

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a woman in a red dress and white headscarf, likely the Virgin Mary, seated on a white horse. Above her is a golden crown with a cross on top. To the left and right are golden lions rampant. The background is a light blue sky with a green hill at the bottom. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CAETERA".

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO MOTAGUA,
GUATEMALA, C.A. DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL Y SERVICIOS REALIZADOS
DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA**

ADRIANA MARÍA GODOY GALINDO

GUATEMALA, AGOSTO 2021

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO MOTAGUA,
GUATEMALA, C.A. DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL Y SERVICIOS REALIZADOS
DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA.**

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

**POR:
ADRIANA MARÍA GODOY GALINDO**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA**

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

GUATEMALA, AGOSTO 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR EN FUNCIONES

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL PRIMERO	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL SEGUNDO	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL QUINTO	P. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, AGOSTO 2021

Guatemala, agosto 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: **“ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO MOTAGUA, GUATEMALA, C.A. DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL Y SERVICIOS REALIZADOS DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



ADRIANA MARÍA GODOY GALINDO

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

MIS PAPAS

MIS ABUELITOS

MIS TIOS

MIS PRIMOS

MIS HERMANOS

MIS AMIGOS

CLUB LEO ANTIGUA

PERSONAS ESPECIALES

WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA

DOCENTES Y COMPAÑEROS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis papas, mi razón de ser, gracias por el apoyo durante esta aventura. Gracias mami por cada madrugada, desvelada, las horas de tráfico, la comida preparada y todo lo que te toco vivir conmigo durante estos años; día con día me enseñas que los obstáculos son para superarse. ¡Sos mi ejemplo a seguir!

Mi familia, por apoyarme desde lo más simple hasta lo más complejo. Por siempre darme un consejo, una regañada y una ayuda desde sus conocimientos y posibilidades. Gracias por todo el amor y por enseñarme que todo se puede, que nunca hay que rendirse y que juntos tenemos todo lo que necesitamos. Esto es para ustedes y por ustedes.

Todas las personas, los compañeros, los amigos y los amores, que me acompañaron durante la vida universitaria y en el proceso hasta el día de hoy. De cada uno aprendí muchísimo. Gracias a los que se fueron y a los que se quedaron; en el poco o mucho tiempo que estuvieron disfruté su compañía, hicieron de mi vida universitaria una fiesta... literal.

Mi supervisor y a mi asesor el Dr. Marvin Salguero por sus aportes, por cada conocimiento compartido y por su apoyo en esta última etapa.

WWF Guatemala/Mesoamérica por abrirme las puertas e incluirme en la familia panda.

Para agradecer a cada persona por nombre y apellido tendría que escribir otra tesis entera, pero quiero que sepan que a todos los llevo en el corazón y estoy eternamente agradecido por todo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	xv
CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL DE LAS OFICINAS DE WWF	
GUATEMALA / MESOAMÉRICA.....	1
1.1. PRESENTACIÓN.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3 METODOLOGÍA	3
1.3.1. Técnicas utilizadas para el diagnóstico.....	3
1.4. RESULTADOS	5
1.4.1 Datos generales de la institución	5
A. Nombre de la institución	5
B. Tipo de institución.....	5
C. Historia.....	6
D. Ubicación geográfica	7
1.4.2. Misión	8
1.4.3. Visión.....	9
1.4.4. Políticas institucionales y sociales	9
A. Iniciativa de conservación sobre derechos humanos	9
B. Política de género de WWF	9
C. Política de WWF sobre pobreza y conservación.....	10
D. Los pueblos indígenas y la conservación: Declaración de principios de WWF	10

	Página
1.4.5 Objetivos	10
A. Objetivos en base a la biodiversidad.....	11
B. Objetivos en base a la huella ecológica	11
1.4.6. Metas.....	11
1.4.7 Programas y proyectos	13
1.4.8 Estructura organizacional	13
1.4.9 Recursos	14
A. Recursos humanos.....	14
B. Recursos financieros	15
1.4.10 Oficina de hidrología.....	16
1.5. CONCLUSIONES	18
1.6. BIBLIOGRAFÍA.....	19
CAPÍTULO 2: ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO MOTAGUA, GUATEMALA. C.A.	21
2.1. INTRODUCCIÓN	22
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. Marco conceptual	23
A. Cuenca hidrográfica.....	23
a. Factores socioeconómicos	24
b. Factores biofísicos.....	24
i. Caracterización climática	25
- . Isolíneas	25
- . Isopletas	25
- . Isotermas.....	25

	Página
- . Isoyetas	25
ii. Climadiagramas	25
iii. Agua del suelo	26
- . Capacidad de campo (C.C.).....	26
- . Punto de marchitez permanente (PMP)	26
- . Densidad aparente.....	26
A. Cambio climático	27
a. Cambio climático para Guatemala	27
b. El cambio climático y la agricultura	27
B. Sequía.....	28
a. Sequía meteorológica.....	28
b. Sequía hidrológica.....	29
c. Sequía socioeconómica.....	29
d. Sequía agrícola	29
C. Índices e indicadores de sequia.....	29
a. Deciles	30
b. Índice de aridez (AI)	30
2.2.2. Marco referencial	31
A. Localización.....	31
B. Características socioeconómicas.....	36
a. Demografía.....	37
i. Población total	37
ii. Población económicamente activa	39
iii. Densidad de población	42

	Página
iv. Población por edades	42
v. Población por género	43
vi. Población por pueblos	43
vii. Educación	44
C. Características biofísicas	45
a. Clima	45
i. Temperatura	46
ii. Zonas de vida	47
-. Bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT)	49
-. Bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT)	50
-. Bosque húmedo tropical (bh-T)	51
-. Bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT)	51
-. Bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT)	52
-. Bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT)	52
-. Bosque muy húmedo tropical (bmh-T)	53
-. Bosque muy seco tropical (bms-T)	54
-. Bosque pluvial montano tropical (bp-MT)	54
-. Bosque seco premontano tropical (bs-PMT)	55
-. Bosque seco tropical (bs-T)	55
b. Recurso hídrico	56
i. Parámetros generales	56
ii. Agua superficial	57
c. Suelos y tierras	65
i. Geología	65

	Página
ii. Fisiografía	68
iii. Suelos existentes	71
iv. Capacidad de uso de la tierra	77
v. Uso de la tierra	80
d. Áreas protegidas	83
2.3. OBJETIVOS.....	88
2.3.1. Objetivos generales	88
2.3.2. Objetivos específicos.....	88
2.4. METODOLOGÍA.....	89
2.4.1. Caracterización climática	89
A. Análisis de estaciones climáticas	89
B. Análisis de temperatura	89
C. Análisis de precipitación	89
D. Determinación de evapotranspiración.....	90
E. Elaboración de climadiagramas	90
F. Índice de aridez de Martonne.....	90
G. Análisis 2015-2019.....	91
2.4.2. Caracterización física de suelos	91
A. Determinación de unidades de mapeo.....	91
B. Balance de suelos	91
2.4.3. Demanda de agua de los cultivos	95
A. Determinación necesidades de agua	95
B. Elaboración de mapas de necesidad de riego	95
2.4.4. Estimación de la sequía	96

	Página
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	97
2.5.1. Caracterización climática.....	97
A. Temperatura media	103
B. Precipitación	106
a. Índice de deciles.....	109
C. Evapotranspiración.....	112
D. Climadiagramas.....	115
E. Índice de aridez de Martonne	124
F. Análisis 2015-2019	133
2.5.2. Características del suelo	136
A. Unidades de mapeo.....	136
B. Balance hídrico de suelos.....	138
2.5.3. Características del cultivo	142
A. Necesidad de riego.....	144
2.5.4. Áreas críticas por sequía agrícola.....	147
2.6. CONCLUSIONES	151
2.7. RECOMENDACIONES.....	152
2.8. BIBLIOGRAFÍA.....	154
CAPÍTULO 3: SERVICIOS REALIZADOS DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA.	161
3.1 ORDENAR INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA LA CREACIÓN DE BASE DE DATOS PARA LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA.....	162
3.1.1 ANTECEDENTES	162
3.1.2 OBJETIVOS	162

	Página
A. General.....	162
B. Específicos.....	163
3.1.3. METODOLOGÍA.....	163
3.1.4. RESULTADOS.....	164
A. Caudales históricos de diferentes puntos dentro de la cuenca del río Motagua y sus subcuencas.....	164
B. Estaciones climáticas de WWF con cálculos de promedios mensuales y anuales.....	168
C. Estaciones climáticas de la cuenca del río Motagua.....	171
3.1.5 CONCLUSIONES.....	175
3.1.6 RECOMENDACIONES.....	175
3.1.7 BIBLIOGRAFÍA.....	175
3.1.8. ANEXOS.....	176
3.2 ELABORAR Y ACTUALIZAR MAPAS TEMÁTICOS DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA.....	178
3.2.1. ANTECEDENTES.....	178
3.2.2 OBJETIVOS.....	179
A. General.....	179
B. Específicos.....	179
3.2.3. METODOLOGÍA.....	179
3.2.4. RESULTADOS.....	180
A. Cuenca del río Motagua.....	180
B. Subcuenca del río Pasabién.....	183
C. Subcuenca del río Teculután.....	189
D. Subcuenca del río Bobos.....	193

	Página
3.2.5 CONCLUSIONES	196
3.2.6. RECOMENDACIONES.....	197
3.2.7. BIBLIOGRAFÍA.....	197
3.3 IDENTIFICAR LAS ESPECIES VEGETALES RESILIENTES EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PASABIÉN, ZACAPA, GUATEMALA.	198
3.3.1. ANTECEDENTES	198
3.3.2. OBJETIVOS	198
A. General.....	198
B. Específicos	198
3.3.3. METODOLOGÍA	199
3.3.4. RESULTADOS	199
A. Guía para la identificación de especies vegetales frecuentes en las zonas de vida de la subcuenca del río Pasabién.	200
B. Guía para la identificación de especies vegetales frecuentes en el bosque seco tropical (bs-T) de la subcuenca del río Pasabién.	202
3.3.5. CONCLUSIONES	204
3.3.6 RECOMENDACIONES.....	205

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Metas propuestas de WWF, 2021.....	12
Cuadro 2. Departamentos dentro de la cuenca.	34
Cuadro 3. Población total de la cuenca del río Motagua.	37

Página

Cuadro 4. Proyección de poblaciones totales para la cuenca del río Motagua.....	39
Cuadro 5. Población económicamente activa (PEA) e inactiva de la cuenca del río Motagua, proyección 2020.....	40
Cuadro 6. Población por pueblos dentro de la cuenca del río Motagua.....	44
Cuadro 7. Población de la cuenca del río Motagua según su género.....	44
Cuadro 8. Características de la clasificación climática dentro de la cuenca del río Motagua.....	45
Cuadro 9. Zonas de vida dentro de la cuenca del río Motagua según Holdridge.....	48
Cuadro 10. Datos generales de la cuenca del río Motagua.....	57
Cuadro 11. Subcuenclas dentro de la cuenca del río Motagua.....	59
Cuadro 12. Unidades geológicas dentro de la cuenca del río Motagua.....	66
Cuadro 13. Fisiografía de la cuenca del río Motagua.....	70
Cuadro 14. Suelos dentro de la cuenca del río Motagua.....	73
Cuadro 15. Capacidad de uso de la tierra para la cuenca del río Motagua.....	78
Cuadro 16. Uso de la tierra 2010 para la cuenca del río Motagua.....	80
Cuadro 17. Áreas protegidas dentro de la cuenca del río Motagua.....	83
Cuadro 18. Base de datos de estaciones y variables climáticas con datos anuales del 2010.....	100
Cuadro 19. Base de datos de estaciones y variables climáticas con datos anuales del 2019.....	101
Cuadro 20. Clasificaciones para deciles.....	110
Cuadro 21. Escenario de índice de deciles para el año 2010.....	110
Cuadro 22. Escenario de índice de deciles para el año 2019.....	111
Cuadro 23. Clasificaciones para el índice de aridez de Martonne.....	125
Cuadro 24. Índice de aridez de Martonne para las estaciones de la cuenca del río Motagua.....	126
Cuadro 25. Índice de aridez mensual para el año 2019.....	131
Cuadro 26. Clasificación de áreas de recarga hídrica.....	140
Cuadro 27. Balance hídrico de suelos de la cuenca del río Motagua.....	142

	Página
Cuadro 28. Épocas de siembra, ciclo y coeficiente de cultivo (Kc) para los cultivos de maíz (<i>Zea mays</i>), frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	143
Cuadro 29. Uso consuntivo en mm/día para los cultivos de maíz (<i>Zea mays</i>), frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	144
Cuadro 30. Estaciones climáticas de WWF ordenadas en la base de datos.	169
Cuadro 31. Estaciones climáticas dentro de la cuenca del río motagua y su ubicación. .	172
Cuadro 32. Capacidad de uso de suelo Pasabién.....	185
Cuadro 33. Subordenes del suelo para la subcuenca Pasabién.	188
Cuadro 34. Capacidad de uso de suelo Teculután.....	190
Cuadro 35. Subordenes del suelo para la subcuenca Teculután.....	192

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Logo WWF.....	5
Figura 2. Participación de WWF en campaña conjunta de reciclaje.	7
Figura 3. Mapa de ubicación de las oficinas de WWF Guatemala / Mesoamérica.....	8
Figura 4. Organigrama WWF Guatemala / Mesoamérica.....	14
Figura 5. Finanzas para el 2015 de WWF Guatemala / Mesoamérica.....	15
Figura 6. Oficial técnico de WWF Guatemala.....	16
Figura 7. Análisis del problema en la oficina de hidrología WWF Guatemala.	18
Figura 8. Mapa base de la cuenca del río Motagua.....	32
Figura 9. Mapa de ubicación de la cuenca del río Motagua.....	35
Figura 10. Río Motagua, Chichicastenango.	36
Figura 11. Río Motagua puente Chetumal, El Rancho, San Agustín Acasaguastlán.	36
Figura 12. Gráfica de la pirámide poblacional de la cuenca del río Motagua.....	42
Figura 13. Población por género dentro de la cuenca del río Motagua.....	43
Figura 14. Mapa de clasificación climática para la cuenca del río Motagua.....	46

Página

Figura 15. Mapa de Zonas de vida para la cuenca del río Motagua.	49
Figura 16. Mapa de red hídrica para la cuenca del río Motagua.....	58
Figura 17. Mapa de subcuencas dentro de la cuenca del río Motagua.....	64
Figura 18. Mapa geológico para la cuenca del río Motagua.	68
Figura 19. Mapa fisiográfico de la cuenca del río Motagua.	71
Figura 20. Mapa de serie de suelos Simmons de la cuenca del río Motagua.	77
Figura 21. Mapa capacidad de uso de la tierra, metodología (INAB) para la cuenca del río Motagua.....	79
Figura 22. Mapa de uso de la tierra 2010 de la cuenca del río Motagua.	82
Figura 23. Mapa de áreas protegidas dentro de la cuenca del río Motagua.	87
Figura 24. Estaciones climáticas dentro de la cuenca del río Motagua.	98
Figura 25. Mapa de temperatura media para la cuenca del río Motagua, año 2010.	104
Figura 26. Mapa de temperatura media para la cuenca del río Motagua, año 2019.	105
Figura 27. Mapa de precipitación para la cuenca del río Motagua, año 2010.....	107
Figura 28. Mapa de precipitación para la cuenca del río Motagua, año 2019.....	108
Figura 29. Grafica de lluvia promedio para la década 2010-2019.....	109
Figura 30. Mapa de evapotranspiración para la cuenca del río Motagua, año 2010.....	113
Figura 31. Mapa de evapotranspiración para la cuenca del río Motagua, año 2019.....	114
Figura 32. Climadiagrama de la estación meteorológica Puerto Barrios en el año 2010.	116
Figura 33. Climadiagrama de la estación meteorológica Puerto Barrios en el año 2019.	116
Figura 34. Climadiagrama de la estación meteorológica La Fragua 2010.	117
Figura 35. Climadiagrama de la estación meteorológica La Fragua 2019.	118
Figura 36. Climadiagrama de la estación meteorológica La Unión 2019.	119
Figura 37. Climadiagrama de la estación meteorológica La Unión 2019.	119
Figura 38. Climadiagrama de la estación meteorológica Pasabien 2010.....	120
Figura 39. Climadiagrama de la estación meteorológica Pasabien 2019.....	121
Figura 40. Climadiagrama de la estación meteorológica INSIVUMEH 2010.....	122
Figura 41. Climadiagrama de la estación meteorológica INSIVUMEH 2019.....	122

Página

Figura 42. Climadiagrama de la estación meteorológica Alameda Icta 2010.....	123
Figura 43. Climadiagrama de la estación meteorológica Alameda Icta 2019.....	124
Figura 44. Clima según el Índice de aridez de Martonne para la cuenca del río Motagua – 2010.....	128
Figura 45. Clima según el Índice de aridez de Martonne para la cuenca del río Motagua – 2019.....	129
Figura 46. Lluvia para el periodo 2015-2019.	134
Figura 47. Temperatura media anual para el periodo 2015-2019.....	135
Figura 48. Mapa de unidades de mapeo de la cuenca del río Motagua.	137
Figura 49. Mapa de necesidad de riego para la cuenca del río Motagua.	139
Figura 50. Mapa de recarga hídrica para la cuenca del río Motagua.	141
Figura 51. Mapa de necesidad de riego anual para frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en la cuenca del río Motagua para el año 2019.....	146
Figura 52. Mapa de necesidad de riego anual para maíz (<i>Zea mays</i>) en la cuenca del río Motagua para el año 2019.	147
Figura 53. Sequía agrícola para el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) en la cuenca del río Motagua.....	149
Figura 54. Sequía agrícola para el cultivo maíz (<i>Zea mays</i>) en la cuenca del río Motagua.	150
Figura 55. Caudales diarios de la subcuenca Pasabién 1964-1980.	164
Figura 56. Caudales diarios de la subcuenca Pasabién 2001-2005.	165
Figura 57. Caudales medios diarios ordenados.	166
Figura 58. Caudales esporádicos en diferentes puntos de aforo.	167
Figura 59. Base de datos Excel con información de caudales.....	168
Figura 60. Hoja de datos por estación.....	169
Figura 61. Resumen anual de las estaciones de WWF.	170
Figura 62. Base de datos Excel con información de las estaciones climáticas de WWF.	171
Figura 63. Estaciones climáticas ordenadas por departamento.	173

Página

Figura 64. Base de datos Excel con estaciones climáticas dentro de la cuenca del río Motagua.	174
Figura 65A. Bloc de notas con caudales diarios en la subcuenca del río Pasabién.....	176
Figura 66A. Documento Word con imágenes escaneadas.	177
Figura 67: Estaciones climáticas de WWF cercanas al río Motagua.	181
Figura 68: Estaciones climáticas de la cuenca del río Motagua.	182
Figura 69: Río Pasabién.	183
Figura 70: Mapas de zonas de vida para la subcuenca Pasabién.	184
Figura 71. Archivos shape para la subcuenca Pasabién.	186
Figura 72. Mapa de capacidad de uso de la tierra para la subcuenca Pasabién.	187
Figura 73. Mapa de taxonomía de suelo para la subcuenca Pasabién.....	189
Figura 74. Mapa de capacidad de uso de la tierra para la subcuenca Teculután.	191
Figura 75. Mapa de taxonomía de suelo para la subcuenca Teculután.	193
Figura 76. Río Bobos.	194
Figura 77. Mapa de uso y cobertura del suelo del río Bobos.....	195
Figura 78. Carpeta de mapas elaborados para la subcuenca del río Bobos.....	196
Figura 79. Portada de la guía para la identificación de especies vegetales frecuentes en las zonas de vida de la subcuenca del río Pasabién.....	201
Figura 80. Presentación de la guía.....	202
Figura 81. Portada de la guía para la identificación de especies vegetales frecuentes en el bosque seco tropical (bs-T) de la subcuenca del río Pasabién.....	203
Figura 82. Presentación de especies arbóreas dentro de la guía 2.	204

DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA. INVESTIGACIÓN ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO MOTAGUA, GUATEMALA, C.A. Y SERVICIOS REALIZADOS DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA.

