaboración propia, 2018.

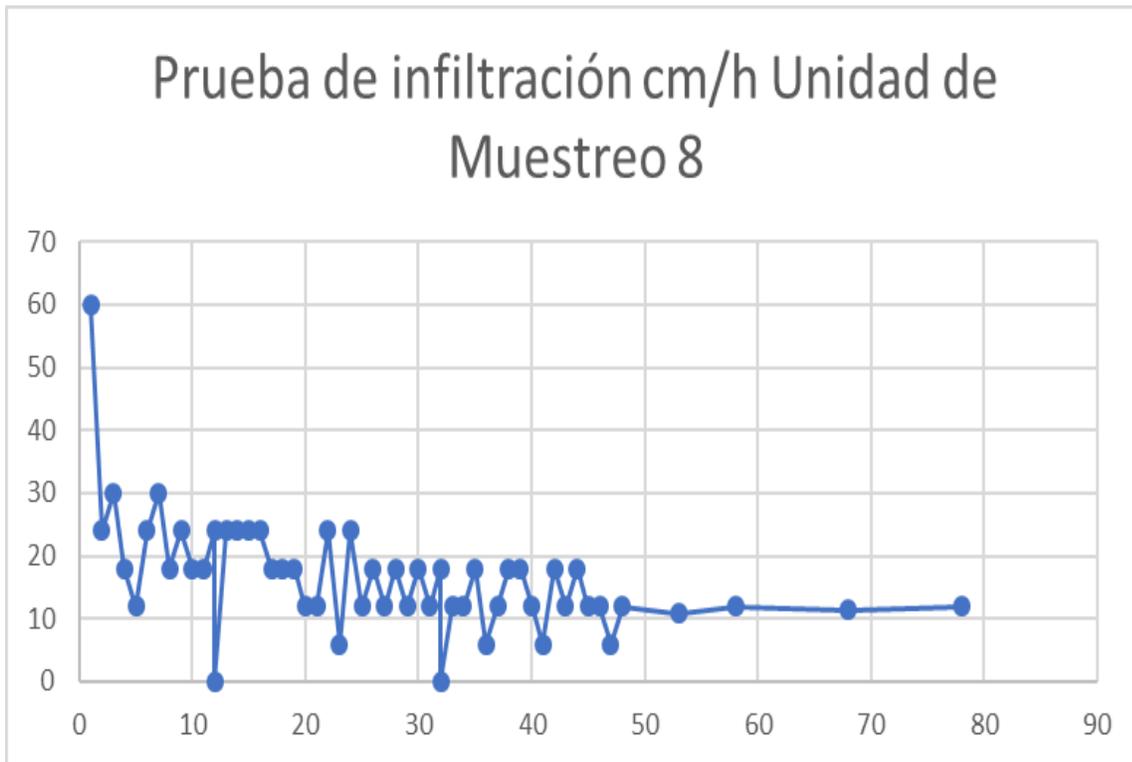


Figura 39A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 8.

Fuente: elaboración propia, 2018.

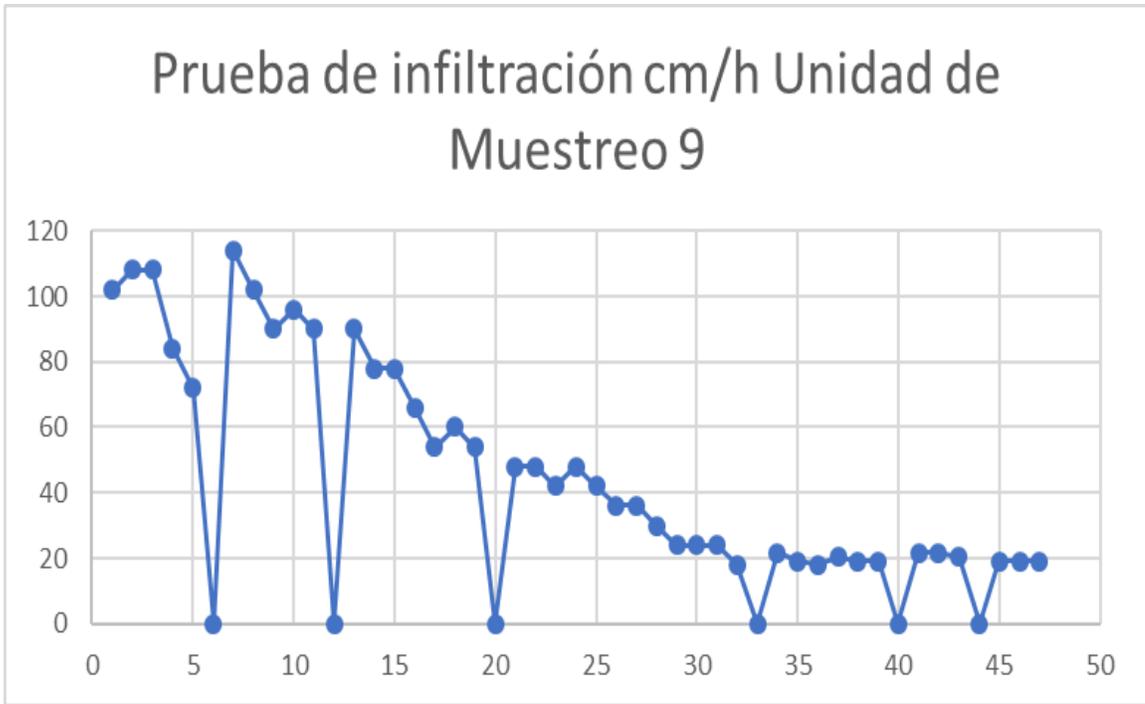


Figura 40A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 9.

Fuente: elaboración propia, 2018.

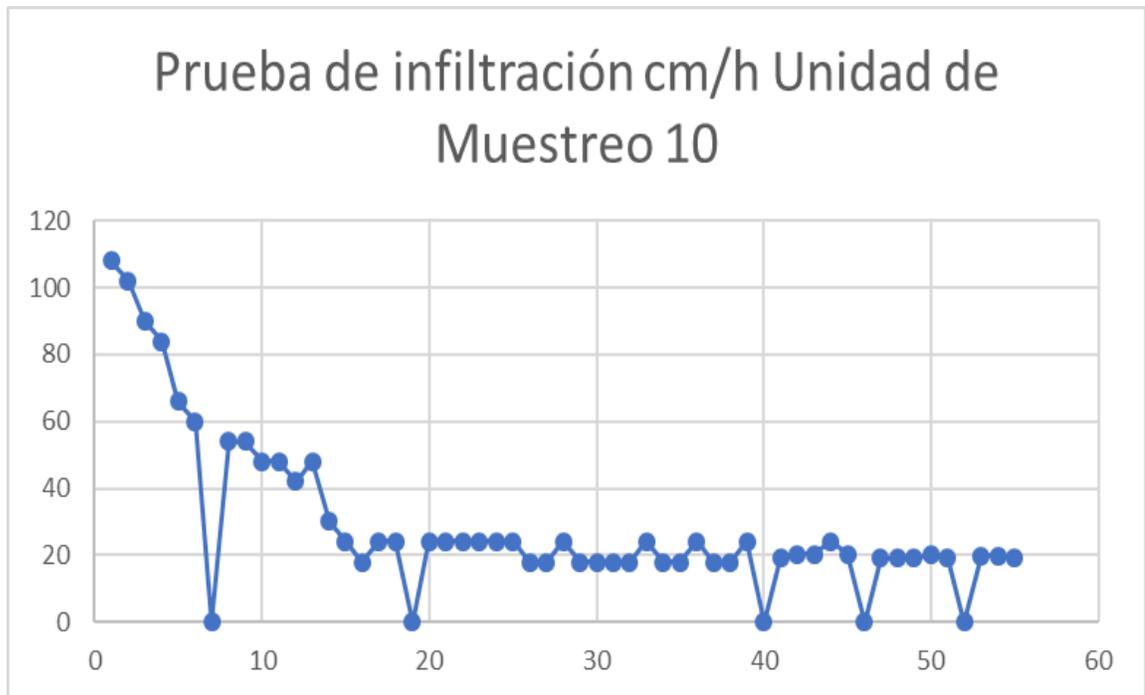


Figura 41A. Prueba de infiltración cm/h de la unidad de muestreo 10.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 41A. Cronograma de ejecución de determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica período de febrero-noviembre de 2018.