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado dentro de las oficinas de WWF/Mesoamérica durante el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de la Facultad de Agronomía, durante los meses de febrero a noviembre de 2020. Conformando el documento el diagnóstico organizacional de la empresa encontrado en el Capítulo I, la investigación que se encuentra en el Capítulo II y los servicios profesionales realizados para la empresa en el Capítulo III.

World Wildlife Fund conocida por sus siglas en inglés WWF es una organización no gubernamental fundada en 1961 enfocada a la conservación del medio ambiente, que ha estado presente en Centroamérica por más de 20 años. La organización busca construir un futuro donde los seres humanos puedan convivir en armonía con la naturaleza, combatiendo las mayores amenazas de la biodiversidad y al mismo tiempo colaborar con mejorar la vida de las comunidades vulnerables con el fin de minimizar la huella ecológica que pueda dejar el ser humano en el planeta.

Dentro del diagnóstico realizado en las oficinas de WWF Guatemala / Mesoamérica se identificaron una serie de situaciones de prioridad para la oficina de hidrología, en base a estas se planteó la investigación y los servicios a realizar. Debido a que la apuesta de WWF a nivel mundial está enfocada en que se asegure la integridad ecológica de los ecosistemas prioritarios, al tiempo que impulsa el desarrollo sostenible social y económico, así como la reducción de la huella ecológica. Logrando esto a través de la generación de información científica para abordar los temas y evaluar con actitud crítica todas sus iniciativas, se realizaron los servicios en pro de estos objetivos, realizando una revisión y actualización de mapas temáticos, la creación de una base de datos hidrológicos y la identificación de

especies vegetales resilientes en la subcuenca del río Pasabien a través de dos documentos guías de especies.

Por el otro lado, para la investigación se tomó una cuenca de gran interés para el área de hidrología de WWF Guatemala / Mesoamérica. Siendo esta la cuenca del río Motagua, que cuenta con un área de 12,613 km² y ocupa una gran parte del territorio de la República de Guatemala, dentro de la cuenca se tienen varios departamentos considerados como el corredor seco, que han sido azotados por una serie de sequías cíclicas estrechamente relacionadas con los fenómenos climatológicos extremos provocados por el cambio climático.

Los episodios de calor extremo, precipitaciones y sequías están aumentando como resultado del cambio climático, haciendo estragos en toda Centroamérica, entre el 2010 y 2019 la temperatura media de la cuenca muestra un aumento del 1 %, mientras que la época lluviosa ha variado a lo largo de los años disminuyendo los periodos de lluvia y la intensidad de la misma. Los balances hídricos demuestran las cantidades de riego que son necesarias para suplir las necesidades de cada uno de los cultivos en las diferentes áreas con las calidades de cada una, poniendo en evidencia las áreas críticas de sequía agrícola.

Con la investigación se está creando un nuevo conocimiento sobre el estado actual de la sequía de la cuenca de igual forma pretende mostrar si el agua disponible es suficiente para los agricultores de subsistencia, con el objetivo de apoyar iniciativas orientadas hacia una mejor gestión, para mejorar la productividad de los cultivos de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*).

**CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL DE LAS OFICINAS DE WWF
GUATEMALA / MESOAMÉRICA**



1.1. PRESENTACIÓN

World Wildlife Fund conocida por sus siglas en inglés WWF es una organización no gubernamental fundada en 1961 enfocada a la conservación del medio ambiente, que ha estado presente en Centroamérica por más de 20 años. La organización busca construir un futuro donde los seres humanos puedan convivir en armonía con la naturaleza, combatiendo las mayores amenazas de la biodiversidad y al mismo tiempo colaborar con mejorar la vida de las comunidades vulnerables con el fin de minimizar la huella ecológica que pueda dejar el ser humano en el planeta. (WWF, 2020) Actualmente opera en más de 100 países, con una membresía mundial de más de cinco millones de personas.

El programa WWF-Guatemala/Mesoamérica tiene sede en Ciudad Guatemala, desde donde apoya, entre otros, la conservación de la biodiversidad; el manejo y uso sostenible de los recursos naturales incluyendo el agua, con un enfoque basado en cuencas; la mitigación y adaptación al cambio climático; la reducción de los impactos negativos al ambiente; así como el desarrollo económico sostenible. Trabaja con una variedad de actores sociales, incluyendo usuarios y comunidades locales, entidades académicas, organizaciones de la sociedad civil, empresas privadas y entidades gubernamentales. Con estas alianzas estratégicas en el tema del agua abordan actividades que van desde lo más alto de las cuencas hidrográficas y en las planicies agrícolas, las zonas costeras y el ambiente marino, para hacer frente a las mayores amenazas a la integridad del ecosistema.

El diagnóstico organizacional es el estudio necesario que se encarga de evaluar la situación de la empresa, sus conflictos, sus potencialidades o hasta donde puede llegar la misma. Con este se puede determinar el estado y los objetivos que tiene la organización en Guatemala, así como las fallas que esta tiene y los servicios en los que se puede trabajar. A través de este se obtuvieron las diferentes problemáticas que enfrenta la oficina de hidrología, como la falta de datos ordenados y la falta de personal para investigación.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Elaborar un diagnóstico organizacional de las oficinas de WWF Guatemala / Mesoamérica.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Describir a nivel de detalle los objetivos de la organización a nivel mundial.
2. Identificar las áreas en las que trabaja la oficina de WWF Guatemala.
3. Detectar los problemas y necesidades dentro de la división de hidrología de la oficina de WWF Guatemala.

1.3 METODOLOGÍA

- Se realizaron recorridos dentro de la institución para la observación de las actividades y divisiones de la misma.
- Posteriormente se realizó revisión bibliográfica en digital sobre datos específicos de la organización.
- Por medio de pláticas con los trabajadores se obtuvo información de la institución.
- Se entrevistó al oficial de hidrología para conocer sobre las deficiencias y necesidades de la división.
- Se analizaron y sintetizaron los resultados obtenidos.

1.3.1. Técnicas utilizadas para el diagnóstico

Para la realización del diagnóstico institucional de las oficinas de WWF Guatemala/Mesoamérica, se utilizaron las siguientes herramientas técnicas:

- Entrevista: Por medio de esta técnica se recabó información de manera verbal, realizando un pequeño cuestionario para obtener la información necesaria. Donde se obtuvo cierta información, mediante una conversación profesional con varias personas, para detectar carencias y priorizar necesidades de la institución.
- Análisis de documentos y web: Se realizó para encontrar información general de la institución. Se reunió una colección de documentos y páginas web para ser interpretados en donde se extrajo información sobre la historia y características de la organización.
- Observación: Por medio de esta técnica se observó detenidamente las instalaciones de la oficina y la dinámica de la misma.

1.4. RESULTADOS

1.4.1 Datos generales de la institución

A. Nombre de la institución

World Wildlife Fund. –WWF- (En español Fondo Mundial para la Naturaleza) En la figura 1 se observa el logo oficial de WWF.



Fuente: WWF, 2020.

Figura 1. Logo WWF.

B. Tipo de institución

Organización internacional no gubernamental, sin fines de lucro, dedicada a la conservación de la naturaleza.

C. Historia

WWF comenzó como un pequeño grupo de entusiastas comprometidos con la naturaleza en 1961, 16 líderes conservacionistas del mundo, entre ellos el biólogo y apasionado por la fauna africana Sir Julian Huxley, el Vicepresidente de la UICN Sir Peter Scott y el Director General de la Conservación de la Naturaleza británica EM Nicholson firmaron el Manifiesto Morges que crea el Fondo Mundial para la Naturaleza como la organización mediante la cual se recaudarían fondos para apoyar el movimiento de conservación mundial. Así nació WWF y se gestó el famoso panda, dibujado por Sir Peter Scott.

El icónico panda existió, se llamaba Chi-Chi y se encontraba en el zoológico de Londres desde 1958. Gerald Watterson, creador de los bocetos iniciales, pensó que este animal era la mejor opción para simbolizar la causa ecologista a través de un icono claro y representativo, ya que se trata de una especie en peligro de extinción con gran simbología artística. y se convirtió en el logo de WWF. A través de los bocetos de Watterson, Sir Peter Scott, dibujó el logo inicial. El panda de ojos expresivos y grandes parches negros ya se ha consolidado como referente en el movimiento de lucha por el medioambiental.

La organización cuenta con más de cinco millones de socios en todo el planeta, está presente en más de 100 países y lleva a cabo en torno a 1 300 proyectos para la protección del medio ambiente. El WWF ha establecido oficinas y operaciones en todo el mundo. Originalmente trabajó recaudando fondos y otorgando subvenciones a organizaciones no gubernamentales existentes con un enfoque inicial en la protección de especies en peligro de extinción. A medida que se disponía de más recursos, sus operaciones se expandieron a otras áreas, como la preservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de recursos naturales, la reducción de contaminación y el cambio climático. La organización también comenzó a ejecutar sus propios proyectos y campañas de conservación.

WWF ha estado trabajando en la región centroamericana desde 1987. En el caso de Guatemala, la WWF tiene su primera intervención en el 2003 cuando colabora en el diseño y creación del Fondo del Agua de la Sierra de las Minas, posteriormente en el año 2005 se crea la oficina que actualmente es la oficina principal de Guatemala / Mesoamérica. (WWF

CA, 2020) En la figura 2 es posible observarse la participación de WWF en conjunto con otras organizaciones a nivel nacional en una campaña de reciclaje.

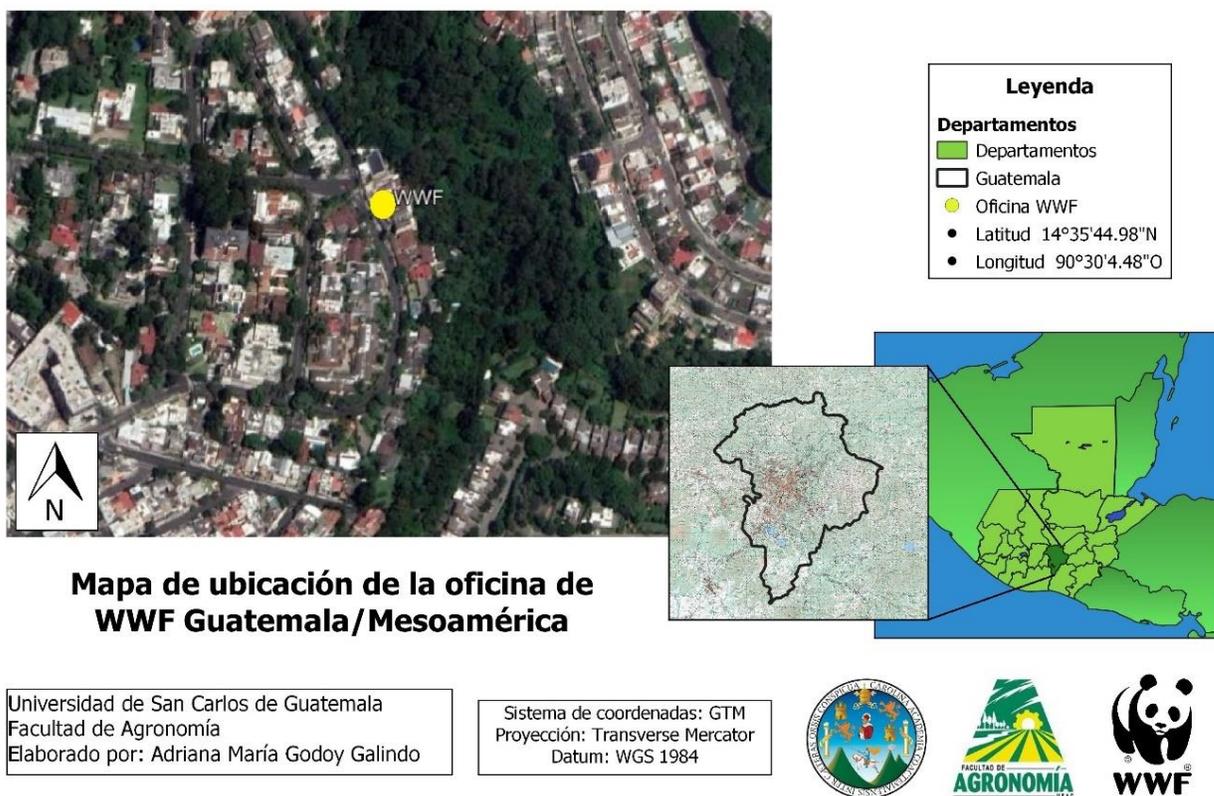


Fuente: WWF, 2019.

Figura 2. Participación de WWF en campaña conjunta de reciclaje.

D. Ubicación geográfica

Dirección: 15 avenida 13-45, Zona 10, Colonia Oakland. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
Teléfono: (502) 2366-5856. En la figura 3 se observa la ubicación de las oficinas de la institución.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 3. Mapa de ubicación de las oficinas de WWF Guatemala / Mesoamérica.

1.4.2. Misión

La misión de World Wildlife Fund es conservar la naturaleza y reducir las amenazas más apremiantes para la diversidad de la vida en la Tierra. Trabaja por un planeta vivo y su misión es detener la degradación ambiental de la Tierra y construir un futuro en el que el ser humano viva en armonía con la naturaleza:

- Conservando la diversidad biológica mundial.
- Asegurando que el uso de los recursos naturales sea sostenible.
- Promoviendo la reducción de la contaminación y el consumo desmedido. (WWF, 2020)

1.4.3. Visión

Su visión es construir un futuro en el que las personas vivan en armonía con la naturaleza. Buscan salvar al planeta, al mundo de vida. Son capaces de reconocer las necesidades de los seres humanos y las necesidades de todos los que comparten la Tierra. Involucran a todas las personas del mundo, desde la comunidad más pequeña hasta la organización multinacional más grande, inspirando a otros que puedan avanzar en la causa de la conservación.

Buscan ser la voz de esas criaturas que no tienen voz, hablando por su futuro. Buscan aplicar la riqueza de sus talentos, conocimientos y pasión para hacer que el mundo sea más rico en vida, en espíritu y en naturaleza viva. (WWF, 2020)

1.4.4. Políticas institucionales y sociales

WWF Guatemala / Mesoamérica busca encontrar nuevas y mejores formas de impactar la conservación. Implementan programas holísticos que se basan en bases científicas sólidas, implican comunidades y partes interesadas clave, y políticas de impacto para proteger los ecosistemas en riesgo y las poblaciones humanas que dependen de ellos.

Las políticas sociales son las siguientes:

A. Iniciativa de conservación sobre derechos humanos

Esta política menciona que las acciones para conservar la naturaleza y los recursos humanos están estrechamente relacionadas con los derechos de las personas de conseguir sus medios de vida, disfrutar ambientes saludables y productivos, y vivir con dignidad.

B. Política de género de WWF

Esta declaración de política tiene por objetivo garantizar que las políticas, programas y

actividades de conservación de WWF beneficien por igual a mujeres y hombres, y contribuyan a la equidad de género, dentro del compromiso más amplio de WWF de fortalecer las dimensiones sociales de sus proyectos, programas y trabajo en políticas.

C. Política de WWF sobre pobreza y conservación

WWF no puede celebrar la riqueza del mundo natural y al mismo tiempo ignorar la pobreza imperante en muchos lugares ricos en biodiversidad. Existe un imperativo tanto ético como práctico para que WWF preste atención al tema de la pobreza. WWF reconoce que conservar y manejar los recursos naturales es esencial en la lucha contra la pobreza y que la conservación de los sistemas naturales del planeta será exitosa a largo plazo solamente si aborda las necesidades del desarrollo y las aspiraciones de las comunidades locales.

D. Los pueblos indígenas y la conservación: Declaración de principios de WWF

Los pueblos indígenas habitan cerca del 20 por ciento del planeta, principalmente en áreas donde han vivido por milenios. Los pueblos indígenas son unos de los más importantes guardianes de la Tierra, como se ha comprobado por el alto grado de correlación entre la tierra, las aguas y los territorios de los pueblos indígenas y las remanentes regiones de alta biodiversidad del mundo. (WWF, 2020)

1.4.5 Objetivos

Basado en el Plan Estratégico 2016-2021 para Guatemala / Mesoamérica, de la entidad WWF, para el 2021 los ecosistemas de Mesoamérica mantendrán su biodiversidad, su integridad ecosistémica y la capacidad de proporcionar servicios ecológicos esenciales gracias a la integración y gestión participativa de paisajes, cuencas hidrográficas, costas y paisajes marinos y enfoques de gobernanza, se tendrá un uso sostenible y equitativo de los

recursos y un fortalecimiento de la resiliencia al cambio climático, beneficiando tanto la salud del ecosistema como la salud humana.

WWF Guatemala / Mesoamérica será reconocido como actor de fuente confiable e influyente basado en la ciencia, en su visión de conservación y en las soluciones de gestión de recursos.

A. Objetivos en base a la biodiversidad

Proteger la vida del planeta contribuyendo con la construcción de un futuro más seguro y sostenible para todos.

B. Objetivos en base a la huella ecológica

Reducir el impacto negativo de la actividad humana en la naturaleza y garantizar que los recursos naturales sean utilizados de manera sostenible y compartidos equitativamente.

1.4.6. Metas

A continuación, se muestra las metas a nivel mundial y las metas propias de WWF Guatemala / Mesoamérica, en el cuadro 1.

Cuadro 1. Metas propuestas de WWF, 2021.