No	ACTIVIDAD	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Octubre	Septiembre	Noviembre
1	Se recopiló información cartográfica existente, información primaria para la elaboración de protocolo.										
2	Delimitación del área de estudio.										
3	Determinación de los puntos de muestreo para los análisis de suelos.										
4	Elaboración de los muestreos para determinación de la textura de suelo.										
5	Elaboración las pruebas de infiltración de suelos.										
6	Análisis y descripción de los parámetros morfométricos a utilizar en la elaboración de la identificación de zonas susceptibles a recarga hídrica.										
7	Procesamiento de los datos obtenidos en campo para la identificación de zonas susceptibles a la recarga hídrica.										
8	Descripción de las variables que se utilizan en la determinación de las zonas susceptibles a recarga hídrica.										
9	Elaboración de los mapas a utilizar para la implementación de la metodología de Matus Silva.										
10	Elaboración del mapa de zonas susceptibles a recarga hídrica haciendo uso de la metodología de Matus Silva y el mapa elaborado según el MAGA.										
11	Sistematización y análisis de la información generada en la investigación.										
12	Elaboración del documento de investigación.										

Fuente: elaboración propia, 2018.



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



**INTERESADO: FAO NACIONES UNIDAS**

**RESPONSABLE: VICTOR ALDANA**

**PROCEDENCIA: AREA IXIL, QUICHE**

**FECHA DE INGRESO: 27/8/2018**

**FECHA DE EMISION DE INFORME: 4/9/2018**

**#000198**

**ANALISIS QUIMICO-FISICO DE SUELOS**

IDENTIFICACION				%			CLASE TEXTURAL
	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K	Arcilla	Limo	Arena	
<b>M-1</b>	22.06	3.38	78.72	10.67	38.18	51.15	FRANCO
<b>M-2</b>	3.21	3.89	16.41	19.07	36.46	44.47	FRANCO
<b>M-3</b>	3.85	9.09	42.12	37.97	25.96	36.07	FRANCO ARCILLOSO
<b>M-4</b>	9.25	2.15	22.06	14.87	33.98	51.15	FRANCO ARENOSO
<b>M-5</b>	5.06	3.04	18.40	8.57	28.06	63.37	FRANCO ARENOSO
<b>M-6</b>	9.82	6.12	66.28	19.07	30.16	50.77	FRANCO
<b>M-7</b>	43.81	1.68	75.57	35.87	31.88	32.25	FRANCO ARCILLOSO
<b>M-8</b>	6.42	2.31	17.15	23.27	39.31	37.42	FRANCO
<b>M-9</b>	9.24	2.71	27.79	33.77	36.46	29.77	FRANCO ARCILLOSO
<b>M-10</b>	13.87	7.48	111.28	35.87	38.56	25.57	FRANCO ARCILLOSO



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)24189908, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1788

Figura 42A. Análisis químico-físico de suelos de las unidades de muestreo de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

**Fuente:** Laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orellana", Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018.



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



**INTERESADO:** FAO NACIONES UNIDAS  
**RESPONSABLE:** VICTOR ALDANA  
**PROCEDENCIA:** AREA IXIL, QUICHE  
**FECHA DE INGRESO:** 27/8/2018

**FECHA DE EMISION DE INFORME:** 4/9/2018 **#000198**

**ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

IDENTIFICACION	pH	Ppm					Meq/100 gr					%			C : N
		P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	M.O	N	
<b>RANGO MEDIO</b>	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	0.3-0.4	
<b>M-1</b>	7.5	2.32	0.10	1.50	3.00	7.00	56.42	21.84	0.99	0.23	0.29	41.39	10.10	0.59	17.1:1
<b>M-2</b>	5.5	1.49	0.10	1.50	7.00	9.00	60.33	2.25	0.70	0.29	0.18	5.65	10.85	0.50	21.7:1
<b>M-3</b>	5.6	1.36	0.10	1.50	4.00	18.50	48.17	13.47	3.50	0.26	0.38	36.56	7.45	0.62	12.0:1
<b>M-4</b>	6.3	1.35	0.10	3.00	2.00	4.50	71.18	20.90	2.26	0.28	1.05	34.41	11.74	0.90	13.0:1
<b>M-5</b>	6.0	1.15	0.10	7.50	2.00	13.50	55.12	7.49	1.48	0.37	0.49	17.81	6.13	0.86	7.1:1
<b>M-6</b>	6.0	1.18	0.10	2.00	1.00	9.50	59.02	16.97	1.73	0.46	0.28	32.93	10.22	0.77	13.3:1
<b>M-7</b>	7.3	1.69	0.10	0.10	2.00	0.10	32.55	37.68	0.86	0.23	0.51	>100	6.94	0.66	10.5:1
<b>M-8</b>	5.2	1.25	0.10	1.00	2.50	6.00	53.38	4.49	0.70	0.22	0.30	10.70	10.73	0.84	12.8:1
<b>M-9</b>	5.8	1.61	0.10	4.00	2.50	18.50	42.97	16.72	1.81	0.25	0.67	45.26	7.57	0.68	11.1:1
<b>M-10</b>	7.5	1.39	0.10	0.10	0.10	2.50	62.06	39.92	2.88	0.21	0.38	69.92	10.35	0.23	45.0:1



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 43A. Análisis químico de suelos de las unidades de muestreo de la microcuenca del río Azul, de la cuenca del río Xacbal.

**Fuente:** Laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orellana", Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018.

**CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA MARÍA NEBAJ, SAN GASPAR CHAJUL Y SAN JUAN COTZAL EN EL DEPARTAMENTO DE QUICHÉ, GUATEMALA..**





### 3.1 INTRODUCCIÓN

El Programa Conjunto Desarrollo Rural Integral-Ixil, responde al Marco programático de las Naciones Unidas en Guatemala (2015 -2019) específicamente a alcanzar los resultados siguientes: i) Población rural en condiciones de pobreza, desarrolla nuevas oportunidades económicas sostenibles en condiciones de competitividad sistémica; ii) El Sistema de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural y las Instituciones de gobierno que corresponden, desarrollan coordinadamente, políticas e inversiones que propician la protección, el uso responsable y la conservación de los recursos naturales y la resiliencia comunitaria para enfrentar los fenómenos naturales; iii) Hogares del área rural alcanzan la seguridad alimentaria y nutricional, con enfoque integral y sostenible; iv) Las poblaciones priorizadas incrementan su acceso y uso de servicios integrales de salud de calidad con pertinencia cultural y equidad; v) Los pueblos indígenas, principalmente jóvenes y mujeres ejercen una ciudadanía activa y participan efectivamente en la toma de decisiones en materia de desarrollo, a nivel comunitario, municipal, departamental y nacional.

El área de influencia del programa se encuentra en tres municipios de la región Ixil, siendo estos: Santa María Nebaj, San Gaspar Chajul y San Juan Cotzal, todos pertenecientes al departamento de Quiché. Como parte del proceso del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) se coordinaron acciones que contribuyeran a desarrollar soluciones multisectoriales e integrales para las comunidades afectadas por el enfrentamiento armado interno y que vienen afrontando problemas relacionados con la pobreza y la desigualdad, lo cual se ve reflejado en los altos índices de inseguridad alimentaria y nutricional, muerte materno-infantil y déficit de servicios básicos.

Dichas acciones se realizaron de acuerdo con los términos de referencia del EPS; de tal manera que las tareas estaban encaminadas a: **1)** Fortalecer las capacidades de MIPYMES de café y hortalizas, sobre prácticas y tecnologías agroecológicas y almácigos de café. **2)** Mejorar los estándares de calidad de las MIPYMES asociativas del área Ixil de café y hortalizas, especialmente de grupo de mujeres, para aumentar la capacidad productiva, acceso al mercado y comercialización y, **3)** Fortalecer las cadenas de valor agropecuarias

a través de intercambio de experiencias con empresas de producción agropecuaria y la participación en ferias de negocios y empresas con emprendimientos juveniles para la identificación de nichos de mercado. Por tal razón y en función de estas tres acciones es que se presentan a continuación los resultados de los servicios realizados.

## 3.2 OBJETIVOS

### 3.2.1 Objetivo general

Proporcionar el apoyo necesario en los proyectos de desarrollo por parte de la institución requerida, a través de la ejecución de servicios que contribuyan a la optimización productiva en el fortalecimiento de las cadenas de valor de la misma, contribuyendo con los grupos de jóvenes y mujeres agricultores del área Ixil (municipios de Nebaj, Cotzal y Chajul).

### 3.2.2 Objetivos específicos

- Construcción e instalación de dos estructuras y equipo de beneficio de café, para la mejora de la eficiencia del despulpado y secado en dos MIPYMES, como estrategia de capitalización y fortalecimiento de las cadenas de valor de café.
- Construcción y establecimiento de invernaderos para producción de hortalizas bajo condiciones controladas con grupos de emprendimientos de jóvenes y universidades del área Ixil.
- Brindar asistencia técnica y acompañamiento a grupos de emprendimiento y grupos de jóvenes, en la producción de tomate y chile dulce bajo condiciones controladas.
- Colaborar en el desarrollo de los módulos del diplomado de “producción especializada de hortalizas bajo condiciones controladas”.
- Participación y organización de giras de intercambio de experiencias en el fortalecimiento de cadenas de valor agrícola y producción de miel.

### **3.3 SERVICIO 1: INSTALACIÓN DE DOS ESTRUCTURAS Y EQUIPO DE BENEFICIO DE CAFÉ, PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL DESPULPADO Y SECADO EN DOS MIPYMES, COMO ESTRATEGIA DE CAPITALIZACIÓN Y FORTALECIMIENTO DE LAS CADENAS DE VALOR DE CAFÉ.**

#### **3.3.1 Introducción**

Como parte del fortalecimiento de capacidades en producción de café, se realizó el establecimiento de dos estructuras productivas de café en coordinación con dos MIPYMES participantes en el programa conjunto para fortalecimiento de las cadenas de valor de café.

Durante la construcción de estas estructuras se brindó la supervisión del montaje de la misma, con ayuda del equipo especializado de FAO, y la recepción del equipo de secado de gas y despulpadora eléctrica. Para validación de la tecnología en las dos MIPYMES de intervención, en dichos procesos de recepción e implementación estuvieron presentes los asociados de las MIPYMES para recibir las especificaciones técnicas de uso del equipo.

### 3.3.2 Objetivos

#### A. General:

- Mejorar los ingresos económicos de las familias y asociados de Cooperativa Integral Vértice del Norte -COVENORTE- y Asociación Desarraigada Maya Indígena -ADEMAYA- a través de la introducción de nuevas tecnologías para sistemas de producción de café.

#### B. Específicos:

- Facilitar la instalación de dos estructuras productivas de café para procesos de secado y despulpado.
- Brindar asistencia técnica en el uso adecuado de utilización de equipo de secadora y despulpadora de café a familias y asociados de Cooperativa Integral Vértice del Norte -COVENORTE- y Asociación Desarraigada Maya Indígena -ADEMAYA-.

### 3.3.3 Metodología

#### **A. Selección de los grupos de MIPYMES.**

La selección de los dos grupos de MIPYMES se realizó en base a una evaluación de las necesidades de todos los grupos involucrados en el programa, priorizando a los siguientes grupos: 1) Cooperativa Integral Vértice del Norte -COVENORTE-, la cual requería de la implementación de despulpado de café y secado para una mayor eficiencia en la producción y, 2) Asociación Desarraigada Maya Indígena -ADEMAYA-, requería de apoyo en el proceso de despulpado de café para un aumento en la eficiencia de producción de café.

#### **B. Selección de las áreas de implementación de las Infraestructuras.**

##### **a. Distribución de las áreas.**

En la selección de áreas, para el establecimiento de las estructuras, se consideró la concentración de productores de café que harán uso de las mismas, así como, la ubicación de las personas que estarán a cargo de la seguridad y la accesibilidad del producto a la maquinaria.

##### **b. Preparación de las áreas para montaje de las estructuras**

Se realizó terraplén en las áreas de montaje de las estructuras productivas, con el fin de que se encontraran a nivel y no se tuvieran problemas de encharcamiento o infiltración de agua en época de lluvia.

### **c. Montaje de las Infraestructuras**

Previó al montaje de las estructuras se realizó la orden de compra de material y equipo necesario, encargándose de su compra y traslado el equipo financiero del programa conjunto. De igual manera realizaron la contratación de un albañil, un consultor y un herrero para la elaboración y ejecución del montaje.

### **d. Monitoreo y seguimiento.**

Para poder evaluar la ejecución de dicho servicio se estableció un plan de monitoreo y seguimiento, en el cual se iba registrando el cumplimiento del cuidado de las estructuras y equipo de utilización en el proceso productivo del café. Para ello se realizaron dos visitas mensuales a cada área establecida y a la vez, se brindó la asistencia técnica a requerimiento de los usuarios.

### **3.3.4 Resultados**

A través de las instalaciones de dichas estructuras se benefició a 79 personas considerando, que en los términos de responsabilidad y uso de las estructuras se especifica que también será para uso de las familias de los beneficiados, que residen cerca de los lugares de ubicación de estas.

En los cuadros 42 y 43 se muestra el listado de personas beneficiadas de COVENORTE y ADEMAYA, a través del montaje de las estructuras productivas de café. Se consideró que también las personas (familias) de los asociados tuvieran acceso a hacer uso de la misma.

Cuadro 42. Personas asociadas beneficiadas para el uso del equipo de la infraestructura productiva de café.