Metas mundiales de WWF para 2025	Metas 2021 WWF Guatemala / Mesoamérica
Los ecosistemas de pesca y mar son productivos y resilientes, y mejora los medios de vida y biodiversidad	<p>Tres de las pesquerías más importantes de Mesoamérica: la langosta espinosa en Honduras y Nicaragua, y mahi-mahi en Costa Rica, son sostenibles o se están recuperando, apoyando los medios de vida y biodiversidad.</p> <p>La efectividad del manejo se mejora en al menos 10 áreas marinas protegidas en el mar, protegiendo hábitats costeros críticos incluyendo arrecifes, lechos de algas marinas, lagunas, manglares y playas de anidación.</p>
Los ecosistemas de agua dulce y regímenes de flujo en clave las cuencas proporcionan agua para personas y naturaleza	El manejo de cuencas, de tres cuencas la región, se fortalece a través de la implementación de herramientas como la Red de Reserva de Agua, los mecanismos público-privados y los planes integrados de cuencas hidrográficas en Belice, Honduras y Guatemala.
Los sistemas sostenibles de comida conservan la naturaleza y mantienen la seguridad alimentaria.	Mejores prácticas de manejo son adoptadas por una masa importante de pequeña, mediana y gran escala, las operaciones comerciales de agricultura comercial reducen la contaminación agroquímica, la erosión del suelo, el uso de agua dulce y deforestación en todo Mesoamérica.
Las más icónicas especies en peligro de extinción están seguras y recuperándose en la naturaleza.	Las cinco especies marinas icónicas del arrecife Mesoamericano (manatíes antillanos, tiburones ballena y 3 tres especies de tortugas marinas: verde, Hawksbill y Loggerhead) mantienen sus niveles de población y manglares resistentes y los ecosistemas de coral son apoyados a través de la protección y restauración
Un cambio global hacia un futuro bajo en carbono y resiliente al clima es logrado.	Planes de acción para el cambio climático que integran desarrollo de bajas emisiones, así como adaptación y resiliencia para los ecosistemas, medios de vida, comunidades e infraestructura son implementado a nivel nacional, regional y / o local en Belice, Guatemala y Honduras.

Fuente: elaboración propia (2020)

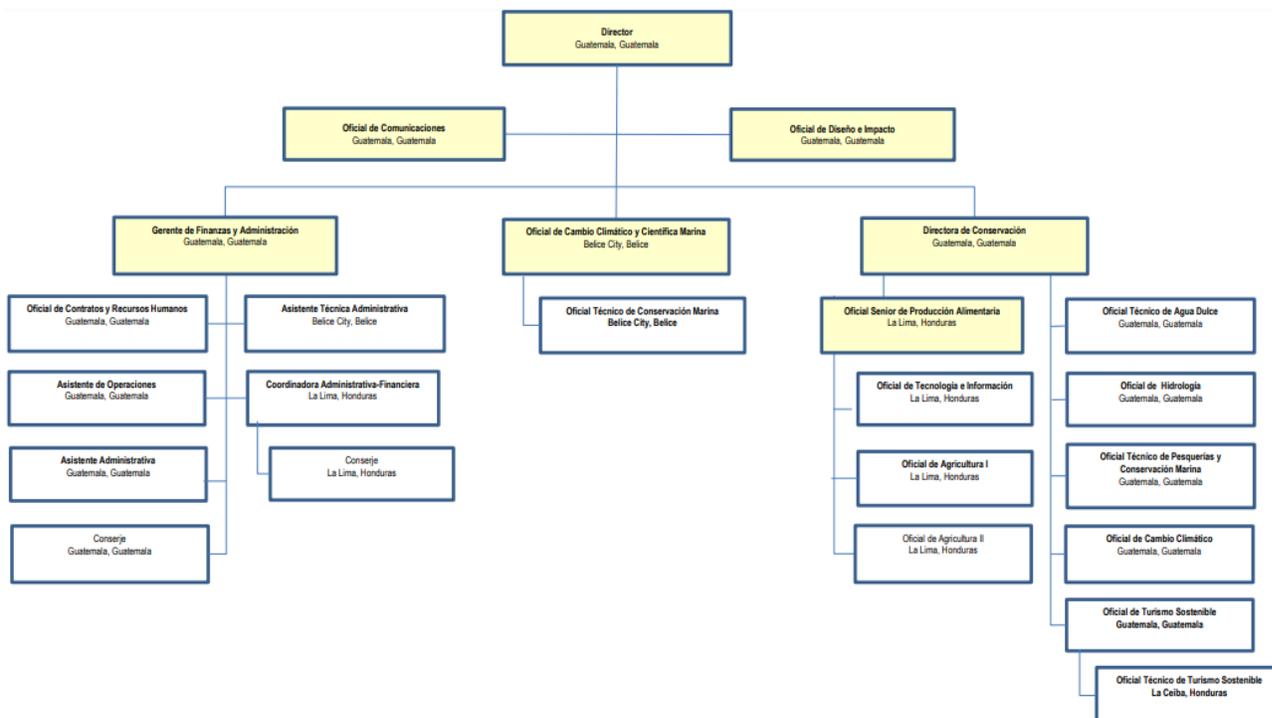
1.4.7 Programas y proyectos

Los programas y proyectos de la WWF están enfocados en la conservación de sitios relevantes y especies importantes para la protección de la biodiversidad del planeta, minimizar el impacto negativo de actividades humanas asegurando a la naturaleza para que pueda continuar brindando los recursos necesarios para la vida, así como el agua, la tierra y el aire.

En WWF Guatemala/Mesoamérica se concentran esfuerzos en cinco de estas metas, las cuales son: océanos, agua, alimentos, clima y energía, y vida silvestre, y en tres de los impulsores de los problemas ambientales que son: mercados, finanzas y gobernanza.

1.4.8 Estructura organizacional

La estructura organizacional es fundamental en todas las entidades, define muchas de las características de cómo se va a organizar la empresa. En la figura 4, se muestra la estructura organizacional de WWF Guatemala / Mesoamérica.



Fuente: WWF Guatemala (2020).

Figura 4. Organigrama WWF Guatemala / Mesoamérica.

1.4.9 Recursos

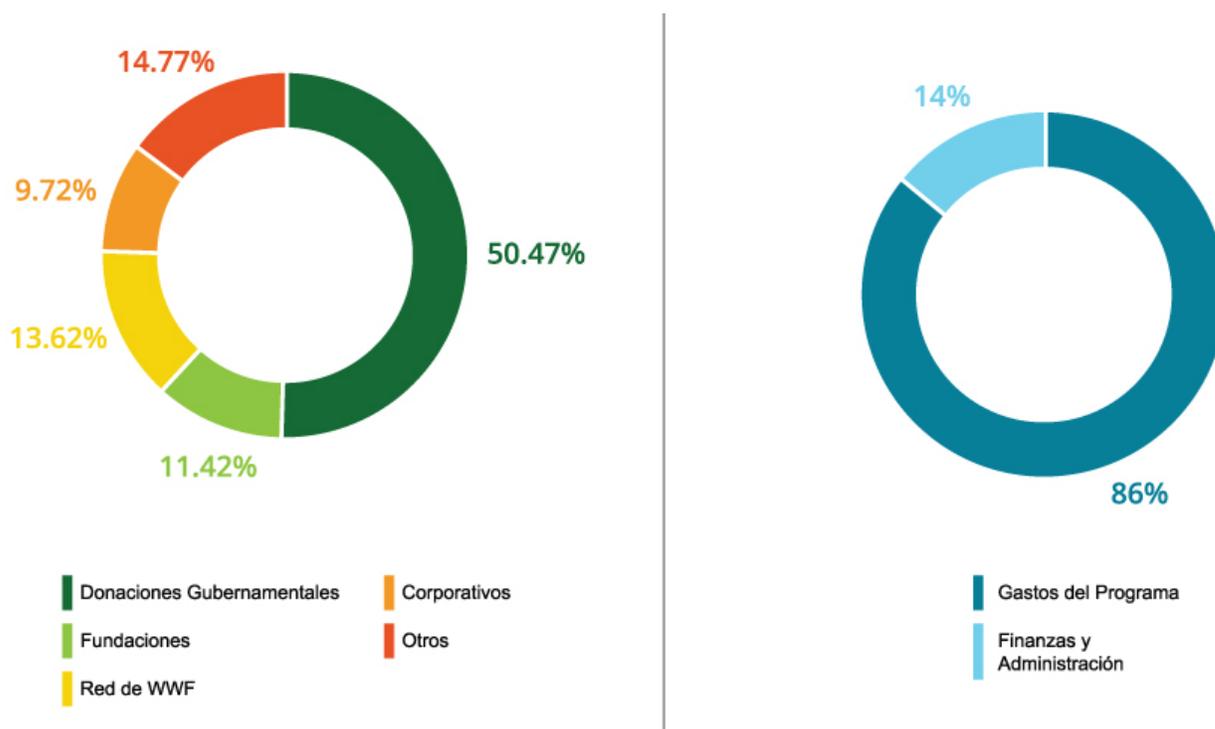
A. Recursos humanos

En la oficina de WWF en Guatemala se cuenta con 14 trabajadores. Dentro de las oficinas se encuentra el director, el oficial de comunicaciones, el oficial de diseño e impacto, el gerente de finanzas y administración, oficial de contratos y recursos humanos, el asistente de operaciones, el área administrativa, la directora de conservación, la oficial técnico de agua dulce, el oficial de hidrología, oficial técnico de pesquerías y conservación marina, oficial de cambio climático, oficial de turismo sostenible y conserje.

B. Recursos financieros

Las oficinas de WWF Guatemala / Mesoamérica solo puede lograr sus objetivos si cuentan con los recursos necesarios para financiar los esfuerzos que realiza la oficina y los de algunos de los socios que tienen. Esto lo logran a través de la gestión de una cartera de financiación diversificada que incluye financiación de fundaciones de servicios privados, fondos bilaterales y multilaterales. (Lehnhoff, y otros, 2016)

WWF está comprometida con la responsabilidad fiscal y transparencia a fin de lograr impactos críticos de conservación relevantes y desarrollar medios de vida sostenibles en armonía con la naturaleza en los lugares en los que trabaja. WWF Guatemala / Mesoamérica gasta 86 % de su presupuesto directamente en actividades de conservación. (WWF CA, 2020)



Fuente: WWF. 2020.

Figura 5. Finanzas para el 2015 de WWF Guatemala / Mesoamérica.

En esta grafica es posible observarse el manejo de las finanzas, del lado derecho, de tonos azules, se representa el total de gastos en el 2015. Mientras que el lado izquierdo muestra el total de ingresos operativos para el 2015.

1.4.10 Oficina de hidrología

WWF está trabajando para proteger los ecosistemas de agua dulce y mejorar el acceso, la eficiencia y la asignación del agua para las personas y el medio ambiente, ya que es un componente esencial para salvar la mayoría de los lugares y especies priorizados por WWF y reducir el impacto de la huella de la humanidad en el agua. En la figura 6 es posible observarse la fotografía representativa del estudio hidrológico de WWF por parte de un oficial técnico.



Fuente: WWF. 2020.

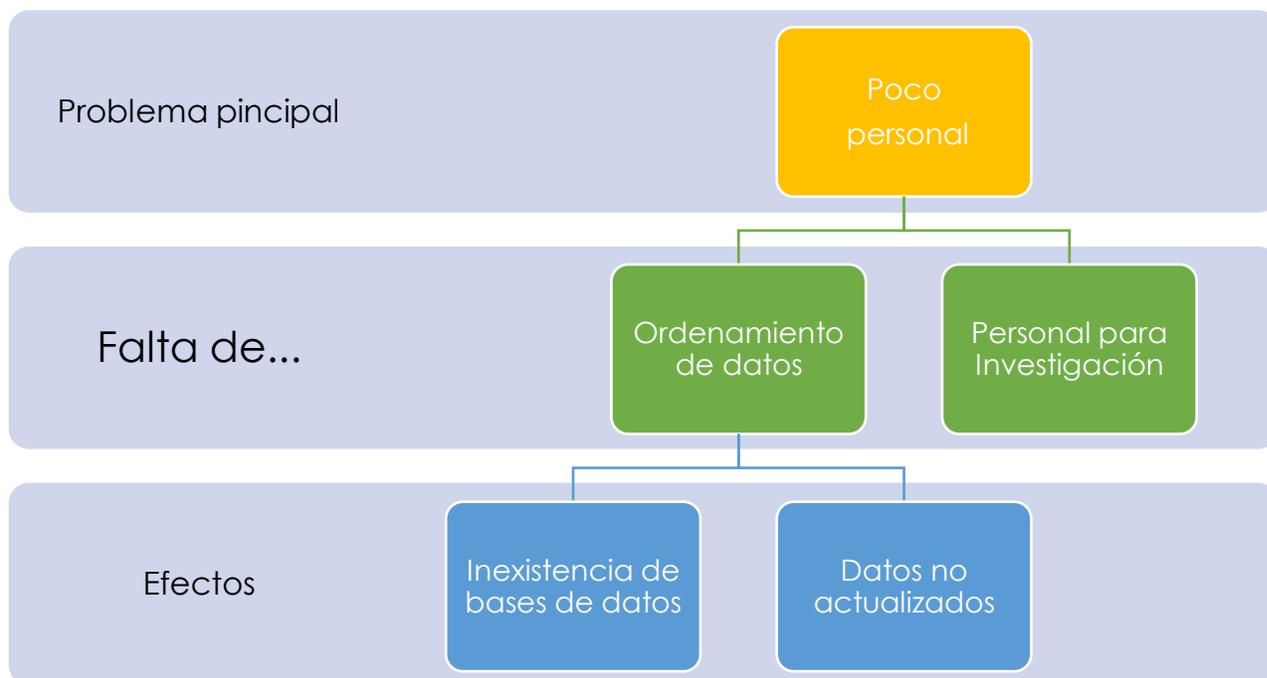
Figura 6. Oficial técnico de WWF Guatemala.

Dentro de esta oficina se trabaja con el arrecife mesoamericano (Belice, Honduras y Guatemala), enfocándose más en lo hídrico que en la parte de contaminación. Cuenta con alianzas estratégicas, cuyo principal objetivo es la conservación del agua dulce. Abordan actividades que van desde lo alto de la montaña a las zonas costeras, y así proteger nuestros recursos naturales, pero fundamentalmente el agua dulce que como ya se mencionó con anterioridad es un conector de ecosistemas y de vida. La conservación de esta área se logra integrando los esfuerzos que se efectúan las diferentes oficinas de la WWF, en lo más alto de las cuencas hidrográficas y en las planicies agrícolas, las zonas costeras y el ambiente marino, para hacer frente a las mayores amenazas a la integridad del ecosistema.

Dentro de la oficina de WWF Guatemala se trabaja en las cuencas primordiales que desembocan a este sistema arrecifal, y así buscan garantizar su conservación, ya que son fuentes económicas y ecosistemas. Las 400 cuencas que drenan al arrecife mesoamericano se enfrenan a distintas amenazas, por lo que la oficina se suma a los diferentes esfuerzos que se requieren para la generación de información y proyectos para garantizar la efectividad de estas áreas.

WWF trabaja conjuntamente con las comunidades, gobiernos y otras organizaciones sin fines de lucro e instituciones académicas para renovar la integridad de este delicado sistema arrecifal y para preservar sus recursos para las generaciones venideras. (WWF, 2020)

Dentro de las áreas prioritarias de la oficina se monitorea la cuenca del río Motagua, en especial se estudia la subcuenca del río Pasabién. Dentro de los proyectos a futuro se planea una reforestación, pero se desconocen las especies para reforestar, por lo que necesitan conocer de las especies resilientes dentro del área. La figura 7 que muestra el problema principal tomado en cuenta y como este afecta.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 7. Análisis del problema en la oficina de hidrología WWF Guatemala.

1.5. CONCLUSIONES

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía se realizó el diagnóstico con el fin de obtener información y conocer la situación en que se encuentra la oficina de WWF Guatemala / Mesoamérica, en donde se identificaron las problemáticas enfocándose especialmente en el área técnica de hidrología. Se detallaron a nivel de detalle los objetivos de la organización a nivel mundial obteniendo que la organización busca asegurar que las pesquerías y los ecosistemas oceánicos más importantes del mundo sean productivos y resistentes, y mejoren los medios de vida y la biodiversidad; que las especies más icónicas y en peligro de extinción estén protegidas y recuperándose en la naturaleza; buscan también mantener y mejorar la integridad de nuestros bosques más importantes, incluidos sus beneficios para el bienestar humano; los ecosistemas de agua dulce y los regímenes de flujo que proporcionan agua para las personas y la naturaleza; buscando lograr un cambio

global hacia un futuro bajo en carbono y resiliente al clima; y que los sistemas alimentarios sostenibles conserven la naturaleza y mantengan la seguridad alimentaria.

WWF Guatemala trabaja con el arrecife mesoamericano (Belice, Honduras y Guatemala), enfocándose más en lo hídrico que en la parte de contaminación. De forma general, WWF Guatemala tiene la tarea de conservar la única biodiversidad incomparable de la región centroamericana - incluyendo el mayor arrecife de coral transfronterizo del mundo: el Arrecife Mesoamericano – y a la vez apoyar el bienestar y desarrollo económico de los países en vías de desarrollo y su gente.

Dentro de la oficina de WWF en Guatemala se cuenta con 14 trabajadores, únicamente 5 oficiales técnicos, uno por cada área. Esta situación resulta ser agotadora para el personal debido a que deben cubrir mucho trabajo, por lo que no se logra cubrir con todas las investigaciones, ni es posible enfocarse en la actualización y ordenamiento de información obtenida. Debido a esto se tienen diferentes datos hidrológicos en la oficina sin ordenar y digitalizar, por lo que no se cuenta con un archivo de datos históricos controlables de fácil acceso y disponible para usar. Estos diferentes datos son utilidad para diferentes estudios, pero por la falta de la base de datos resulta complicado usarlos. De igual forma se tienen mapas y shapes desactualizados y desordenados, que al momento de querer utilizar la información es complicado encontrarlos y/o con información antigua.

1.6. BIBLIOGRAFÍA

Lehnhof; Et al. (2016). *WWF Guatemala/Mesoamerica Strategic Plan 2016-2021*. Plan Estratégico, WWF Guatemala/Mesoamerica Management Team.

WWF CA. (2020). *WWF Guatemala / Mesoamerica*. <http://www.wwfca.org/>

WWF. (2020). *World Wildlife Fund*. <https://www.worldwildlife.org/about>

**CAPÍTULO 2: ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO
MOTAGUA, GUATEMALA. C.A.**



2.1. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental para la sobrevivencia de los seres vivos, y fundamental para el desarrollo económico, social y ambiental. Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía; se realizó el presente estudio, utilizando una metodología indirecta en combinación con datos de información primaria, obteniendo de forma general el estado actual de sequía de una de las cuencas más importantes del país.

La cuenca del río Motagua cuenta con un área de 12,613 km² (1,261,300 ha) y ocupa gran parte del territorio de la República de Guatemala (11.58 %); pasando por los departamentos de Quiché, Totonicapán, Sololá Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Jalapa, Chiquimula, Zacapa, Izabal, El Progreso, y Alta y Baja Verapaz, se convierte en el río más largo de Guatemala con una longitud de 440.77 km aproximadamente. Dentro de la cuenca se tienen varios departamentos considerados dentro del corredor seco, los cuales han sido azotados por una serie de sequías cíclicas estrechamente relacionadas con los fenómenos climatológicos extremos provocados por el cambio climático.

Los episodios de calor extremo, precipitaciones y sequías están aumentando como resultado del cambio climático, además de la existencia de diferentes fenómenos como las sequías en los 1997 y 1998 derivando incendios forestales en Peten, posteriormente en 2002 en la región Copan Chortí, en 2009 causando graves pérdidas en el corredor seco y posteriormente desde el 2015 que se han registrado los años más calurosos, aumentando la temperatura año con año. Considerando el 2019 el segundo año más cálido registrado después de 2016.

La sequía está haciendo estragos en toda Centroamérica, la época lluviosa ha variado a lo largo de los años disminuyendo los períodos de lluvia y la intensidad de la misma, de igual forma existe sequía en la época lluviosa que afecta principalmente a los agricultores de subsistencia, que resulta en otros desastres como la inseguridad alimentaria, hambrunas, malnutrición, entre otras; provenientes de las pérdidas de cosechas.

La investigación está basada en una metodología de escala 1:50000, sin embargo, se generan vacíos al obtener y analizar la información por los escasos de la misma.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

Guatemala se divide en tres vertientes: la del Pacífico, la del Caribe y la del Golfo de México. La Vertiente del Pacífico es la que cuenta con mayor cantidad de cuencas (18 de las 38 existentes), le sigue la Vertiente del Golfo de México con 10 cuencas y la del Caribe que incluye 10 cuencas de los ríos que desembocan a la Vertiente del Caribe, vertiente en donde se encuentra la cuenca del río Motagua. (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2015) estas unidades hidrológicas se subdividen en 314 subcuencas y 2,391 microcuencas (MAGA, 2009).

A. Cuenca hidrográfica

Delimita físicamente la superficie, espacio o territorio natural que diferencie la distribución de las vertientes de agua, es un territorio delimitado por la propia naturaleza (esencialmente por los límites de zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que desembocan hacia un mismo cauce), representando una fuente natural de captación y concentración de agua superficial. Es la unidad mínima de gestión desde la cual se pueden manejar adecuadamente las interacciones entre los factores socioeconómicos y los factores biofísicos. (Aguilar Umaña, I., Rodas, O., Elías, S., & Castañeda, W. 2007)

a. Factores socioeconómicos

Los factores sociales están ligados principalmente a las actividades productivas y de asentamiento de la población. La cuenca debe ser respetada como una realidad socialmente construida a partir de las relaciones económicas, culturales, sociales y políticas que se establecen entre los diferentes sectores y actores. Reflejando la historia de formación socioespacial que las diferentes sociedades establecen, es decir, como los actores sociales establecen campos y hábitos de acción que definen la forma como organizan su espacio y la manera como realizan sus prácticas productivas. (Aguilar Umaña, I., Rodas, O., Elías, S., & Castañeda, W. 2007)

b. Factores biofísicos

Según Umaña (2007) son los factores naturales de tipo geológico, biológico e hidrológico, entre otros; estos corresponden con los factores estructurales del paisaje como el clima (temperatura y precipitación), el relieve (pendiente y altitud), suelo (humedad, porosidad, textura, materia orgánica y pH), y las clases de cobertura vegetal, fauna, flora, y uso del suelo.

Guatemala fue, en 2010, el segundo país más afectado por el cambio climático. En este país cada vez son más comunes las sequías, deslaves o inundaciones, naturales. Episodios como la sequía que se vivió en el Oriente de Guatemala en 2002 y 2009, el paso de la tormenta Stan en 2005, en 2010 Agatha, o los recurrentes eventos de sequía, incendios forestales o inundación que se suceden año tras año, alertan sobre las consecuencias si el deterioro ambiental y, en él, el deterioro de las cuencas hidrográficas continúa su ritmo ascendente y acelerado.

i. Caracterización climática

- Isolíneas

Líneas trazadas en un mapa, que describen la intersección de una superficie mediante la interpolación de uno o más planos horizontales, formando gradientes relativos de la variable o parámetro estimado, con el fin de interpretar gráficamente. (Franz, 2011)

- Isopletas

Unen puntos de la superficie terrestre que tienen igual evapotranspiración.

- Isotermas

Unen puntos de la superficie terrestre que tienen igual temperatura. Se generaliza tomando superficies con parecidos valores de temperatura y representando superficies con valores medios asignados próximos (iguales).

- Isoyetas

Une los puntos en un plano cartográfico que presentan la misma precipitación en la unidad de tiempo considerada. (Fonseca, 2019)

ii. Climadiagramas

Son representaciones gráficas de los datos climáticos de alguna zona determinada, elaborados para tener un buen análisis del comportamiento del clima, para su fácil y rápida

comprensión y posterior comparación más clara a primera vista. (Rivero Blanco, 2013)

iii. Agua del suelo

El agua se almacena en los microporos formando películas delgadas alrededor de las partículas del suelo. Esta es indispensable para las plantas no sólo como alimento, sino también para reponer las pérdidas que por evapotranspiración se producen durante el ciclo vegetativo.

-. Capacidad de campo (C.C.)

Es el agua que queda retenida en el suelo después que el agua gravitacional (el exceso de agua de retenida en los macroporos por un período corto de tiempo) se ha drenado o de que se han hecho los ajustes por capilaridad al entrar en contacto con el suelo seco. (Rojas, 2013)

-. Punto de marchitez permanente (PMP)

Es el porcentaje o contenido de humedad del suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración. Al alcanzar el suelo este punto, las plantas se marchitan y no son capaces de recuperarse aun y cuando se les aplique un riego abundante o se coloquen durante una noche en una atmósfera saturada. (Rojas, 2013)

-. Densidad aparente

Es la masa de suelo por unidad de volumen (g. cm^{-3} o t. m^{-3}). Describe la compactación

del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso. (Rojas, 2013)

A. Cambio climático

Se define como fluctuaciones a largo plazo de la temperatura, las precipitaciones, los vientos y todos los demás componentes del clima en la Tierra, se debe a procesos naturales internos o cambios del forzamiento externo, o bien a constantes cambios antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. El cambio climático se manifiesta en el aumento de la temperatura que, a su vez, genera otros cambios drásticos en el ambiente como inundaciones, sequías, derretimiento de glaciares, desplazamientos, incremento de plagas, etc.

a. Cambio climático para Guatemala

En los últimos 25 años, la situación climática del país ha ido cambiando, lo que se demuestra en la cantidad de precipitaciones, la prolongación de sequías y los cambios de temperatura que han aumentado tanto en el día como en la noche. Se prevé para Guatemala aumentos en la temperatura de entre 3 °C y 6 °C para fines de siglo, en donde la mayoría de los escenarios estiman la disminución del 30 % de la precipitación anual proyectando sequías más prolongadas y alteraciones en la temporada de lluvias, que generarían un mayor número de tormentas locales severas a finales de siglo. (Rivera, Bardales Espinoza, & Ochoa, 2019)

b. El cambio climático y la agricultura

Latinoamérica está identificada como la zona del planeta que más exporta alimentos y es una de las regiones más afectadas por el cambio climático. La agricultura es un sector estrechamente vinculado con el clima y base de los recursos naturales, especialmente de los recursos agua y suelo. (Arriaga López, 2017)

El incremento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos deseados, provocando a la vez la proliferación de malas hierbas y pestes. Los cambios en los regímenes de precipitación aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, USA, 2009)

El periódico El Economista en 2019, nos dice que la escasez de lluvia en 2019 afectó a más de 50,000 familias de la mayoría de departamentos de Guatemala, en donde se dañaron 42,000 ha de cultivos.

B. Sequía

La sequía es en especial importante como problema social, ambiental, económico y técnico; esta se expresa como condición de déficit de humedad o agua, producto de la combinación de eventos meteorológicos, características físico-geográficas del territorio y la acción del humano sobre el medio.

Para Wilhite y Glantz (1985) detectaron más de 150 definiciones de esta, categorizándolas en cuatro grupos según la disciplina científica desde la que sea analizado el fenómeno: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía socioeconómica y sequía agrícola.

Marcos, V. (2011) define estas caracterizaciones de la siguiente forma:

a. Sequía meteorológica

Es una expresión de la desviación de la precipitación respecto a la media durante un período de tiempo determinado. Es decir, es el intervalo de tiempo, generalmente con una duración del orden de meses o años, durante el cual el aporte de humedad en un determinado lugar

cae consistentemente por debajo de lo climatológicamente esperado o del aporte de humedad climatológicamente apropiado.

b. Sequía hidrológica

Es la deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, lagos, etc.). Al producirse un desfase entre la insuficiencia de lluvias o nieves y la reducción del caudal de ríos o el nivel de lagos y embalses.

c. Sequía socioeconómica

Esta se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada por la escasez de lluvias.

d. Sequía agrícola

La agricultura tiene una especial relevancia en relación con la sequía. La sequía agrícola se produce cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. Este tipo de sequía, por depender no sólo de las condiciones meteorológicas, sino también de las características biológicas del cultivo y las propiedades del suelo, no es equivalente a la sequía meteorológica.

C. Índices e indicadores de sequia

Los indicadores son variables o parámetros utilizados para describir las condiciones de las sequías, mientras que los índices suelen ser representaciones numéricas informatizadas de

la gravedad de las sequías, tienen por objeto analizar el estado cualitativo de las sequías en el entorno en un período de tiempo determinado. (Organización Meteorológica Mundial, Suiza (OMM) & Asociación Mundial para el Agua Suecia, 2016)

a. Deciles

Es un sencillo método matemático descrito por Gibbs y Maher en 1967, en el que, mediante el período de registro de los datos de precipitación de un lugar, se clasifica la frecuencia y la distribución de la precipitación. El primer decil está compuesto por la cantidad de lluvia en que no se supera el 10 % más bajo de los valores, y el quinto decil constituye la mediana. También está disponible una escala de humedad.

La escala de deciles establece diez intervalos para la serie de valores, cada uno de los cuales se reparte un 10 % de los valores: sequía muy fuerte (extrema), sequía fuerte (severa), sequía moderada, sequía leve, sequía incipiente, humedad incipiente, humedad leve, humedad moderada, humedad fuerte (severa) y humedad muy fuerte (extrema). (Valiente, 2001)

b. Índice de aridez (AI)

La aridez se define como la relación de la precipitación con la temperatura media. Es una característica cualitativa del clima, que permite medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. AI se puede utilizar para determinar el inicio de una sequía, dado que el índice tiene en cuenta los efectos de la temperatura y la precipitación. Ese fue un índice creado a partir del trabajo realizado por De Martonne en 1925. (Fernandez, 2015)

2.2.2. Marco referencial

A. Localización

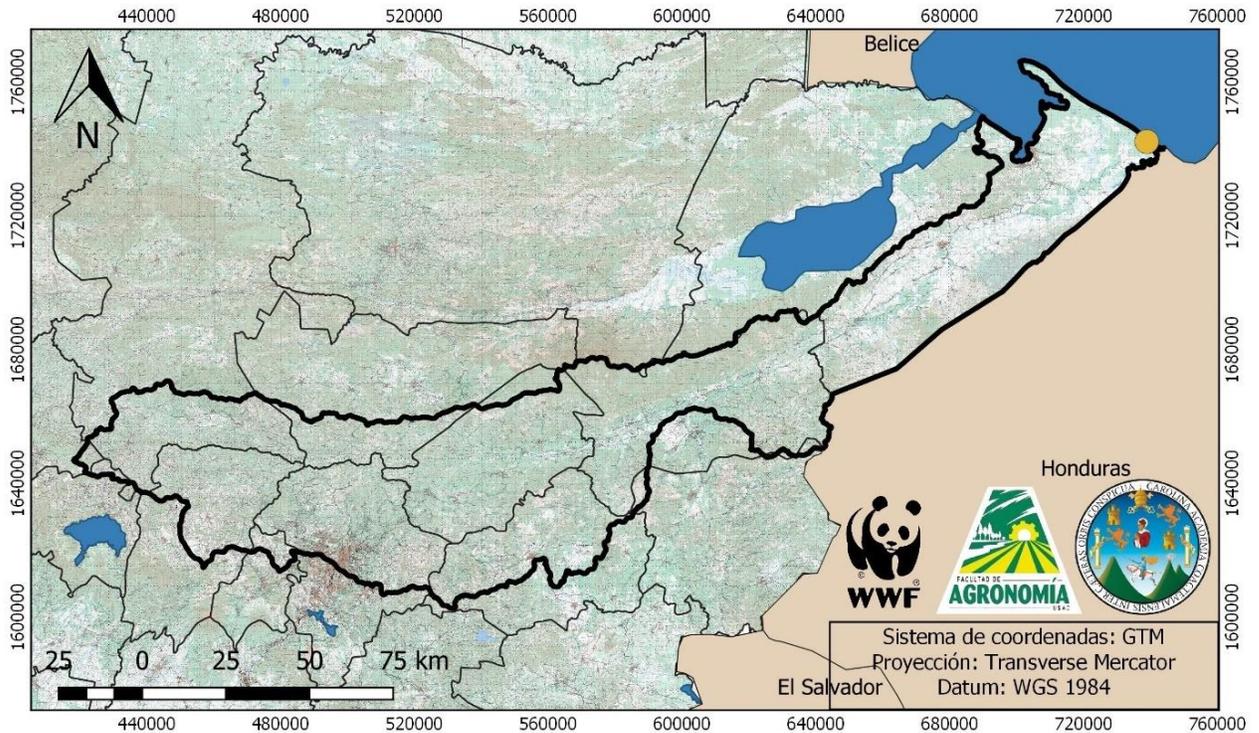
La cuenca del río Motagua se localiza en la vertiente del Caribe (Océano Atlántico), en el sureste de Guatemala y noroccidente de Honduras. Naciendo en el departamento de Quiché y desembocando en Izabal, específicamente en el Mar Caribe. (Fundación para la Conservación de la Recursos Naturales y Ambiente en Guatemala, Guatemala (FCG), 2012) ocupa el 13.94 % del territorio guatemalteco, y en Honduras 1.36 % del territorio.

El punto de aforo se encuentra en el departamento de Izabal en el municipio de Puerto Barrios, en donde el río Motagua desboca al mar Caribe. A continuación, se encuentran las coordenadas del punto de aforo:

- Latitud: N 15°44'59.74".
- Longitud: O 88°16'22.51".

La cuenca del río Motagua cuenta con un área de 12,613 km², con una longitud del río de 440.77 km. Esta cuenca también marca la falla de Motagua, la frontera tectónica entre la placa Norteamericana y la placa del Caribe. Al río Motagua le desembocan el río Grande en el municipio de Estanzuela, Zacapa, lo que aumenta su caudal y área aproximadamente 2,500 km²; además este río viene desde Copan Ruinas de Honduras, agregándole otra superficie de 2,480 km² aproximadamente en el territorio hondureño. (González Figueroa, 1988). Adicionalmente a partir del departamento de Izabal el área del río Motagua aumenta por las subcuencas que nacen en Honduras.

La figura 8 muestra el mapa base de la cuenca del río Motagua, señalando el punto de aforo, el área de la cuenca, la longitud y el perímetro del río.



Leyenda

- Delimitación
- Departamentos
- Centro poblado

- Punto de aforo
- Río principal
- Carreteras principales

Área: 12,613 km²

Perímetro: 1.051 km

Longitud del río: 440.77 km

Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 8. Mapa base de la cuenca del río Motagua.

En base al mapa de ubicación realizado se determinó que dentro de la cuenca se encuentran 13 departamentos y 85 municipios que forman parte de la misma, los cuales se detallan a continuación y pueden observarse en la figura 9.

- **Alta Verapaz:** Panzós y Santa Catalina La Tinta.
- **Baja Verapaz:** Santa Cruz El Chol, Granados, Cubulco, San Miguel Chicaj, Salamá, San Jerónimo y Rabinal.

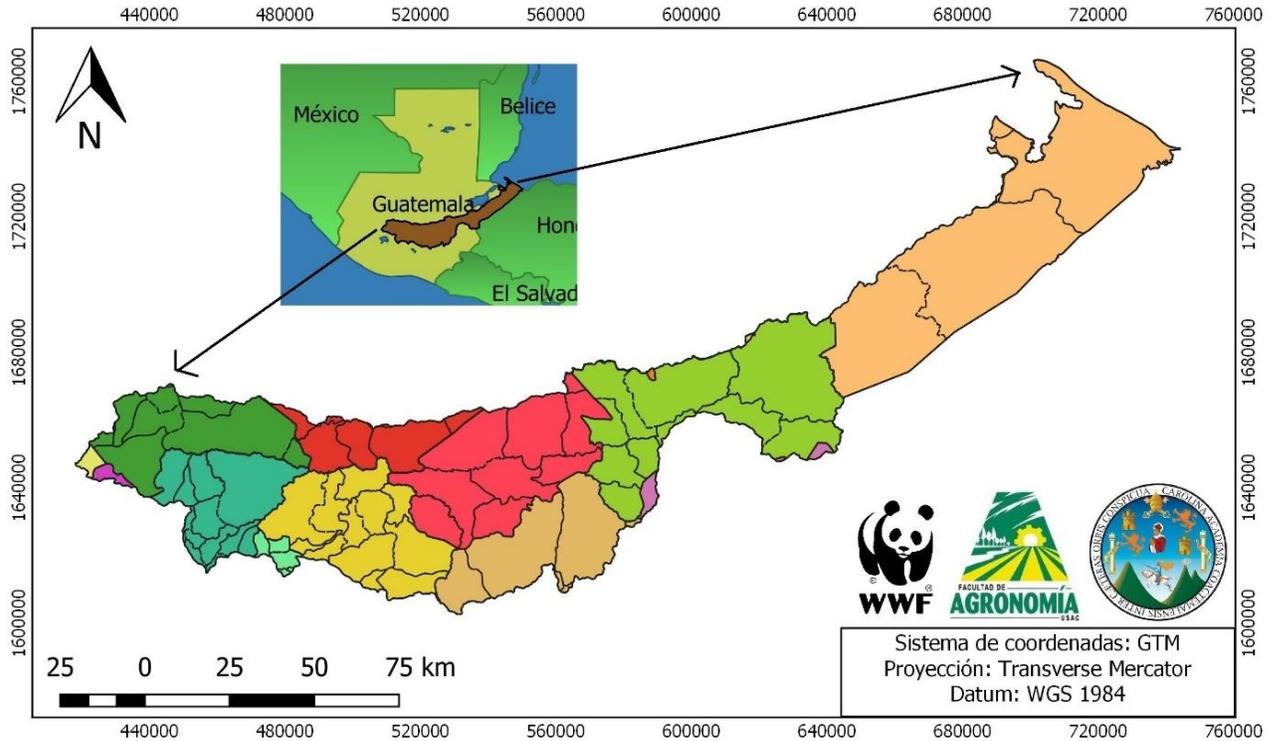
- **Chimaltenango:** San José Poaquil, Tecpán Guatemala, San Juan Comalapa, San Martín Jilotepeque, El Tejar, Zaragoza, Chimaltenango, Santa Apolonia, Santa Cruz Balanyá, San Andrés Itzapa y Patzicía. Sumpango
- **Chiquimula:** Camotán, Chiquimula,
- **El Progreso:** San Agustín Acasaguastlán, San Antonio La Paz, Morazán, Sanarate, San Cristóbal Acasaguastlán, Guastatoya, Sansare y El Júcaro.
- **Guatemala:** San Raymundo, Palencia, San Pedro Ayampuc, Chinautla, Chuarrancho, Santa Catarina Pinula, San José del Golfo, Guatemala, San José Pinula, Mixco, San Juan Sacatepéquez y San Pedro Sacatepéquez, San Pedro Ayampuc Santiago Sacatepéquez.
- **Izabal:** Puerto Barrios, Morales, El Estor, Livingston y Los Amates.
- **Jalapa:** Mataquescuintla, Jalapa, San Pedro Pinula, San Luis Jilotepeque, y Monjas.
- **Quiché:** Joyabaj, Santa Cruz del Quiché, Chichicastenango, Chiché, Chinique, Zacualpa, San Pedro Jocopilas, San Andrés Sajcabajá, Pachalum y San Antonio Ilostenango.
- **Sacatepéquez:** Santiago Sacatepéquez, Antigua Guatemala, San Bartolomé Milpas Altas, San Lucas Sacatepéquez, Sumpango y Santo Domingo Xenacoj.
- **Sololá:** Sololá y San Andrés Semetabaj.
- **Totonicapán:** Totonicapán.
- **Zacapa:** Río Hondo, Gualán, Teculután, Usumatlán, Zacapa, La Unión, Cabañas, San Diego, Huité y Estanzuela.