<b>LISTADO DE PRODUCTORES BENEFICIADOS DESPULPADORA Y SECADORA</b>						
<b>Organización: Cooperativa Integral Agrícola Vértice del Norte</b>						
<b>No.</b>	<b>Código</b>	<b>Apellidos</b>	<b>Nombres</b>	<b>Superficie (Ha.)</b>	<b>Cuerdas</b>	<b>DPI</b>
1	NEB01	Guzmán Cedillo	Policarpo Francisco	1.30	30.00	2257 25878 1413
2	NEB02	de León Sánchez	Francisco	1.09	25.00	1902 76789 1413
3	NEB07	Bernal Rivera	Nicolas	0.30	7.00	2637 21876 1413
4	NEB09	Raymundo	Juan	0.87	20.00	1699 94570 1411
5	NEB10	Raymundo Cox	María	0.17	4.00	1573 87860 1413
6	NEB12	Raymundo Cobo	Pedro	1.57	36.00	1723 20895 1413
7	NEB13	Raymundo Raymundo	Jacinto	0.70	16.00	1622 96959 1413
8	NEB16	Matom Matom	Gaspar	4.65	107.00	1875 09824 1413
9	NEB19	Ceto Guzarro	Domingo	0.91	21.00	2354 27853 1413
10	NEB21	Villatoro Villatoro	Santos Daniel	1.22	28.00	1638 59531 1413
11	NEB22	Solis Marcos	Domingo	0.43	10.00	1592 80478 1413
12	NEB24	Marcos Cedillo	Jacinto	0.26	6.00	1655 69115 1413
13	NEB26	Brito Pérez	Ambrocio	0.52	12.00	1878 91044 1413
14	NEB30	Cobo Santiago	Andrés	0.35	8.00	1834 74147 1413
15	NEB32	Pérez y Pérez	Manuel	0.87	20.00	2635 15095 1411
16	NEB35	Raymundo Cux	Catarina	0.43	10.00	1626 66799 1413
17	NEB37	Brito Raymundo	Domingo	0.22	5.00	1912 50686 1413
18	NEB40	Ordoñez Utuy	Diego	0.91	21.00	1806 06786 1410
19	NEB43	López Sánchez	Alberto	1.13	26.00	1623 65802 1411
20	NEB44	Raymundo Cobo	Pedro	0.83	19.00	1723 20895 1413
21	NEB45	Corío Marcos	Jacinto	0.26	6.00	1580 71409 1413
22	NEB48	Villatoro Soto	Bruno Froilán	0.65	15.00	2536 85044 1405
23	NEB50	Baca	Diego	0.09	2.00	1658 09949 1413
24	AC01	Cobo Bernal	Benito	0.22	5.00	1615 05635 1413

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 43. Listado de asociadas beneficiadas para el uso del equipo de la infraestructura productiva de café.

<b>LISTADO DE PRODUCTORES BENEFICIADOS DESPULPADORA Y SECADORA</b>					
<b>Organización: Asociación Desarraigada Maya Indígena</b>					
<b>No.</b>	<b>Departamento</b>	<b>Municipio</b>	<b>Aldea</b>	<b>Apellidos</b>	<b>Nombres</b>
1	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	Hernández Castro	Pedro Oseas
2	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	López Cavo	Jacinto
3	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	Mendoza Solano	Mateo
4	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	Caba Mendoza	Antonia
5	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	Caba Escobar	María
6	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	Brito Brito	Juan
7	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	Caba Mendoza	Pedro
8	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	Caba Caba	Juan
9	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	Mendoza Asicona	Mateo
10	Quiché	San Gaspar Chajul	Jala Alas Flores	Pacheco Chivas	Pedro
11	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Solano Rivera	Manuela
12	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Ramírez Rivera	Nila
13	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	López Terraza	María
14	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	del Barrio Ví	Melchor
15	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Hernández Pacheco	Domingo
16	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Itzep Utuy	Martina
17	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Hu Caba	Pedro
18	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Pacheco López	Pedro
19	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Pacheco Hu	María
20	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Pacheco Ramírez	Manuela
21	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Hernández Caba	Juan
22	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Caba Caba	Antonio
23	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Hernández Caba	Juan
24	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Hernández Caba	María
25	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Pacheco Ramírez	Pedro
26	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Pacheco Ijom	Domingo
27	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	López Ramírez	Manuel
28	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Ramírez Escobar	Nila
29	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Mateo	María
30	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Anay Caba	Gaspar
31	Quiché	San Gaspar Chajul	Sotzil	Hu Pacheco	Marta

<b>LISTADO DE PRODUCTORES BENEFICIADOS DESPULPADORA Y SECADORA</b>					
<b>Organización: Asociación Desarraigada Maya Indígena</b>					
<b>No.</b>	<b>Departamento</b>	<b>Municipio</b>	<b>Aldea</b>	<b>Apellidos</b>	<b>Nombres</b>
32	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Cruz Bernal	Domingo
33	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Cruz Bernal	Paulo
34	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Cruz Bernal Zoo	Domingo
35	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Nunal Caba	Mateo
36	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Castañeda Gonzales	Alejandro
37	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Nunal Laynez	Mateo
38	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Matom	Francisco
39	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Pastor Marcos	Miguel
40	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Sánchez Solano	Manuel
41	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Brito Brito	Marta
42	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Caba Cruz	Domingo
43	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Layne Brito	Francisco
44	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Asicona Ramírez	Pedro
45	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Viatriz	Juana
46	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Cruz Bernal	Nicolás
47	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Cruz Velasco	Miguel
48	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Bernal Mendoza	Paulo
49	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	María Santiago	José
50	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Canay	Nicolás
51	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Castañeda Raymundo	María
52	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Mendoza Mo	María
53	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	López	Juan
54	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	García Cruz	Salome
55	Quiché	San Gaspar Chajul	Chel	Méndez	Salvador

Fuente: elaboración propia, 2018.

A continuación, se muestran una serie de figuras las cuales muestran el proceso de construcción de las infraestructuras de café en las Instalaciones de Cooperativa Integral Agrícola Vértice del Norte -COVENORTE- en Cantón La Planta, Nebaj, y en Aldea Jala Alas Flores en el municipio de San Gaspar Chajul con la Asociación Desarraigada Maya Indígena -ADEMAYA-.



Figura 44. Medición de área para montaje de estructuras productivas de café en Nebaj con COVENORTE.

**Fuente:** Ing. Agr. Henry Arévalo, 2018.



Figura 45. Instalación de costaneras de estructura para COVENORTE.

**Fuente:** Ing. Agr. Henry Arévalo, 2018.



Figura 46. Avances en la construcción en COVENORTE.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 47. Estructura para cosecha de café para COVENORTE.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 48. Capacitación acerca del uso de la despulpadora de café con asociados de COVENORTE.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 49. Capacitación acerca del uso de la secadora de café con asociados de COVENORTE.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 50. Preparación del área para montaje de estructura productiva de café con ADEMAYA, en aldea Jala Alas Flores.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 51. Área preparada para montaje de estructura para ADEMAYA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 52. Montaje de la estructura productiva de café con ADEMAYA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 53. Avances en el montaje de estructura con ADEMAYA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 54. Estructura productiva de café para uso de ADEMAYA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 55. Capacitación acerca del uso de la despulpadora de café con asociados de ADEMAYA.

**Fuente:** Ing. Agr. Henry Arévalo, 2018.

### **3.4 SERVICIO 2: ESTABLECIMIENTO DE INVERNADEROS PARA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS CON GRUPOS DE EMPRENDIMIENTOS DE JÓVENES Y UNIVERSIDADES DEL ÁREA IXIL.**

#### **3.4.1 Introducción**

En el capítulo I de este documento, se mencionó que las principales actividades económicas realizadas dentro del área de intervención del programa son de tipo agrícola, principalmente producción de hortalizas, sin embargo, muchos de los productores presentan pérdidas en sus cosechas debido a los cambios repentinos de clima, como heladas o sequías, afectando las capacidades de producción y disminuyendo el ingreso económico para las familias. De ahí la necesidad de la utilización de sistemas productivos bajo condiciones controladas, que puedan suplir las necesidades de temperatura y humedad que requieren los cultivos, así como, acortar el ciclo del cultivo y la posibilidad de cultivar en varios períodos que no dependan de las condiciones climatológicas.

Es por ello que, a través del apoyo del programa, se realizó la compra de materiales y suministros para el establecimiento de invernaderos para la producción de hortalizas bajo condiciones controladas, involucrando a grupos de jóvenes de emprendimiento y estudiantes de distintas Universidades dentro del Área Ixil.

### 3.4.2 **Objetivos**

#### **A. General**

- Establecer seis invernaderos para producción de hortalizas bajo condiciones controladas, con grupos de jóvenes emprendedores y universitarios del Área Ixil.

#### **B. Específicos**

- Capacitar a grupos de jóvenes emprendedores y universitarios acerca de las especificaciones técnicas que debe cumplir un invernadero.
- Brindar asistencia técnica en el uso de los invernaderos a los grupos participantes.