En el cuadro 2, se muestra el porcentaje de área que abarca cada departamento dentro de la cuenca.

Cuadro 2. Departamentos dentro de la cuenca.

Departamento	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
Guatemala	1,368.76	136,876	10.86
El Progreso	1,702.41	170,241	13.51
Sacatepéquez	93.56	9356	0.74
Chimaltenango	934.52	93,452	7.41
Sololá	35.74	3,574	0.28
Totonicapán	38.66	3,866	0.31
Quiche	1,066.86	106,686	8.46
Baja Verapaz	612.9	61,290	4.86
Alta Verapaz	9.54	954	0.08
Izabal	3,306.89	330,689	26.24
Zacapa	2,239.15	223,915	17.77
Chiquimula	65.86	6,586	0.52
Jalapa	1,129.20	112,920	8.96
Total	12,604.05	1,260,405	100

Fuente: elaboración propia (2020).



Leyenda

- | | | |
|------------------------------|-------------|--------------|
| Delimitación | Chiquimula | Sacatepequez |
| Municipios | El Progreso | Solola |
| Departamentos_Motagua | Guatemala | Totonicapan |
| Alta Verapaz | Izabal | Zacapa |
| Baja Verapaz | Jalapa | |
| Chimaltenango | Quiche | |

Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 9. Mapa de ubicación de la cuenca del río Motagua.

En las figuras 10 y 11 es posible observarse el río Motagua en diferentes puntos. La primera imagen nos muestra el río en el departamento del Chichicastenango. Mientras que la imagen 11 es tomada desde el departamento del progreso.



Fuente: WWF agua dulce (2020).

Figura 10. Río Motagua, Chichicastenango.



Fuente: WWF agua dulce (2020).

Figura 11. Río Motagua puente Chetumal, El Rancho, San Agustín Acasaguastlán.

B. Características socioeconómicas

Con base al XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda – 2018, se tomaron los datos de los poblacionales, considerando únicamente a los municipios que abarcan más del 80 % de su totalidad dentro de la cuenca, siendo al final 48 municipios, los cuales se detallaran a continuación.

a. Demografía

i. Población total

Con base en la información recopilada, se realizó la proyección que la población total actual que es correspondiente a 3,064,274 habitantes según la estimación para el año 2020, considerando una tasa de crecimiento del 2.3 %, en el cuadro 3 se encuentra la tabla de poblados, con su respectiva población en el censo 2018 y la proyección realizada.

Cuadro 3. Población total de la cuenca del río Motagua.

Departamento	Municipio	Población 2018	Población 2020
Guatemala	Guatemala	923,392	966,357
	San José del Golfo	7,229	7,565
	Palencia	70,973	74,275
	Chinautla	114,752	120,091
	San Pedro Ayampuc	58,609	61,336
	San Pedro Sacatepéquez	51,292	53,679
	San Juan Sacatepéquez	218,156	228,307
	San Raymundo	31,605	33,076
	Chuarrancho	12,638	13,226
El Progreso	Guastatoya	24,821	25,976
	Morazán	12,164	12,730
	San Agustín Acasaguastlán	45,765	47,894
	San Cristóbal Acasaguastlán	7,199	7,534
	El Jícaro	13,128	13,739
	Sansare	13,154	13,766
	Sanarate	39,444	41,279

Continuación cuadro 3.

Departamento	Municipio	Población 2018	Población 2020
El Progreso	San Antonio La Paz	20,957	21,932
Sacatepéquez	Santo Domingo Xenacoj	12,402	12,979
	Santiago Sacatepéquez	29,238	30,598
Chimaltenango	Chimaltenango	96,985	101,498
	San José Poaquil	26,845	28,094
	San Martín Jilotepeque	73,469	76,887
	San Juan Comalapa	48,597	50,858
	Santa Apolonia	18,540	19,403
	Santa Cruz Balanyá	9,479	9,920
	Zaragoza	24,022	25,140
	El Tejar	19,492	20,399
Quiché	Santa Cruz del Quiché	78,279	81,921
	Chiché	29,646	31,025
	Chinique	11,382	11,912
	Santo Tomás Chichicastenango	141,567	148,154
	Joyabaj	82,369	86,202
	Pachalum	8,839	9,250
Baja Verapaz	Granados	13,595	14,228
	Santa Cruz El Chol	9,538	9,982
Izabal	Puerto Barrios	100,593	105,273
	Morales	100,361	105,031
	Los Amates	60,914	63,748
Zacapa	Río Hondo	21,434	22,431
	Gualán	45,663	47,788
	Teculután	17,602	18,421
	Usumatlán	12,232	12,801
	Cabañas	13,641	14,276

Continuación cuadro 3.

Departamento	Municipio	Población 2018	Población 2020
Zacapa	San Diego	7,235	7,572
	La Unión	33,572	35,134
	Huité	11,470	12,004
Jalapa	San Pedro Pinula	61,908	64,789
	Mataquescuintla	41,848	43,795
Total		2,928,035	3,064,274

Fuente: INE (2018).

En el cuadro 4 se muestra una tabla de proyecciones demográficas desde el año del censo en el 2018 hasta el año 2030. Estas proyecciones serán útiles para definir proyectos a futuro para que estos prevean las necesidades que se tendrán en ese año en función a la población, que se verá radicalmente aumentada.

Cuadro 4. Proyección de poblaciones totales para la cuenca del río Motagua.

Año	2018	2020	2022	2024
Población	2,928,035	3,064,274	3,206,851	3,356,063
	2026	2028	2030	
	3,512,217	3,675,637	3,846,661	

Fuente: elaboración propia (2020).

ii. Población económicamente activa

En el cuadro 5, se presenta la población económica activa (PEA) tomando en cuenta la población de 15 años o más y la población económicamente inactiva, con una proyección del 2.3 % para el año 2020 dentro de la cuenca del río Motagua. En donde el 56 % (1,197,997 Habitantes) de la población tomada en cuenta es económicamente activa.

Cuadro 5. Población económicamente activa (PEA) e inactiva de la cuenca del río Motagua, proyección 2020.

Departamento	Municipio	Población de 15 años y más	Población en edad de trabajar	
			Económicamente activa	Económicamente inactiva
			Total	Total
Guatemala	Guatemala	739,584	457,661	281,923
	San José del Golfo	5,304	2,671	2,633
	Palencia	49,700	26,958	22,742
	Chinautla	84,375	50,367	34,008
	San Pedro Ayampuc	42,302	23,677	18,625
	San Pedro Sacatepéquez	37,006	24,253	12,753
	San Juan Sacatepéquez	153,044	86,714	66,330
	San Raymundo	22,355	12,184	10,171
	Chuarrancho	8,746	3,969	4,776
El Progreso	Guastatoya	19,029	10,506	8,523
	Morazán	9,016	4,308	4,708
	San Agustín Acasaguastlán	31,058	14,754	16,304
	San Cristóbal Acasaguastlán	5,249	2,258	2,991
	El Jícaro	9,875	4,609	5,266
	Sansare	9,914	4,379	5,535
	Sanarate	29,400	15,766	13,634
	San Antonio La Paz	14,871	7,712	7,159
Sacatepéquez	Santo Domingo Xenacoj	8,940	5,896	3,044
	Santiago Sacatepéquez	21,596	13,915	7,682
Chimaltenango	Chimaltenango	70,902	41,039	29,864
	San José Poaquil	18,758	9,948	8,810

Continuación cuadro 5.

Departamento	Municipio	Población de 15 años y más	Población en edad de trabajar	
			Económicamente activa	Económicamente inactiva
			Total	Total
	San Martín Jilotepeque	50,443	17,538	32,905
	San Juan Comalapa	34,541	22,318	12,222
	Santa Apolonia	11,893	5,934	5,959
	Santa Cruz Balanyá	6,547	4,177	2,370
Chimaltenango	Zaragoza	16,839	9,383	7,455
	El Tejar	14,338	8,276	6,063
Quiché	Santa Cruz del Quiché	54,094	26,491	27,603
	Chiché	19,015	9,105	9,911
	Chinique	7,649	3,596	4,053
	Santo Tomás Chichicastenango	94,122	50,825	43,297
	Joyabaj	51,114	17,709	33,404
	Pachalum	6,340	2,799	3,540
Baja Verapaz	Granados	9,921	4,779	5,142
	Santa Cruz El Chol	6,993	3,306	3,687
Izabal	Puerto Barrios	76,366	42,484	33,882
	Morales	71,788	37,591	34,196
	Los Amates	42,003	19,811	22,193
Zacapa	Río Hondo	16,277	8,318	7,959
	Gualán	32,754	16,331	16,423
	Teculután	13,141	6,937	6,204
	Usumatlán	8,789	4,433	4,356
	Cabañas	9,751	4,407	5,344
Zacapa	San Diego	5,224	2,355	2,870
	La Unión	21,135	8,109	13,026
	Huité	7,790	3,619	4,171
Jalapa	San Pedro Pinula	39,677	18,704	20,973
	Mataquescuintla	28,877	15,120	13,757
Total		2,148,446	1,197,997	950,448

Fuente: INE (2018).

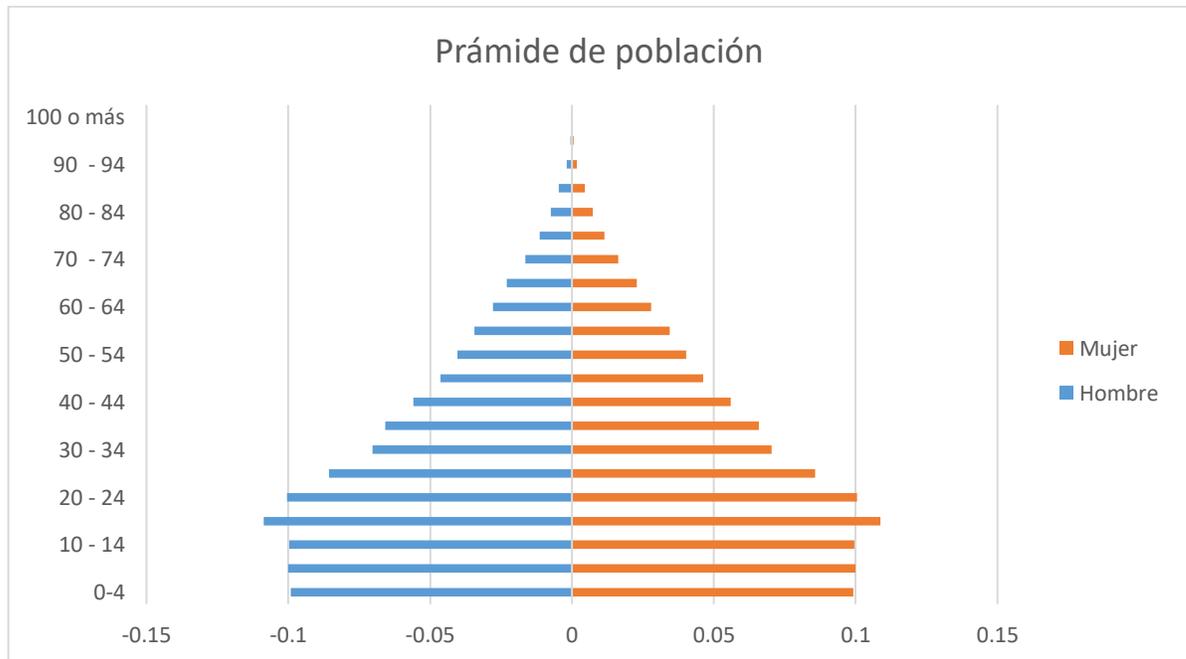
iii. Densidad de población

La densidad de población consiste en dividir la cantidad total de personas que se encuentran en un territorio determinado que en este caso es 3,064,274, entre la superficie del área siendo esta de 12,613 km². Obteniendo así que dentro de la cuenca se tiene una densidad poblacional de 243 hab/km².

$$\text{Densidad poblacional} = \frac{3,064,274 \text{ hab}}{12,613 \text{ km}^2} = 243 \text{ hab/km}^2$$

iv. Población por edades

En la figura 12, se presenta la pirámide poblacional de los habitantes dentro de la cuenca.

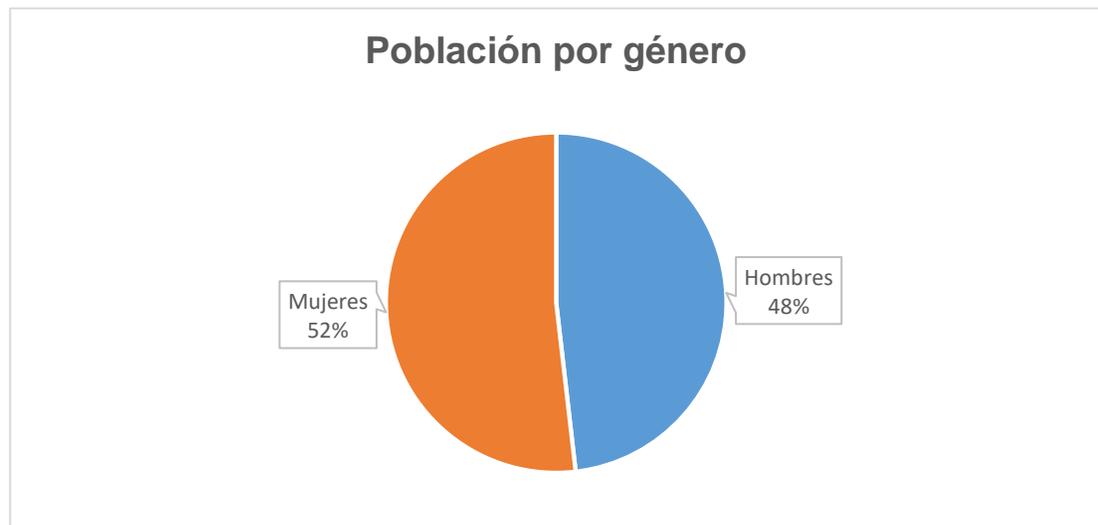


Fuente: XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda – 2018, proyectado al 2020.

Figura 12. Gráfica de la pirámide poblacional de la cuenca del río Motagua.

v. Población por género

Dentro de la cuenca se estima una población equitativamente distribuida según género, el 52 % son mujeres; siendo estas un total de 1,588,089 habitantes y el restante 48 % son hombres, siendo estos una población de 1,476,185 habitantes; los cuales se presentan en el cuadro 6.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 13. Población por género dentro de la cuenca del río Motagua.

vi. Población por pueblos

La distribución de poblaciones, presentada en el cuadro 6, muestra que el 66.93 % de habitantes dentro de la cuenca es ladina.

Cuadro 6. Población por pueblos dentro de la cuenca del río Motagua.

Pueblo de pertenencia	Maya	Garífuna	Xinka	Afrodescen diente / Creole / Afromestizo	Ladina (o)	Extranjera (o)
Habitantes	973,830	5,076	15,075	6,094	2,050,878	13,321
% dentro de la cuenca	31.78	0.17	0.49	0.20	66.93	0.43

Fuente: XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda – 2018, proyectado al 2020.

vii. Educación

El comportamiento del nivel educativo se definió entre las poblaciones de 7 años y más, la cual representa un 85 % de habitantes totales de la cuenca. De este 85 % de los habitantes totales, el 86.82 % de los habitantes son alfabetos, quedando la distribución de la siguiente manera mostrada en el cuadro 7.

Cuadro 7. Población de la cuenca del río Motagua según su género.

Población de 7 años o más	Hombres	Mujeres
	1,259,186	1,375,886
2,635,072	Alfabetismo	
	Hombres	Mujeres
	1,125,615	1,162,365

Fuente: XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda – 2018, proyectado al 2020.

C. Características biofísicas

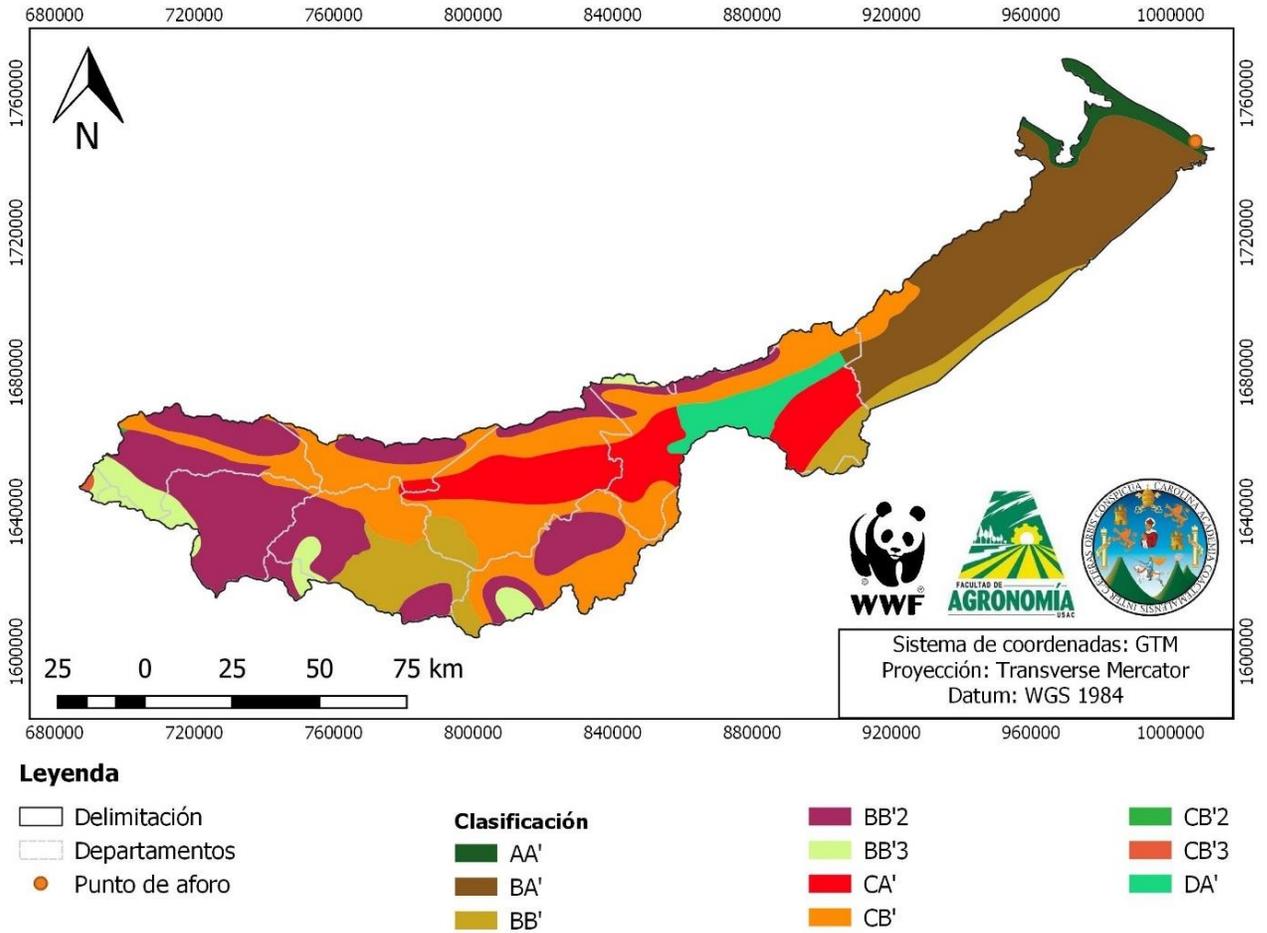
a. Clima

En el año 2000 el SIG-MAGA elaboró un mapa de clasificación climática basado en el sistema de Thornthwaite, clasificando 13 tipos de clima para Guatemala, mostrando la información a detalle en el cuadro 8 y en la figura 14 el mapa de zonas climáticas para la cuenca del río Motagua.

Cuadro 8. Características de la clasificación climática dentro de la cuenca del río Motagua.

Símbolo	Jerarquía de humedad	Jerarquía de temperatura	Vegetación natural	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
			Característica			
AA'	Muy húmedo	Cálido	Selva	285	28,500	2.26
BA'	Húmedo	Cálido	Bosque	2,624	262,400	20.83
BB'	Húmedo	Semi-cálido	Bosque	1,188	118,800	9.43
BB'2	Húmedo	Templado	Bosque	2,975	297,500	23.61
BB'3	Húmedo	Semi-frío	Bosque	483	48,300	3.83
CA'	Semi-seco	Cálido	Pastizal	1,467	146,700	11.64
CB'	Semi-seco	Semi-cálido	Pastizal	3,129	312,900	24.83
CB'2	Semi-seco	Templado	Pastizal	2	200	0.016
CB'3	Semi-seco	Semi-frío	Pastizal	12	1,200	0.095
DA'	Seco	Cálido	Estepa	434	43,400	3.44
Total				12,599	1,259,900	100

Fuente: SIG-MAGA (2000).



Fuente: SIG-MAGA (2000).

Figura 14. Mapa de clasificación climática para la cuenca del río Motagua.

i. Temperatura

La temperatura varía a lo largo de la cuenca del Motagua, registrando datos entre 25 °C y 35 °C para Izabal, mientras que, en Totonicapán, Quiché, Sololá y Chimaltenango, cuentan con la mayor cantidad de microclimas, las temperaturas promedio oscilan entre los 8 °C y 29 °C.

En el caso de los departamentos de Guatemala, El Progreso y Zacapa, esta variable va desde los 14 °C a los 40 °C. Por último, en Jalapa, Chiquimula y Baja Verapaz, la

temperatura promedio puede encontrarse entre los 10 °C a 25 °C. (Fundación para la Conservación de la Recursos Naturales y Ambiente en Guatemala, Guatemala, 2012)

ii. Zonas de vida

Una zona de vida se define como una unidad territorial natural en la cual están interrelacionadas la vegetación, la actividad animal, el clima, la fisiografía, la formación geológica y el suelo, en una combinación reconocida y única, que tiene aspecto o fisonomía típica. (Herrera, I. 2019).

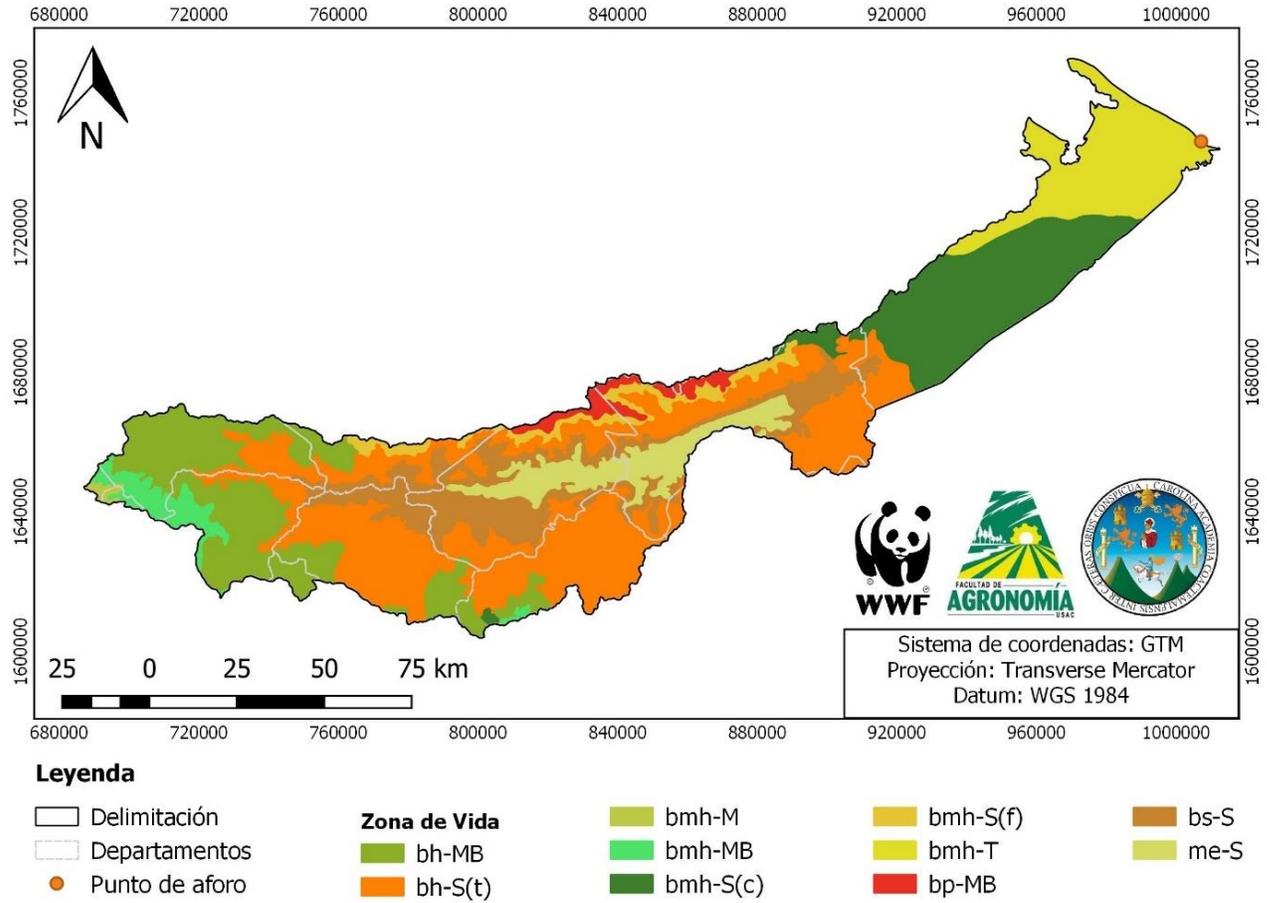
El IARNA-URL (2011) revela que en Guatemala hay trece zonas de vida, delimitadas y etiquetadas con base en el sistema de clasificación de zonas de vida diseñado por Holdridge. Estas zonas de vida representan un balance atmosférico que orienta a la disponibilidad de humedad (precipitación, evapotranspiración y humedad disponible).

Dentro de la cuenca del río Motagua se encuentran 11 tipos de zonas de vida de las 13 propuestas por el IARNA. En el cuadro 9 se puede observar el código y nombre, área en km², y porcentaje de las mismas dentro de la cuenca, mientras que la figura 15 muestra la distribución de las mismas.

Cuadro 9. Zonas de vida dentro de la cuenca del río Motagua según Holdridge.

Código	Nombre	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
bh-MBT	Bosque húmedo montano bajo tropical	2,205.54	220,554	17.5
bh-PMT	Bosque húmedo premontano tropical	3,345.25	334,525	26.6
bh-T	Bosque húmedo tropical	2,865.76	286,576	22.7
bmh-MBT	Bosque muy húmedo montano bajo tropical	416.25	41,625	3.3
bmh-MT	Bosque muy húmedo montano tropical	37.59	3,759	0.3
bmh-MBT	Bosque muy húmedo montano bajo tropical	416.25	41,625	3.3
bmh-MT	Bosque muy húmedo montano tropical	37.59	3,759	0.3
bmh-PMT	Bosque muy húmedo premontano tropical	260.99	26,099	2.1
bmh-T	Bosque muy húmedo tropical	55.43	5,543	0.4
bms-T	Bosque muy seco tropical	515.04	51,504	4.1
bp-MT	Bosque pluvial montano tropical	6.12	612	0.049
bs-PMT	Bosque seco premontano tropical	1,790.57	179,057	14.2
bs-T	Bosque seco tropical	1,099.64	109,964	8.7
Total		12,598.18	1,259,818	100

Fuente: elaboración propia (2020).



Fuente: IARNA. Cambio Climático y Biodiversidad 2011.

Figura 15. Mapa de Zonas de vida para la cuenca del río Motagua.

- Bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT)

Dentro de esta zona de vida se reportan precipitaciones pluviales anuales que van de 901 mm a 2,000 mm, con un valor promedio de 1,360 mm. Se encuentran valores de temperatura mínima de 10 y máxima promedio anual entre los 18 °C, con un valor promedio para toda la zona de 15.48 °C.

Por cada 100 mm de lluvia dentro de la zona se evapotranspiran 67 mm, interacción que favorece la presencia de excedentes de agua. Esta zona de vida se encuentra a una altitud

promedio de 2,150 m s.n.m., con su punto más bajo en 1,047 m s.n.m. y el más alto en 3,207 m s.n.m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes son las siguientes: *Abies guatemalensis*, *Acacia pennatula*, *Acaena elongata*, *Alnus jorullensis*, *Alsophila salvinii*, *Arbutus xalapensis*, *Arctostaphylos pyrifolia*, *Baccharis vaccinioides*, *Billia hippocastanum*, *Buddleia nitida*. Y otros géneros presentes como: *Lycianthes*, *Salvia*, *Saurauia*, *Smilax*, *Stipa sp* y *Vernonia*.

- Bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT)

El territorio cubierto por esta zona de vida muestra precipitaciones pluviales anuales promedio comprendidas entre los 1,000 mm y 3,125 mm, siendo su valor medio de 1,731 mm. Los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran comprendidos entre los 18 °C y los 24 °C, y el valor promedio es de 21.27 °C.

Por cada 100 mm de lluvia se evapotranspiran 72 mm, haciendo que esta zona de vida también sea considerada excedentaria en agua. Se encuentra a una altitud promedio de 1,078 m s.n.m, con su punto más bajo en 126 m y el más alto en 2,209 m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Acacia pennatula*, *Achimenes erecta*, *Alseis yucatenensis*, *Ampelocera hottlei*, *Amphitecna macrophylla*, *Aphelandra scabra*, *Aspidosperma megalocarpon*, *Astronium graveolens*, *Attalea cohune*, *Bauhinia divaricata*, *Bernoullia flammea*, Y otros géneros presentes como: *Acalypha*, *Agarista*, *Agave*, *Brosimum*, *Calliandra*, *Cassia*, *Eupatorium*, *Ficus*, *Guarea*, *Lippia*, *Lysiloma*, *Mammillaria*, *Pasiflora*, *Pithecellobium*, *Psidium*, *Quercus*, *Randia*, *Rhus*, *Selaginella*, *Serjania* y *Xylosma*

- Bosque húmedo tropical (bh-T)

Las precipitaciones pluviales anuales en esta zona varían entre 1,426 mm y 4,071 mm, siendo su valor medio de 2,199 mm entre los 24 °C y los 28.1 °C se encuentran los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual, siendo el valor promedio para todo el sistema ecológico de 25.65 °C.

Por cada 100 mm de precipitación que ocurre, se evapotranspiran 69 mm, haciendo que este sea considerado como un ecosistema excedentario en agua. En donde la altitud promedio es de 182 m s.n.m., con su punto más bajo a nivel del mar y el más alto en 1,139 m s.n.m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Acacia pennatula*, *Achimenes erecta*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Allophylus cominia*, *Alseis yucatanensis*, *Ampelocera hotleii*, *Annona glabra*, *Aphelandra scabra*, *Aspidosperma cruentum*, *Aspidosperma megalocarpon*, *Aspidosperma stegomeris*, *Asterogyne martiana*. Y otros géneros presentes como: *Acalypha*, *Agave*, *Calliandra*, *Ficus*, *Ilex*, *Inga*, *Miconia*, *Quercus*, *Scleria*, *Serjania* y *Xylosma*.

- Bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT)

Presenta precipitaciones pluviales anuales van entre los 1,850 mm y 3,410 mm, con un valor promedio de 2,401 mm. La temperatura mínima y máxima tiene valores promedio anuales comprendidos entre los 9.9 °C y los 18 °C, reportando un valor medio para toda la zona de 15.85 °C.

En esta zona se registre un significativo excedente de agua, en donde por cada 100 mm de lluvia, se evapotranspiran 39 mm. En términos generales, se le puede ubicar en una altitud promedio de 1,877 m s.n.m., con su punto más bajo en los 984 m s.n.m. y el más alto a 2,949 m s.n.m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Acacia pennatula*, *Alnus jorullensis*, *Arbutus xalapensis*, *Baccharis vaccinioides*, *Billia hippocastanum*, *Buddleia nitida*, *Buddleia skutchii*, *Ceanothus coeruleus*, *Cedrela pacayana*, *Cestrum aurantiacum*, *Chaetoptelea Mexicana*. Y otros géneros presentes como: *Clusia*, *Lycianthes*, *Saurauia*, *Smilax*, *Stipa*, *Vernonia* y *Viburnum*.

- Bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT)

Se registra dentro de la zona una precipitación pluvial anual comprendida entre los 1,141 mm y 2,056 mm. En el caso de la temperatura mínima y máxima promedio anual, la misma presenta un rango entre los 6.10 °C y los 15.50 °C, con un valor promedio de 10.40 °C.

La evapotranspiración potencial y precipitación pluvial es de 0.41, lo que significa que, por cada 100 mm de lluvia, se evapotranspiran 41 mm, generando condiciones para que el sistema ecológico se pondere como excedentario en agua. Dentro de la zona se tiene una altitud promedio de 2,979 m s.n.m. con su punto más bajo en 1,943 m s.n.m. y el punto más alto en 3,960 m s.n.m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Abies guatemalensis*, *Acaena elongata*, *Alnus jorullensis*, *Alsophila salvinii*, *Arbutus xalapensis*, *Arctostaphylos pyrifolia*, *Baccharis vaccinioides*, *Billia hippocastanum*, *Buddleia nitida*, *Cavendishia guatemalensis*, *Ceanothus coeruleus*. Y otros géneros presentes como: *Salvia*, *Smilax*, *Lycianthes* y *Stipa*.

- Bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT)

Esta zona de vida se reportan precipitaciones pluviales anuales comprendidas entre los 2,000 mm y 4,850 mm, presentando un valor promedio de 3,380 mm. Las condiciones de la

temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran comprendidas entre los 18 °C y los 24 °C, con un valor promedio para toda la región de 21.44 °C.

En esta área por cada 100 mm de lluvia, se evapotranspiran 37mm, haciendo que este ecosistema también se considere excedentario en agua. Localizándose a una altitud promedio de 1,031 m s.n.m. con su punto más bajo en 63 m s.n.m. y el más alto en 2,188 m s.n.m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Agarista mexicana*, *Agave oppascidens*, *Amphitecna macrophylla*, *Arbutus xalapensis*, *Brahea dulcis*, *Byrsinoma crassifolia*, *Cedrela pacayana*, *Chaetopelea mexicana*, *Citharexylum donell-smithii*. Y otros géneros presentes como: *Clethra*, *Clusia*, *Magnolia*, *Pithecellobium* y *Saurauia*

- Bosque muy húmedo tropical (bmh-T)

El valor de precipitación pluvial anual que se registra en esta zona de vida está entre 2,793 mm y 4,706 mm, siendo su valor medio de 3,583 mm. Los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran comprendidos entre los 24 °C y los 26.7 °C, siendo el valor promedio para todo el ecosistema de 25.3 °C.

En todo el ecosistema se registre un significativo excedente de agua en donde por cada 100 mm de lluvia se evapotranspiran 42 mm. Y se le puede ubicar a una altitud promedio de 321 m s.n.m. con su punto más bajo a nivel del mar y el más alto en 1,003 m s.n.m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Acoelorrhaphe wrightii*, *Alseis yucatenensis*, *Annona glabra*, *Aspidosperma cruentum*, *Asterogyne martiana*, *Astronium graveolens*, *Attalea cohune*, *Bactris mexicana*, *Bactris trichophylla*, *Bourreria oxyphylla*, *Brosimum allicastrum*. Y otros géneros presentes como: *Ficus*, *Ilex*, *Miconia*, *Piper* y *Pouteria*.

- **Bosque muy seco tropical (bms-T)**

Las precipitaciones pluviales anuales están entre 577 mm y 1,033 mm, siendo su valor promedio de 740 mm. Los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran comprendidos entre los 23.10 °C y los 27.40 °C, siendo el valor promedio para toda la zona de 26.04 °C.

Esta zona de vida presenta un significativo déficit de agua ya que por cada 100 mm de lluvia se evapotranspiran 207 mm. Esta zona se encuentra a una altitud promedio de 356 m s.n.m., con su punto más bajo en 146 m s.n.m., y el más alto en 1,009 m s.n.m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Acacia deamii*, *Acacia farnesiana*, *Appoplanesia panniculata*, *Blocosperma buxifolium*, *Bursera bipinnata*, *Bursera graveolens*, *Bursera schlechtendalii*, *Bursera simaruba*, *Cephalocereus maxoni*. Y otros géneros presentes como: *Cnidoscolus*, *Ficus* y *Urera*.