### 3.4.3 Metodología

#### A. Selección de los grupos

Para la selección de los grupos de jóvenes emprendedores y universitarios se tomaron en cuenta a aquellos que no contaban con algún tipo de infraestructura productiva, pero si con terreno para la construcción de un invernadero.

#### B. Compra y entrega de materiales

Se entregaron los materiales para la construcción de los invernaderos, considerando que los grupos por parte de ellos tendrían que apoyar con la mano de obra y el material de madera y clavos para la construcción, dando solamente el plástico y la malla antivirus para su construcción, así como la asesoría técnica en el proceso de este.

#### C. Monitoreo y Seguimiento

Para darle seguimiento a la construcción de los invernaderos, se brindó el acompañamiento durante el proceso de construcción, realizando visitas mensuales para supervisar el estado de los invernaderos y dar recomendaciones de cuidado de los mismos.

### 3.4.4 Resultados

Los invernaderos establecidos fueron tres con modelo tipo capilla, similar a la estructura de un galpón con techo a dos aguas. Los grupos de trabajo fueron los siguientes:

- a. Jóvenes de la Universidad Ixil, sede San Gaspar Chajul.

- b. Jóvenes del Centro Universitario de Quiché -CUSACQ-, sede Nebaj.
- c. Jóvenes emprendedores del Comité Productivo para el Desarrollo Juvenil Chelem Kab´-COPRODE-.

En las figuras de la 56 a la 61 se muestran el proceso de levantamiento de la estructura de los tres invernaderos, hasta la colocación de la protección y/o cubierta del mismo.



Figura 56. Estructura de invernadero con grupo de jóvenes de COPRODE.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 57. Colocación de nylon a invernadero con jóvenes de COPRODE.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 58. Invernadero del grupo de jóvenes COPRODE.  
**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 59. Levantamiento de la estructura de invernadero para grupo de la Universidad Ixil de la sede de Chajul.  
**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 60. Colocación de nylon y malla antiviral al invernadero de los jóvenes de la universidad Ixil.  
**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 61. Invernadero del grupo de jóvenes de la extensión de Nebaj de CUSAQC.  
**Fuente:** elaboración propia, 2018.

### **3.5 SERVICIO 3: BRINDAR ASISTENCIA TÉCNICA Y ACOMPAÑAMIENTO A GRUPOS DE EMPRENDIMIENTO Y GRUPOS DE JÓVENES, EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE Y CHILE DULCE BAJO CONDICIONES CONTROLADAS.**

#### **3.5.1 Introducción**

Uno de los logros que buscaba el programa conjunto era el de incrementar la economía local a través de las cadenas de valor agrícola involucrando a la población joven, especialmente a mujeres y/o emprendedores. Para ello se realizaron diferentes acciones en mejora de los sistemas de producción agrícola ya existentes, entre estas la producción de hortalizas, por lo que se brindó asistencia técnica en producción de tomate y chile dulce bajo condiciones controladas a través de invernaderos. De igual manera se involucró a un grupo de productores de papa para mejora de sus capacidades productivas.

### 3.5.2 **Objetivos**

#### **A. General**

- Fortalecer las cadenas de valor agrícola de productores de hortalizas y papa mediante asistencia técnica en mejora de sus sistemas de producción.

#### **B. Específicos**

- Dar a conocer a los productores de hortalizas y papa el manejo adecuado que se le deben de brindar a los cultivos.
- Capacitar acerca del uso de las Buenas Prácticas Agrícolas y Manejo para un mayor rendimiento en la producción de hortalizas y papa.

### 3.5.3 Metodología

Como primer paso se realizó la identificación de grupos participantes en el programa conjunto, así como su ubicación de trabajo, esto con el fin de planificar las visitas a campo. Los aspectos que se abordaron mediante la asistencia brindada fueron los siguientes:

- Identificación de mejoras de los sistemas productivos ya existentes,
- Donación de material vegetativo (pilones y/o semillas),
- Capacitación en el uso de buenas prácticas agrícolas y,
- Recomendaciones para el cuidado y manejo de cultivos

Para darle seguimiento y monitoreo a las actividades recomendadas mediante la asistencia brindada, se realizó una visita semanal a cada grupo participante para observar y evaluar el cumplimiento y el beneficio de los sistemas productivos.

### 3.5.4 Resultados

La asistencia técnica brindada en la producción de hortalizas bajo condiciones controladas se realizó en la etapa de producción, en donde se realizaron actividades en los invernaderos de tomate tipo pera variedad Retana y chile dulce variedad Natalie, asimismo el fortalecimiento a un grupo de productores de papa.

Las actividades realizadas con los diferentes grupos se desarrollaron en campo, en la preparación del terreno y siembra de pilones y/o semilla de diferentes cultivos (tomate, chile dulce y papa), y asistencia en el cuidado y desarrollo del cultivo.

Los grupos de jóvenes universitarios, emprendedores y mujeres asistidos fueron los siguientes:

- a. Jóvenes de la Universidad Ixil, sede San Gaspar Chajul.
- b. Jóvenes del Centro Universitario de Quiché -CUSACQ-, sede Nebaj.
- c. Jóvenes emprendedores del Comité Productivo para el Desarrollo Juvenil Chelem Kab´-COPRODE-.
- d. Asociación para el desarrollo Integral Económico y Social de Acul -ADIESA-.
- e. Grupo de Mujeres Flor de Buena Vista -GM BUENA VISTA-.
- f. Grupo de Mujeres el Buen Sembrador -GM EL SEMBRADOR-.
- g. Asociación para la Prosperidad Integral de Xexuxcap -APPIX-.



Figura 62. Entrega de pilones de tomate, chile dulce y producto Bayfolan a grupo de mujeres "El Sembrador".

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 63. Preparación del terreno para trasplante de pilones con el grupo "El Sembrador".

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 64. Trasplante de pilones en invernadero con grupo "El Sembrador".

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 65. Crecimiento de tomate en invernadero del grupo "El Sembrador".

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 66. Visita de asistencia técnica en el invernadero con chile dulce del grupo de jóvenes de CUSACQ sede en Nebaj.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 67. Visita de asistencia técnica en el desarrollo de crecimiento de tomate al grupo de mujeres "Buena Vista".

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 68. Fruto de tomate.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 69. Cultivo de tomate bajo condiciones controladas de grupo de mujeres de "El Sembrador".

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 70. Entrega de semilla de papa a grupo de jóvenes para implementación de emprendimiento.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 71. Área de trabajo para producción de ejote francés para exportación, bajo condiciones controladas.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 72. Cultivo de ejote francés dentro de casa malla.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 73. Cultivo de ejote francés dentro de casa malla.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.

### **3.6 SERVICIO 4: COLABORAR EN EL DESARROLLO DE LOS MÓDULOS DEL DIPLOMADO DE “PRODUCCIÓN ESPECIALIZADA DE HORTALIZAS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS”.**

#### **3.6.1 Introducción**

Como se vienen mencionando anteriormente en el documento, uno de los objetivos más importantes a alcanzar por el proyecto es el de incrementar la economía local, involucrando a la población joven y productores. Para ello una de las acciones consistía en mejorar y fortalecer las capacidades productivas ya existentes en el área, por lo que se decidió impartir un diplomado sobre producción especializada de hortalizas bajo condiciones controladas, dirigido principalmente a jóvenes productores de hortalizas como chile dulce y tomate.

El diplomado consistió en el desarrollo de módulos teóricos, esto con el fin de obtener una mejor distribución y poder abarcar el contenido previsto. A través de esto se espera que los jóvenes estén preparados para la producción de hortalizas bajo condiciones controladas y su mercado.

### 3.6.2 **Objetivo**

#### **A. General**

- Colaborar en el desarrollo de módulos del diplomado de “Producción especializada de hortalizas bajo condiciones controladas” dirigido a jóvenes de la región Ixil.

#### **B. Específicos**

- Dar a conocer a los jóvenes productores de hortalizas la importancia de un manejo adecuado de los cultivos en invernadero.
- Brindar herramientas necesarias para desarrollar nuevos mercados de venta en hortalizas
- Fortalecer las capacidades de los jóvenes acerca de la diversidad de cultivos que se pueden producir en invernaderos.

### 3.6.3 Metodología

#### A. Selección de las áreas.

Para la realización del diplomado se consideraron aquellos lugares céntricos y donde se encuentran concentrados los jóvenes emprendedores productores de hortalizas, ubicando así tres puntos para la realización de los diplomados siendo los siguientes:

- Aldea Acul, del municipio de Santa María Nebaj.
- Centro del municipio de Santa María Nebaj.
- Centro del municipio de San Gaspar Chajul.

#### B. Selección de personas participantes

Para la selección de las personas participantes, se consideró a todos los jóvenes que son productores de hortalizas y estuvieran interesados en adquirir nuevo conocimiento acerca de producción de hortalizas. Para ello fueron invitados a participar a jóvenes que integran los diferentes grupos de emprendimiento, así como los jóvenes conocidos por esas mismas personas.

### 3.6.4 Resultados

A través de la formación impartida con los módulos del diplomado se logró capacitar y fortalecer las capacidades de más de 50 jóvenes productores de hortalizas en los temas siguientes:

- Buenas prácticas agrícolas
- Manejo de cultivos

- Uso de agroquímicos
- Producción de semillas de papa
- Infraestructuras de producción, material y equipo de uso agrícola



Figura 74. Jóvenes participantes en los Módulos del Diplomado "Producción especializada de hortalizas bajo condiciones controladas" llevado a cabo en Santa María Nebaj.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 75. Jóvenes participantes en los Módulos del Diplomado "Producción especializada de hortalizas bajo condiciones controladas" llevado a cabo en San Gaspar Chajul.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 76. Jóvenes participantes en los Módulos del Diplomado "Producción especializada de hortalizas bajo condiciones controladas" llevado a cabo en aldea Acul, Santa María Nebaj.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.

En el cuadro siguiente se enlistan a los más de 50 jóvenes participantes en el diplomado de producción de hortalizas bajo condiciones agrícolas, de los diferentes grupos en los distintos municipios.

Cuadro 44. Listado de nombres de jóvenes participantes en los diplomados de producción de hortalizas bajo condiciones controladas.

Nombres y Apellidos	Nombres y Apellidos	Nombres y Apellidos
Alejandro López	Jacinta Elizabeth Chel R.	Mariel Bernal Gallego
Alicia Angelica de León S.	Jacinta Marisol Santiago de León	Máximo Antonio Guzaro Ceto
Ambrocio Benjamín Corio de León	Jerónimo Chávez Brito	Miguel Alonzo Caba Nunal
Ana Belinda Xinic Ijom	Juan Bernave Brito Pérez	Miguel Brito Cobo
Ana Caba Rivera	Juan Carlos Brito	Miguel Ceto Chávez
Ana Lucrecia Méndez Pacheco	Juan Carlos Herrera Brito	Miguel Isaías de León Corio
Ana Mariela Bernal Raymundo	Juan Edwin Alexander Castro	Miguel Raymundo Gallego
Antonia Angélica Caba	Juan Escobar Chávez	Noemi Isabela Raymundo C.
Antonio Balvino Caba Zuñiga	Juan José Calel Ajanel	Norma Cristina Calel Ajanel
Baltazar Adolfo A. A.	Juan Rosendo Guzmán R.	Oscar Domingo Zuñiga Pacheco
Baltazar Laynez Anay	Juana Angelica Matóm	Pablo Higinio Anay Caba
Benito de León Santiago	Juana Arely Rivera Mendoza	Pedro Alberto de León Sanchez
Carlos Alberto Molina	Juana Cuplay López	Pedro Eduardo Caba Ijom
Catarina Esther Ceto Guzaro	Juana Kimberly Sánchez Cedillo	Pedro Gilberto Raymundo
Catarina Griselda Brito Nunal	Juana Laynez Hú	Pedro Ijom Caba
Cecilia de Paz Corio	Juana Rebeca Sánchez R.	Pedro Rivera Brito
Daniel Ceto	Julia Feliciano Marcos Corio	Pedro Urías de León Corio
David Sánchez Caba	Karina Clarimeria Guzmán Brito	Rey David Mendoza Hu
Deysi Elizabeth Calel Ramos	Karla Teresa Chávez	Ricardo Antonio Brito Sanchez
Diego Francisco Raymundo	Kevin Francisco Ceto Pérez	Rosa Cecilia Ramirez Caba
Diego Geovanny Chel Cobo	Lenny Dallana Sanchez Brito	Rosa Egedia Caba Caba
Diego Guzaro Cobo	Lina Alicia Raymundo Ceto	Rosa Escobar Escobar
Diego Yovani Pérez Santiago	Lisbeth Mayte Natareno Guzmán	Rosa Lopez Caba
Domingo Axcel Asicona A.	Lucas Gilberto Caba Sánchez	Rosa Pacheco Mateo
Edgar Gaspar Mendez	Magdalena Ví Sánchez	Rosa Vilma Ijom Sanchez
Edyson Franklyn Ceto Cedillo	Manuel Caba Ortega	Salvador Anay Bop.
Elena López Caba	Manuel Roberto Ví Caba	Sandra Melissa López
Elena Regina Pacheco Batz	Manuela Caba Caba	Teresa Deisy Mateo Zuñiga
Eliezer Antonio Ezequias B.	Manuela Heydi Sanchez	Teresa Raymundo Puentes
Ericka Margarita Guzmán A.	Marcos Mauricio Zuñiga	Tomas Eriberto Anay A.
Felipe Raymundo Ceto	Margarita Hú Laynez	Tomás Ezequiel Cobo Pérez
Francisca Elizabeth Terraza Velasco	Margarita Laynez Ortega	Tómas Raymundo Matóm
Francisco Alejandro Terraza de Paz	María Caba Caba	Tomás Rodrigo Matóm Brito
Francisco Edmundo Solis Raymundo	María Caba Telis	Vicente Raúl Marcos López
Francisco Eliseo Brito Chel	María Cecilia López Caba	Vilma Angelica Sajic Marcos
Francisco Velasco Brito	María del Carmen Mo'R	Walter Bartolome C.
Gaspar Daniel Mendoza López	María Evelinda Asicona Caba	
Gaspar Rivera Bernal	María Yolanda Bop Ijom	

Fuente: elaboración propia, 2018.

### **3.7 SERVICIO 5: GIRAS DE INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS EN EL FORTALECIMIENTO DE CADENAS DE VALOR AGRÍCOLA Y PRODUCCIÓN DE MIEL.**

#### **3.7.1 Introducción**

Se facilitó el acercamiento y la coordinación para desarrollar un Intercambio de Experiencias entre integrantes del Grupos de emprendimiento de producción de hortalizas; y la Escuela Nacional de Agricultura -ENCA- para una nueva herramienta en la agricultura orgánica para el manejo de control de plagas y enfermedades por medio de la Homeopatía Agrícola en la Región Ixil, la cual se desarrolló en las Instalaciones de la ENCA, Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala, en el mes de abril del año 2018.

Entre los objetivos propuestos en esta actividad están: Propiciar un espacio de aprendizaje; Incentivar la formación de una red de conocimientos sobre nuevas herramientas en la agricultura para manejo de control de plagas y enfermedades; Conocer los diferentes productores y herramientas agrícolas por parte de los distintos participantes en el día de campo.