- **Bosque pluvial montano tropical (bp-MT)**

Dentro de esta área las precipitaciones que se registran van de los 1,779 mm a los 2,573 mm, con un su valor medio de 2,250 mm. Los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran comprendidos entre los 6.2 °C y los 11.4 °C, y el valor medio para toda la zona es de 9.2 °C.

Se tiene una relación entre la evapotranspiración potencial y la precipitación pluvial es de 0.24, por lo que todo el ecosistema presenta un alto excedente de agua. Teniendo esta zona una altitud promedio de 3,028 m s.n.m., con su punto más bajo en 2,148 m s.n.m., y el más alto en 3,962 m s.n.m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Abies guatemalensis*, *Acaena elongata*, *Alnus jorullensis*, *Alsophila salvinii*, *Arbutus xalapensis*, *Arctostaphylos pyrifolia*, *Baccharis vaccioniodes*, *Billia hippocastanum*, *Buddleia nitida*,

Cavendishia guatemalensis, *Ceanothus coeruleus*. Y otros géneros presentes como: *Lycianthes*, *Smilax* y *Stipa*.

-. Bosque seco premontano tropical (bs-PMT)

La zona registra una precipitación pluvial anual comprendida entre los 624 mm y 1,200 mm, alcanzando un valor promedio de 1,133 mm. Mientras que los valores de temperatura promedio anual mínima y máxima se encuentran comprendidos entre los 18.3 °C y los 24 °C, siendo el valor promedio para todo el ecosistema de 22.56 °C.

Haciendo que en toda la zona se presente un significativo déficit de agua la relación entre la evapotranspiración potencial y la precipitación pluvial con valor de 1.4.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Acacia pennatula*, *Agarista mexicana*, *Agave oppascidens*, *Arbutus xalapensis*, *Brahea dulcis*, *Bursera bipinnata*, *Bursera diversifolia*, *Bursera graveolens*, *Bursera simaruba*, *Bursera steyermarkii*, *Byrsonima crassifolia*, *Ceiba aesculifolia*, *Ceiba pentandra*. Y otros géneros presentes como: *Aristolochia*, *Bauhinia*, *Calliandra*, *Cassia*, *Clusia*, *Cnidoscolus*, *Eupatorium*, *Euphorbia*.

-. Bosque seco tropical (bs-T)

Dentro de esta zona de vida se registran precipitaciones pluviales anuales comprendidas entre 705 mm y 1,863 mm, con un valor promedio de 1,407 mm. Los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran comprendidos entre los 24 °C y los 28.3 °C, siendo el valor promedio para toda la zona de 25.7 °C.

La relación que se establece entre la evapotranspiración potencial y la precipitación pluvial promedio es de 1.08 mm provocando que en el sistema ecológico prevalezcan significativas

condiciones de déficit de agua. Se encuentra a una altitud promedio de 196 m s.n.m. con su punto más bajo a nivel del mar y el más alto en 1,082 m s.n.m.

Alguna de las especies vegetales frecuentes dentro de la zona son las siguientes: *Acacia pennatula*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Acrostychnum daneaefolium*, *Albizia saman*, *Alseis yucatanensis*, *Ampelocera hotleii*, *Aspidosperma cruenta*, *Aspidosperma megalocarpon*, *Aspidosperma stegomeris*. Y otros géneros presentes como: *Acacia pennatula*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Acrostychnum daneaefolium*, *Albizia saman*, *Alseis yucatanensis*, *Ampelocera hotleii*, *Aspidosperma cruenta*, *Aspidosperma megalocarpon*, *Aspidosperma stegomeris*. (IARNA-URL, 2018)

Tal y como se puede observar, dentro de la cuenca se tienen áreas excedentes de agua, así como áreas con déficit en la parte del oriente.

b. Recurso hídrico

Desde el nacimiento del río en el municipio de Quiché, ubicado en el altiplano del país, hasta Gualán, ubicado en el noreste, el río Motagua tiene un descenso de casi dos mil metros verticales. A partir de este último punto, su curso es más lento y sus aguas son más profundas, ensanchándose a medida que avanza hacia el mar. La pendiente promedio del cauce principal es de 0.51 %. La profundidad estimada del río, desde Gualán hasta su desembocadura, ha sido estimada entre 2 m a 5 m y su anchura media en unos 60 m, hasta 200 m en su salida al mar. (De León Fajardo, 2003)

i. Parámetros generales

En el cuadro 10, se muestran datos generales del recurso hídrico dentro de la cuenca.

Cuadro 10. Datos generales de la cuenca del río Motagua.

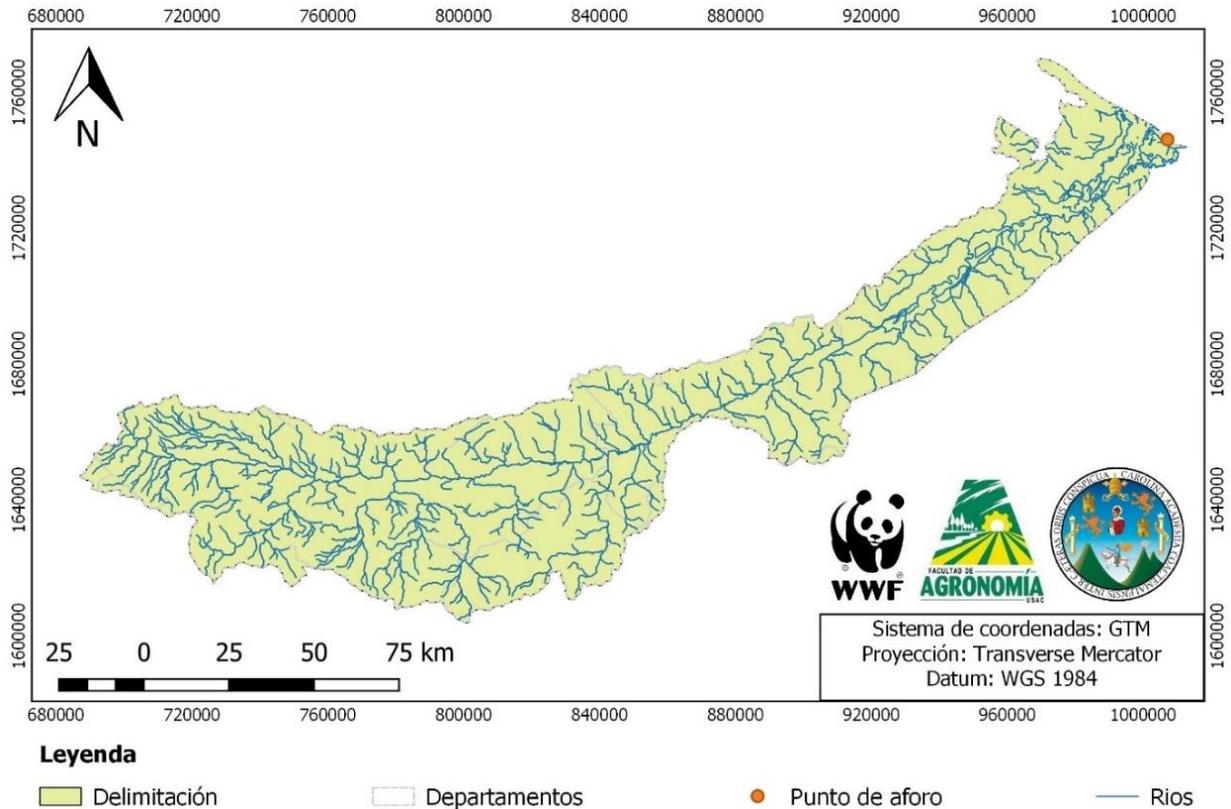
Parámetro	Valor
Perímetro (km)	1,050.98
Área (km ²)	12,612
Longitud máxima (km)	324.41
Longitud cauce principal (km)	440.77

Fuente: elaboración propia (2020).

La longitud máxima es un dato estimado de los dos puntos más lejanos de la cuenca, tomando en cuenta el primer punto en Izabal y el otro en río Dulce. Mientras que para el ancho de la cuenca se estima la relación entre el área y la longitud.

ii. Agua superficial

En la figura 16, es posible observar la red de drenaje de la cuenca del río Motagua.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 16. Mapa de red hídrica para la cuenca del río Motagua.

A lo largo de la cuenca del Motagua se tienen alrededor de 553 microcuencas, que son posibles observarse en la figura 17. La cuenca del río Motagua se rodea de las cuencas de: río Polochic-Cahabón-Lago de Izabal río Dulce, ríos Salinas o Chixoy, Samalá, Nahualate, Lago de Atitlán-Madre Vieja, ríos Coyolate-Acomé, Achiguate, María Linda, Los Esclavos, Ostúa-Güija y Olopa. En el cuadro 11 se muestran las subcuencas presentes y el área que abarcan.

Cuadro 11. Subcuencas dentro de la cuenca del río Motagua.

No.	Subcuenca	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
1	Río Guacalate	0	0.1	0
2	Río Negro	0.02	1.5	0
3	Río Los Vados	0.02	1.7	0
4	Lago de Guija	0.03	2.5	0
5	Río Quiscab	0.09	8.6	0.001
6	Lago de Guija	0.1	9.7	0.001
7	Río San José	0.1	10.2	0.001
8	Río Michatoya	0.11	10.8	0.001
9	Área de capt. río Grande Zacapa	0.32	31.8	0.003
10	Río Xaya	0.32	32	0.003
11	Río Tamejá	0.44	44	0.004
12	Área de capt. Lago de Izabal-Río Dulce	0.51	51.4	0.004
13	Río Matanzas	0.6	59.5	0.005
14	Río Chilil	0.71	71.1	0.006
15	Río Matanzas	0.72	71.8	0.006
16	Río Matanzas	0.83	83.3	0.007

Continuación cuadro 11.

No.	Subcuenca	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
17	Río Pueblo Viejo	0.86	85.9	0.007
18	Río Oscuro	0.98	98.4	0.008
19	Río San Marcos	1.02	102.3	0.008
20	Río Matanzas	1.22	122.1	0.01
21	Río Pagueza	1.23	122.5	0.01
22	Río Zarco	1.64	164	0.013
23	Río Tinajas	1.72	171.5	0.014
24	Río Cacá	2.05	204.5	0.016
25	Río Amatillo	2.08	208.4	0.017
26	Río Cacuj	2.66	266.2	0.021
27	Río Chicruz	2.96	296	0.024
28	Río Salamá	3.53	353.1	0.028
30	Río Lagarto	20.59	2,058.80	0.164
31	Río Tepemechín	23.81	2,381.10	0.19
32	Río Encantado	31.54	3,153.90	0.251
34	Río Mayuelas	39.59	3,959	0.315
35	Río Juyamá	43.92	4,392.30	0.35
36	Río Los Achiotes	44.63	4,462.60	0.355
37	Río Tenedores	47.97	4,797.40	0.382

Continuación cuadro 11.

No.	Subcuenca	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
38	Río La Vecega	51.86	5,186	0.413
39	Río La Palmilla	61.44	6,144.10	0.489
40	Río Uyús	63.61	6,361.10	0.506
41	Río Las Conchas	67.72	6,772	0.539
42	Río Biafra	73.28	7,328.30	0.583
43	Río Santiago	73.35	7,335.20	0.584
44	Río Comaja	75.72	7,572.20	0.603
45	Río Huijón	79.74	7,974.20	0.635
46	Río Chinamito	92.1	9,210.10	0.733
47	Río Animas	93.15	9,314.70	0.742
48	Río Jones	94.82	9,482.20	0.755
49	Río Hondo	95.09	9,509.10	0.757
50	Río Carí	95.28	9,528.10	0.758
51	Río Bobos	97.48	9,748.4	0.776
52	Río El Lobo	97.93	9,792.70	0.78
53	Bahía de Gálvez	101.87	10,187.40	0.811
54	Río Morja	102	10,199.80	0.812
55	Río Cocoyá	106.93	10,692.80	0.851
56	Río Pasabién	107.83	10,782.80	0.858
57	Río Cotón	118.26	11,825.70	0.941

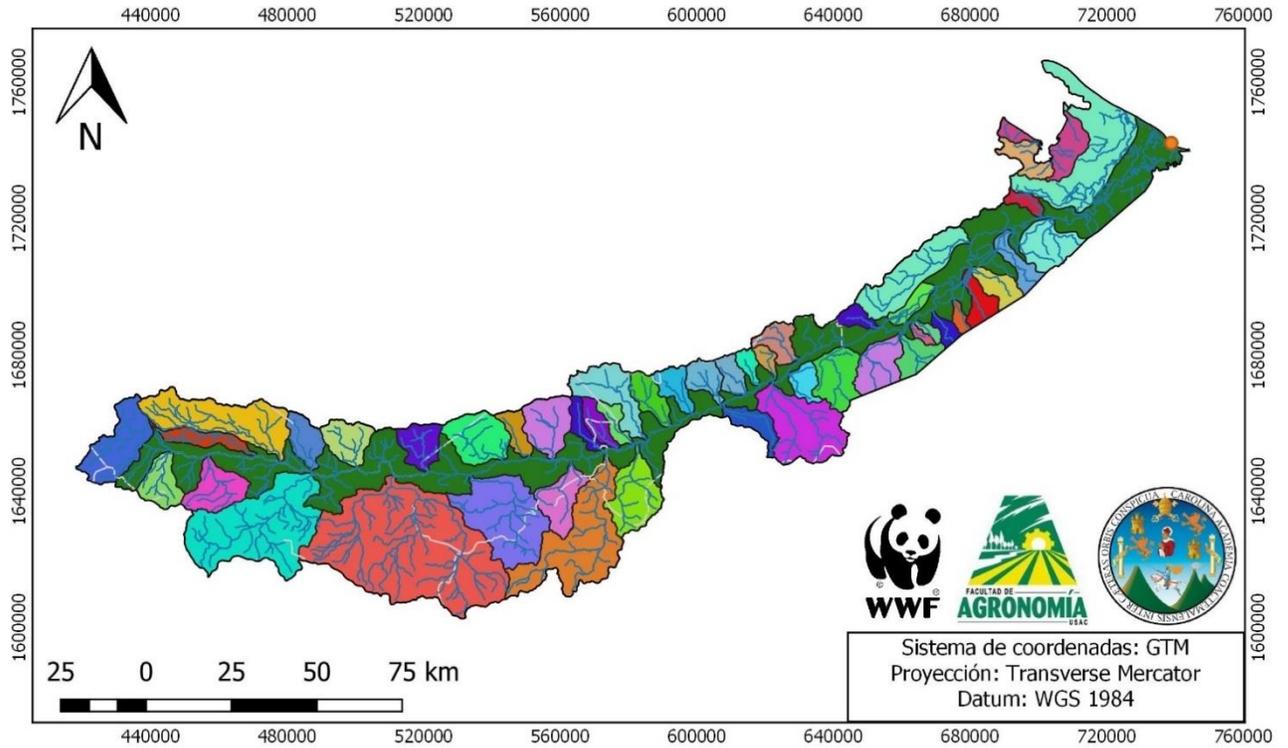
Continuación cuadro 11.

No.	Subcuenca	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
58	Río Chuacús	129.86	12,985.50	1.034
59	Bahía de Amatique	132.85	13,285.30	1.058
60	Río Agua Escondida	136.68	13,668.20	1.088
61	Río Agua Caliente	142.84	14,283.70	1.137
62	Río Platanos	157.78	15,777.60	1.256
63	Río Jubuco	169.79	16,978.60	1.352
64	Río Las Ovejas	170.17	17,016.60	1.355
65	Río Chiquito	184.48	18,447.70	1.469
66	Río Quisayá	184.57	18,456.60	1.469
67	Río Managua	191.48	19,147.50	1.524
68	Río Hato	195.83	19,583	1.559
69	Río Teculután	222.35	22,234.80	1.77
70	Río Morazán	223.49	22,348.70	1.779
71	Río San Vicente	247.32	24,731.80	1.969
72	Río Plátanos	252.01	25,200.50	2.006
73	Río Platanos	276.87	27,686.90	2.204
74	Río Xalbaquiej o Sepelá	280.63	28,062.80	2.234

Continuación cuadro 11.

No.	Subcuenca	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
75	Río San Francisco	318.08	31,807.50	2.532
76	Río Platanos	390.84	39,083.50	3.111
77	Río Guaranja	396.75	39,674.90	3.158
78	Río Platanos	413.61	41,360.80	3.293
79	Río Cocol	441.59	44,159	3.515
80	Río Grande	497	49,699.70	3.956
81	Río San Francisco	560.5	56,050.20	4.462
82	Río El Tambor	592.67	59,266.50	4.718
83	Río Pixcayá	752.55	75,254.50	5.991
84	Área de captación río Motagua	2871.19	287,118.60	22.856
Total		12,562.16	1,256,207.90	100

Fuente: elaboración propia (2020).



Leyenda

Delimitación	Río Bobos	Río Grande	Río Managua	Río San Francisco
Departamentos	Río Cacá	Río Guacalate	Río Matanzas	Río San José
Punto de aforo	Río Cacuj	Río Guaránja	Río Mayuelas	Río San Marcos
Rios	Río Carí	Río Hato	Río Michatoya	Río San Vicente
Subcuencas	Río Chicruz	Río Hondo	Río Morazán	Río Santiago
Area de capt. Lago de Izabal-Río Dulce	Río Chillil	Río Huijón	Río Morja	Río Tamejá
Area de capt. Río Grande Zacapa	Río Chinamito	Río Jones	Río Negro	Río Teculután
Area de capt. Río Motagua	Río Chiquito	Río Jubuco	Río Oscuro	Río Tenedores
Bahía de Amatique	Río Chuacús	Río Juyamá	Río Pagueza	Río Tepemechín
Bahía de Gálvez	Río Cocol	Río La Palmilla	Río Pasabién	Río Tinajas
Lago de Guija	Río Cocoyá	Río La Vecega	Río Pixcayá	Río Uyús
Río Agua Caliente	Río Comaja	Río Lagarto	Río Platanos	Río Xalbaquiej
Río Agua Escondida	Río Cotón	Río Las Conchas	Río Pueblo Viejo	Río Xaya
Río Amatillo	Río El Lobo	Río Las Ovejas	Río Quisayá	Río Zarco
Río Animas	Río El Tambor	Río Los Achiotos	Río Quiscab	
Río Biafra	Río Encantado	Río Los Vados	Río Salamá	

Fuente: MAGA (2009).

Figura 17. Mapa de subcuencas dentro de la cuenca del río Motagua.

c. Suelos y tierras

De manera general, los suelos superficiales tienen una profundidad que varían desde los 30 cm a los 200 cm, con elevaciones de hasta 3,320 m s.n.m. y gran parte del área con pendientes mayores a 32 %, lo que favorece la alta susceptibilidad a la erosión, principalmente cuando se asocia a cultivos anuales. La textura dominante del suelo es franca y franca arcillosa y su consistencia de suave a friable en seco, y friable a ligeramente dura en condiciones de humedad. El drenaje superficial es rápido debido a las pendientes, su drenaje interno es normal, el grado de erosión va de moderado a alto con gran susceptibilidad a la misma. (De León, 2003)

i. Geología

En el mapa geológico de la cuenca del río Motagua se identificaron 14 tipos de unidades geológicas, de las cuales abarca en mayor cantidad la unidad geológica de (Pzm) de rocas ígneas y metamórficas, representando un porcentaje de 34.79 km² del área total, es un tipo de roca ígnea y metamórfica, del período paleozoico y de la cual representa características de rocas metamórficas sin dividir, filitas, esquistos cloríticos y granatíferos, esquistos y gneisses de cuarzo, mica, feldespato, mármol y migmatitas. (Herrera, I. 2019).