Proporcionar un área de intercambio de experiencias en el manejo de cultivo de papa y en la producción de miel, haciendo de los jóvenes productores de la región Ixil, interactuaran con jóvenes y adultos productores de papa y miel de otras regiones del occidente, en las actividades realizadas en las giras de campo organizadas y planificadas por las diferentes instituciones.

### 3.7.2 Objetivos

#### A. General

- Realizar cuatro giras de intercambio de experiencias en el tema de cadenas de valor agrícola y productores de miel, entre productores de la región Ixil y otros espacios de articulación.

#### B. Específicos

- Conocer acerca del manejo de plagas y enfermedades por medio de la homeopatía agrícola.
- Adquirir conocimiento sobre buenas prácticas en el manejo apícola en la región de occidente del país.
- Visitar un sistema de producción de semilla de papa certificada y sus procesos.
- Producción de semilla, cosecha, manejo de cultivo y procesamiento de lavado de papa.

### 3.7.3 Metodología

Como primer paso se realizó la identificación de los grupos participantes en el programa conjunto Ixil, así como la ubicación de trabajo y la finalidad de producción del grupo, esto con el fin de tener un listado de grupos y su finalidad para la planificación, invitación a participar en los eventos o actividades agrícolas que se programan en el transcurso del año. Los aspectos que se abordaron mediante la selección de los grupos participantes a ciertas actividades fueron las siguiente:

- Identificación de la finalidad de producción del grupo (miel, papa, hortalizas).
- Selección de la actividad a realizarse,
- Selección de número de personas y los grupos a participar en la actividad seleccionada,
- Realización del perfil de gastos para la actividad (hospedaje, transporte, planificación de viaje y días, alimentación, etc.),
- Los participantes por grupo deben de saber leer y escribir, así como también es requisito que le transmitan las experiencias adquiridas a los demás compañeros o integrantes de los grupos.

Para darle seguimiento y monitoreo a los grupos participantes en las giras de campo, se consideran a las mismas personas para que puedan participar en otra gira de campo similar, para el enriquecimiento del aprendizaje, así como la supervisión técnica de las practicas aprendidas en el área de trabajo de los mismos.

### 3.7.4 Resultados

Gira 1: Realizada 11, 12 y 13 de abril 2018, sobre herramienta en la agricultura orgánica para el manejo de control de plagas y enfermedades por medio de la Homeopatía Agrícola, en Instalaciones de la Escuela Nacional de Agricultura –ENCA-. Esta gira se realiza

En esta gira participaron los integrantes de distintos grupos de emprendimiento de producción de hortalizas de la región y la Escuela Nacional de Agricultura -ENCA- para una nueva herramienta en la agricultura orgánica para el manejo de control de plagas y enfermedades por medio de la Homeopatía Agrícola.



Figura 77. Demostración de nuevas tecnologías para ahorro de tiempo en la clasificación de tomate por su tamaño.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 78. Explicación de los distintos tipos de cultivos que estuvieron en demostración los días de campo en las instalaciones de la ENCA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 79. Demostración del equipo a utilizar en la agricultura.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 80. Demostración de cultivo de chile dulce en su presentación de colores en uno de los macro túneles demostrativos en las instalaciones de la ENCA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 81. Demostración de los síntomas desarrollados en el ciclo de cultivo con utilización de productos orgánicos.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 82. Demostración de productos orgánicos para producción de hortalizas.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.

Gira 2: Realizada el 21 y 22 de junio 2018, sobre la participación del II Encuentro Apícola en Huehuetenango.

Grupos participantes en la gira de campo:

- Cooperativa Integral Agrícola Maya Ixil - CICOMI-
- Asociación de Campesinos para el Desarrollo Social Maya Ixil -ASOIXIL-
- Cooperativa Santa María -SANTA MARIA-
- Comité Productivo para el Desarrollo Juvenil Chelem Kab´-COPREDE-

En este segundo encuentro la problemática central que abordaron la muerte de las abejas a nivel nacional, enfocándolo en sus efectos en la economía y comportamiento del mercado de acuerdo con la diversidad de productos. De igual manera se abordaron temas paralelos del manejo de colmenas, uso de agroquímicos, material y equipo utilizado en la apicultura en Guatemala.



Figura 83. Parte expositiva de diversidad de temas en el Salón del Hotel San Francisco en Huehuetenango.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 84. Inauguración del Segundo Encuentro Apícola llevado a cabo en Huehuetenango.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 85. Parte de presentación del material y equipo que se utiliza en la apicultura por parte de la institución de HELVETAS.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 86. Parte demostrativa de una de las colmenas de abejas en la caja de vidrio llevada por apicultores de Quetzaltenango.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 87. Demostración de productos de miel por parte de apicultores de Huehuetenango.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 88. Demostración de productos de miel por parte de apicultores de San Marcos.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.

Gira 3: Realizada el 1, 2 y 3 de octubre 2018, para el aprendizaje sobre la producción de semilla certificada de papa en el Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas -ICTA Quetzaltenango-.

Los objetivos de esta gira fueron conocer e incentivar la formación de una red de conocimientos sobre buenas prácticas en torno a la producción de semilla de papa certificada, así como, dos sistemas de propagación de semilla de papa (Sistema de Propagación IN VITRO y Sistema Autotrófico Hidropónico para la propagación de plántulas con fines de producción de tubérculos)

También se tuvo una parte expositiva de las diferentes características de siete variedades de papa en el mercado (Variedades: JAQUELINE LEE, ICTA PALESTINA, LA MOKA, ICTA 6014, GRANOLA, MAJESTAD PURPURA, CHIEFTAIN).



Figura 89. Parte expositiva de una de las variedades de papa producidas en el ICTA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 90. Parte expositiva del proceso de siembra, manejo y cosecha de cultivo de papa en el ICTA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 91. Identificación de los diferentes proyectos de experimentación manejados por el ICTA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 92. Parte expositiva de las variedades Majestad Purpura y Chieftain conocidas como papas de colores en el ICTA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 93. Parte demostrativa de los dos tipos de sistemas de propagación IN VITRO y AUTOTRÓFICO HIDROPÓNICO de plántulas con fines de producción tubérculos - semilla de papa (*Solanum tuberosum* L).

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 94. Parte expositiva de cultivo de Pak Choi una de las especies producidas por el ICTA.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.

**Gira 4:** Realizada el 11 de septiembre 2018, sobre aprendizaje sobre la producción de semilla, cosecha, manejo de cultivo y procesamiento de lavado de papa con productores de papa de la Asociación de Desarrollo Integral los Altos -ADIAA- y la Asociación de productores agrícolas el Caracolito -ASOPRAC- en el de municipio de San Miguel Uspantán, Quiché.

En esta gira participaron jóvenes de la Asociación para la Prosperidad Integral de Xexuxcap -APPIX-, en pudieron intercambiar experiencias en la producción de semilla de papa y conocer sobre las cajas mejoradas en la germinación de semillas para la producción y el proceso de lavado de papa.



Figura 95. Infraestructura sencilla de producción de semilla de papa.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 96. Papa en cajas germinadoras para darle el manejo adecuado para la producción de semilla de papa.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 97. Cultivo de papa al aire libre de uno de los productores de papa de la asociación de ADIAA en Uspantán.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 98. infraestructura construida con material plástico y madera para la producción de semilla de papa.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 99. Centro de lavado y clasificación de papa y hortalizas de exportación de la Asociación de Productores Agrícolas el Caracolito -ASOPRAC- en Aldea El Caracolito, Uspantán, Quiché.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 100. Infraestructura mejorada construida con material de lámina de aluminio, lamina plástica, malla antiviral y bases de concreto para la producción de semilla de papa.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 101. Cajas germinadoras de semilla de papa elaboradas por personas productoras de papa en Uspantán.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.



Figura 102. Pileta de lavado de papa luego de su cosecha en campo.

**Fuente:** elaboración propia, 2018.

### 3.8 CONCLUSIONES

1. Con el apoyo del Programa Conjunto Ixil de FAO se logró establecer nuevas estructuras y tecnologías productivas dentro del área Ixil siendo estas las siguientes: a) dos instalaciones para beneficio de café, con un espacio de 20 m<sup>2</sup> cada una y equipo de despulpado y secadora de gas, obteniendo mejorar en los procesos de trazabilidad del mismo, b) la construcción seis invernaderos para la producción de hortalizas bajo condiciones controladas, con espacio de 50 m<sup>2</sup> cada uno, mejorando así el manejo de cultivos para un alto rendimiento en la cosecha. Siendo estos dos servicios realizados un gran aporte al fortalecimiento de las cadenas de valor agrícola.
2. La asistencia técnica facilitada por parte del EPS abarco temas de funcionamiento y consolidación del manejo adecuado de cultivos agrícolas, abordando temas en el uso y/o aplicación de las BPA's y BPM's, como actor colectivo que propicia a tener un fortalecimiento de las cadenas de valor y fortalecimientos de las MIPYMES de mayor y menor escala de café y hortalizas, que prevalece en los municipios de la región Ixil.
3. En el tema del fortalecimiento de capacidades se realizaron procesos de formación y capacitación dirigidos a jóvenes productores de hortalizas y papa de la región Ixil para abordaje de las BPA's, BPM's, manejo de cultivos, uso de agroquímicos, mercado, producción de semillas de papa, infraestructuras de producción, material y equipo de uso agrícola. Este servicio se realizó como parte de un mecanismo para mejorar la producción de hortalizas.

4. A través de las giras de intercambio de experiencia dirigido a jóvenes productores de papa, hortalizas y dedicados a la apicultura de la región Ixil para conocimiento de nuevas experiencias de manejo de cultivos o colmenas en los diferentes departamentos del país y en los diferentes tratamientos utilizados por los distintos grupos participantes en las actividades de cambios de experiencias, se destaca como una prioridad de intervención del Programa Conjunto Ixil la efectividad de las giras de intercambio de experiencias como un mecanismo que mejorará el desempeño de los participantes en los temas de abordaje y acciones de producción de hortalizas, papa y en la apicultura en las actividades de ahora en adelante, lo cual se tomará nuevamente en cuenta en la implementación del Programa Operativo Anual para el siguiente año.

### 3.9 RECOMENDACIONES

1. Integrar al proyecto de huertos familiares a los jóvenes seminaristas del Instituto Nacional de Educación Diversificada -INED-, para contar con su apoyo en el cuidado y evaluación de los huertos familiares en la aldea San Buenaventura y poder abarcar más aldeas necesitadas del municipio de Santa María Nebaj.
2. Proponer el establecimiento de una oficina forestal que brinde asesoramiento y lleve un control del uso de los recursos maderables, para evitar la pérdida de áreas boscosas en los municipios de Santa María Nebaj, San Gaspar Chajul y San Gaspar Chajul.
3. Contribuir con programas de educación ambiental para crear concientización y buenos hábitos para la mejora de las comunidades por parte del sector educativo, religioso.
4. Poder trabajar en conjunto con la Alcaldía Indígena y la municipalidad para poder realizar proyectos con más impacto y abarcar más comunidades del municipio.
5. Llegar a un acuerdo entre la Alcaldía Indígena con los siguientes epesistas para poder tener reuniones extraordinarias entre semana con las autoridades indígenas y el equipo técnico para coordinar los proyectos a ejecutar y tener un coordinador de proyectos que pueda trabajar en coordinación con los epesistas.
6. Dar seguimiento al proyecto del vivero forestal y al convenio entre EMPSUM, MAGA y la Alcaldía Indígena para que el municipio de Santa María Nebaj cuente con sus propias plantas para realizar jornadas de reforestación.

### 3.10 BIBLIOGRAFÍA

1. De la Cruz, J. R. (1982). *Mapa de clasificación de zonas de vida de Guatemala (según el sistema Holdridge)*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal.
  
2. De la Vega de Orduña, A. (2016). *Manual huertos sostenibles en casa*. Alicante, España: Diputación de Alicante. Recuperado el 30 de marzo de 2017, de <https://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/consejos-ambientales/huertossostenibles.pdf>.
  
3. Ducuara, L. M., Lopez Valencia, O., & Triana, M. O. (1998). *Como instalar un vivero*. Florencia, Caqueta, Colombia: Ministerio de Ambiente / OIMT / CEUDES. Recuperado el 28 de marzo de 2017, [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD172%2091/pd%20172-91-14%20rev%202%20\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD172%2091/pd%20172-91-14%20rev%202%20(F)%20s.pdf)
  
4. Navarro, E. A. (2010). *Manual elaboración de abono orgánico sólido, tipo compost*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Recuperado el 22 de marzo de 2017. [https://issuu.com/frederys1712doc/docs/elaboraci\\_\\_n\\_de\\_abonos\\_org\\_\\_nico\\_s\\_s](https://issuu.com/frederys1712doc/docs/elaboraci__n_de_abonos_org__nico_s_s)





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS  
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 94/2019

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "DETERMINACIÓN DE ZONAS POTENCIALES A UNA MAYOR RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL, QUICHE, GUATEMALA, C.A."

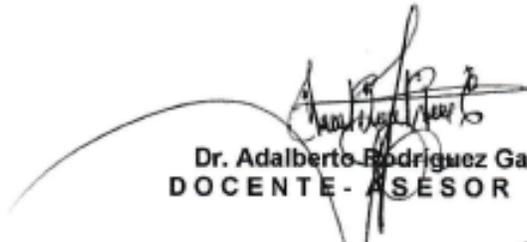
DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: VICTOR JOSE ALDANA MAYORGA

CARNE: 201408079

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Miguel Angel Morales Cayax  
Dr. Marvin Salguero Barahona  
Dr. Adalberto Rodríguez García

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

  
Dr. Marvin Salguero Barahona  
ASESOR ESPECIFICO

  
Dr. Adalberto Rodríguez García  
DOCENTE - ASESOR EPS

  
Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro  
DIRECTOR DEL IIA



WNR/nm  
c.c. Archivo

Ref. 16-2021

Guatemala, 13 de enero de 2021

Ingeniero Agrónomo Waldemar Nufio  
Decano de la Facultad de Agronomía  
Presente.

Estimado Ing. Nufio:

Por este medio quiero trasladarle el documento de graduación del estudiante VICTOR JOSUE ALDANA MAYORGA , carnet estudiantil No. 201408079, dicho documento ha sido revisado por las diferentes instancias y a criterio de esta Coordinación llena las calidades necesarias para trasladarlo a Decanatura para su revisión final, previo a obtener el imprimase.

Agradeciendo la atención a la presente.



Atte. Ing. Agr. M. A. Pedro Peláez Reyes  
Coordinador Área Integrada.

cc. Secretaría de decanatura  
Secretaría de área Integrada  
Estudiante  
Archivo

“Id y enseñad a todos”

No. 09.2021

Trabajo de Graduación: "DETERMINACIÓN DE ZONAS POTENCIALES A UNA MAYOR RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, DE LA CUENCA DEL RÍO XACBAL, QUICHÉ, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO MICROCUENCA DEL RÍO AZUL, SANTA MARÍA NEBAJ, QUICHÉ, Y SERVICIOS EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA MARÍA NEBAJ, SAN GASPAR CHAJUL Y SAN JUAN COTZAL EN EL DEPARTAMENTO DE QUICHÉ, GUATEMALA"

Estudiante: Víctor Josué Aldana Mayorga

Carné: 201408079

"IMPRÍMASE"



Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes  
DECANO