Seguidamente se puede encontrar la unidad geológica de (Tv) que representa un 19.93 % y 2,514.4 km² del área total, es un tipo de roca ígnea y metamórfica, del período terciario, seguidamente se encuentra la unidad geológica de (Qa) que representa un porcentaje de 14.6 % y 1,840.96 km² del área total, que es un tipo de roca sedimentaria, de los aluviones cuaternarios.

Regresando a rocas ígneas y metamórficas se encuentran las unidades geológicas (Qp), (Pi) y (I) representando un porcentaje del 15.92 % del área. Siendo la primera del cuaternario y las siguientes dos del terciario. Posteriormente se encuentran las rocas sedimentarias del período cretácico la unidad geológica (Ksd), del período cretácico-eoceno la unidad (KTsb) y la (Tsp) y del período carbonífero-pérmico la unidad geológica (CPsr).

También se puede encontrar la unidad geológica de (Qv) que representa un porcentaje de área de 1.67 % y 211.21 km² del área total, es un tipo de roca ígnea y metamórfica, del período cuaternario. Siguiéndole por las rocas sedimentarias (Tsd).

Por último, en menor cantidad se encuentra la unidad geológica de (Pc) que representa un porcentaje de 0.38 % y 47.55 km² del área total, rocas sedimentarias, del período pérmico, mostrándose a detalle cada una de ellas en la figura 18.

El cuadro 12 muestra los a detalle la geología dentro de la cuenca y las áreas que cada una abarca.

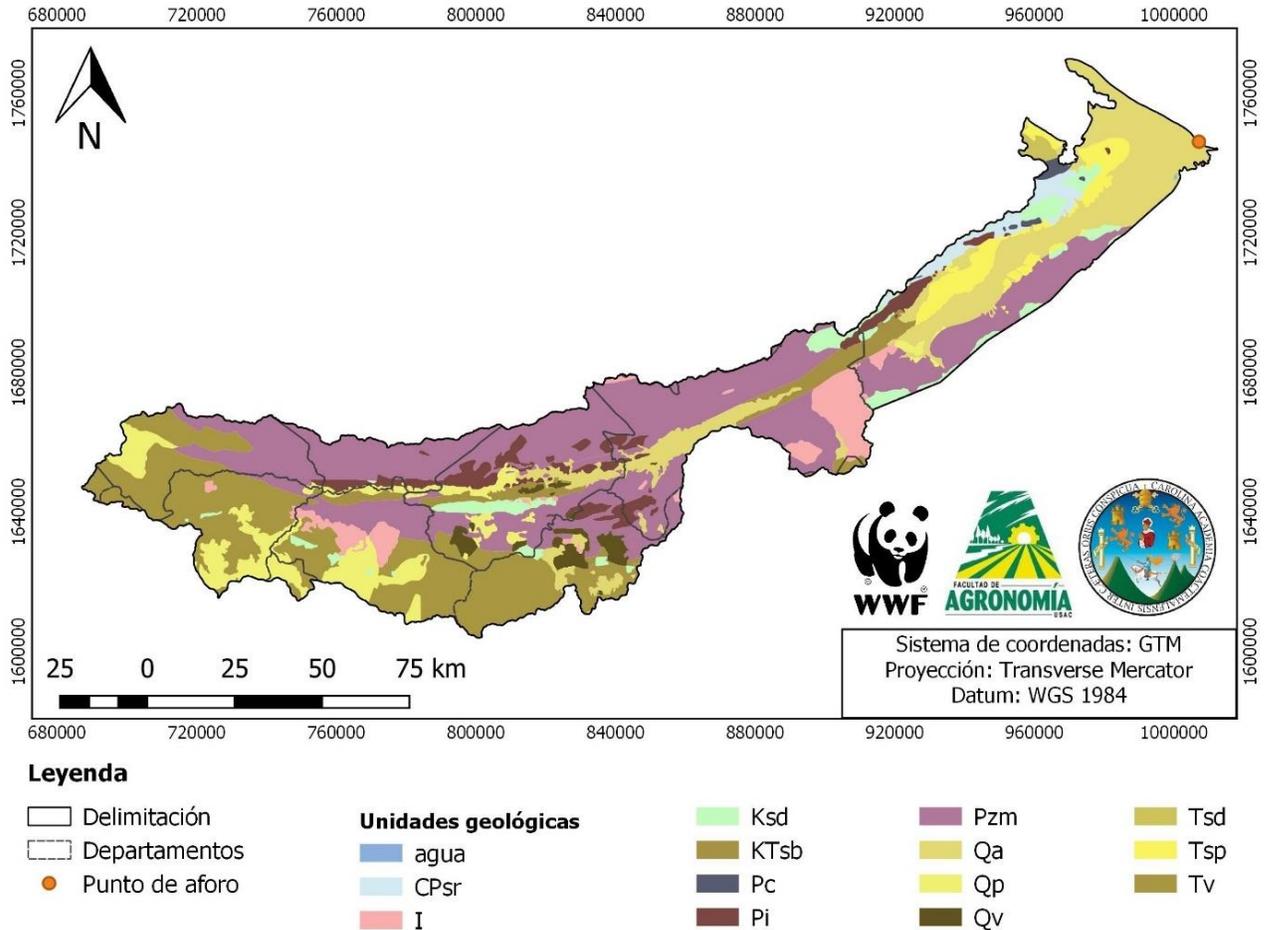
Cuadro 12. Unidades geológicas dentro de la cuenca del río Motagua.

Unidad geográfica	Tipo de roca	Periodo	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
Agua			1.28	128	0.01
CPsr	Rocas sedimentarias	Carbonifero-Pérmico	217.49	21,749	1.72
I	Rocas ígneas y metamórficas	Terciario	553.32	55,332	4.39
Ksd	Rocas sedimentarias	Cretácico	473.28	47,328	3.75
KTsb	Rocas sedimentarias	Cretácico-Eoceno	437.59	43,759	3.47
Pc	Rocas sedimentarias	Pérmico	47.55	4,755	0.38
Pi	Rocas ígneas y metamórficas	Terciario	558.48	55,848	4.43

Continuación cuadro 12.

Unidad geográfica	Tipo de roca	Periodo	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
Pzm	Rocas ígneas y metamórficas	Paleozoico	4388.68	438,868	34.79
Qa	Rocas sedimentarias	Aluviones Cuaternarios	1840.96	184,096	14.6
Qp	Rocas ígneas y metamórficas	Cuaternario	895.77	89,577	7.1
Qv	Rocas ígneas y metamórficas	Cuaternario	211.21	21,121	1.67
Tsd	Rocas sedimentarias	Terciario Superior Oligoceno-Mioceno	53.51	5,351	0.42
Tsp	Rocas sedimentarias	Terciario Superior Oligoceno-Plioceno	418.67	41,867	3.32
Tv	Rocas ígneas y metamórficas	Terciario	2514.4	251,440	19.93
Total			12,612	1,261,219	99.98

Fuente: elaboración propia (2020).



Fuente: MAGA 2001.

Figura 18. Mapa geológico para la cuenca del río Motagua.

ii. Fisiografía

La cuenca del río Motagua se encuentra conformada por cinco regiones fisiográficas, la que más porcentaje de área dentro de la cuenca es la región fisiográfica Tierras Altas Cristalinas, que está constituida por serpentinitas, gneisses metamórficos y esquistos, apareciendo algunas pequeñas áreas de material plutónico, principalmente granito. Esta área se ubica entre los dos principales sistemas de fallas que han estado en evolución desde el paleozoico.

Seguido por las Tierras Altas Volcánicas en donde las erupciones de todo tipo de grietas lanzaron cantidades de material hace años atrás, que cubrieron las formaciones de tierras preexistentes, desarrolladas sobre el basamento cristalino y sedimentario que se encuentra hacia el norte formando la región volcánica.

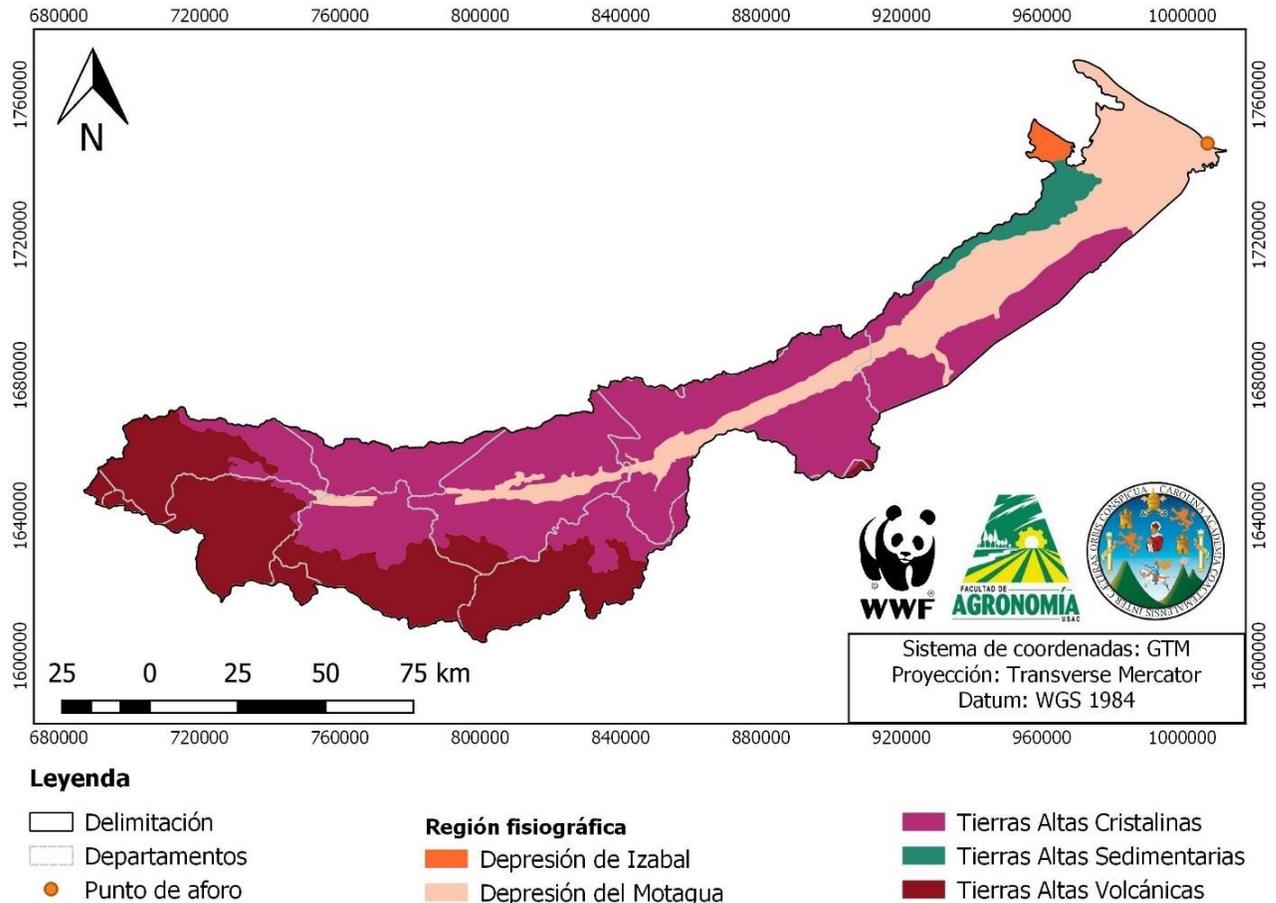
La depresión del Motagua ocupa un 20.68 % de área dentro de la cuenca, debido al río se ha formado una gran llanura de inundación formada por aluvión Cuaternario, con meandros bien desarrollados, así como abandonados y meandros fósiles que caracterizan el paisaje fisiográfico en la sección baja de la región. Debido al grado de desarrollo de estas características y a la llanura de inundación aquí constituida, el Motagua se caracteriza como un río de perfil equilibrado y estable. Asimismo, el río ha formado un delta sobre el golfo de Honduras y el banco de arena que separa la bahía de Amatique del golfo en sí. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala, 2001) Las tierras altas sedimentarias y depresión de Izabal son las regiones que menos área ocupan dentro de la cuenca.

A continuación, en el cuadro 13 se muestra la ubicación que cada región fisiográfica ocupa a nivel nacional y el área que cada una abarca dentro de la cuenca.

Cuadro 13. Fisiografía de la cuenca del río Motagua.

Región fisiográfica	Ubicación de la región a nivel nacional	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
Depresión del Motagua	Morales, Los Amates hasta la línea de Costa del Caribe; Punta de Manabique, entorno de Puerto Barrios, Entre ríos y San Francisco, Izabal	2,608.83	260,883	20.68
Depresión de Izabal	Noreste del entorno del Lago de Izabal y parte del río Dulce,	92.9	9,290	0.74
Depresión de Izabal	El Golfete del río Dulce, río Chocón Machaca, suroeste de Livingston hasta la desembocadura del río Dulce, Bahía de Gálvez.	92.9	9,290	0.74
Tierras Altas Sedimentarias	Norte de Sierra de las Minas, entorno del Lago de Izabal y la Bahía de Gálvez	345.59	34,559	2.74
Tierras Altas Cristalinas	Municipio San Raymundo, San Pedro Ayampúc de Guatemala, Jocotán y Camotán de Chiquimula, montañas de Chiquimula y Zacapa, Los Amates, Izabal y frontera con Honduras	6,074.14	607,414	48.16
Tierras Altas Volcánicas	Frontera con México, norte de Quetzaltenango y San Marcos, este de Totonicapán, Sololá y Chimaltenango	3,490.77	349,077	27.68
Total		12,612.23	1,261,223	100

Fuente: elaboración propia (2020).



Fuente: Mapa Fisiográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1: 250,000.

Figura 19. Mapa fisiográfico de la cuenca del río Motagua.

iii. Suelos existentes

Para la serie de suelos según Simmons, se identificaron 60 series de suelos en la cuenca del río Motagua pertenecientes a 6 órdenes de los 8 existentes, mostradas en la figura 20. Dentro de las clasificaciones encontradas en la cuenca se pueden encontrar los siguientes ordenes:

- Alfisol (alf): Presentan un horizonte interno que tiene altos contenidos de arcilla con relación a los horizontes superficiales, además presentan alta saturación de bases (mayor de 35 %). Generalmente son suelos con buen potencial de fertilidad.

- Andisol (and): Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica que tienen baja densidad aparente (menor de 0.9 g/cm^3) y con altos contenidos de alófono. Generalmente son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo.
- Entisol (ent): Suelos con poca o ninguna evidencia de desarrollo de su perfil y, por consiguiente, de los horizontes genéticos. De acuerdo al relieve, estos suelos están presentes en áreas muy accidentadas (Cimas de montañas y volcanes) o en partes planas.
- Inceptisol (ept): Suelos incipientes o jóvenes, sin evidencia de fuerte desarrollo de sus horizontes.
- Ultisol (ult): Normalmente presentan una elevada alteración de sus materiales minerales. Presentan un horizonte interior con alto contenido de arcilla (argílico) el cual tiene baja saturación bases (menor de 35 %). Suelos pobres debido al lavado que han sufrido.
- Vertisol (ert): Suelos con altos contenidos de arcilla expandible desde la superficie. Se caracterizan por formar grietas profundas en todo el perfil, las cuales se pueden observar principalmente en la época seca. Cuando están húmedos o mojados se vuelven muy plásticos. Generalmente, son suelos con alto potencial de fertilidad en la producción agrícola, pero tienen limitantes en lo que se refiere a su labranza. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Políticas e Información Estratégica y Programa de Emergencia por Desastres Naturales, Guatemala, 2000)

En el cuadro 14 se encuentra a detalle cada uno de los suelos encontrados, su clasificación taxonómica y el área que abarca dentro de la cuenca.

Cuadro 14. Suelos dentro de la cuenca del río Motagua.

Código	Serie de suelo	Clasificación Taxonómica	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
Ab	Altombrán	Ustepts-Ustalfs	232.46	23,246	1.85
Ac	Acasaguastlán	Orthents	477.28	47,728	3.8
Ae	Alzatate	Ustalfs-Ustults	128.66	12,866	1.02
AF	Areas Fragasas	Orthents	231.78	23,178	1.85
As	Ansay	Aquents-Aquepts	37.66	3,766	0.3
Cha	Chacalté	Udalfs-Udepts-Udults	297.58	29,758	2.37
Chc	Chacón	Udults-Udepts	31.14	3,114	0.25
Chg	Chol	Orthents-Ustepts	1114.32	111,432	8.87
Chj	Chicaj	Usterts	79.58	7,958	0.63
Chn	Chinautla	Ustepts-Orthents	125.87	12,587	1
Chp	Champona	Udults	267.34	26,734	2.13
Chr	Chuarrancho	Orthents-Ustepts	245.01	24,501	1.95
Chx	Chixocol	Aquents-Orthents	47.76	4,776	0.38
Ci	Civijá	Udults-Udepts, Udepts-Udults y Ustepts-Orthents	383.52	38,352	3.05
Cm	Camanchá	Udands	288.39	28,839	2.3
Cme	Camanchá erosionada	Udands-Orthents	49.66	4,966	0.4
Cp	Capucal	Ustepts	44.52	4,452	0.35
Cq	Cauqué	Ustands-Ustalfs	303.11	30,311	2.41
Ct	Cristina	Aquepts	30.56	3,056	0.24
CV	Cimas Volcánicas	Orthents	6.68	668	0.05

Continuación cuadro 14.

Código	Serie de suelo	Clasificación Taxonómica	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
Ga	Gacho	Ustepts-Udults	939.35	93,935	7.48
Gl	Guapinol	Udults-Udepts	60.62	6,062	0.48
Gt	Guatemala	Ustalfs	281.35	28,135	2.24
Gtp	Guatemala fase pendiente	Ustepts-Orthents	129.64	12,964	1.03
Gtq	Guatemala fase quebrada	Orthents	3.99	399	0.03
la	Inca	Aquents	1010.19	101,019	8.05
Jg	Jigua	Usteps-Orthents	117	11,700	0.93
Jl	Jalapa	Orthents-Ustepts	351.03	35,103	2.8
Ju	Jubucó	Udepts-Orthents	92.83	9,283	0.74
Mg	Mongoy	Orthents-Ustepts	91.41	9,141	0.73
Mj	Marajuma	Ustepts-Ustalfs	695.42	69,542	5.54
Mn	Manabique	Psamments-Fibrists	216.43	21,643	1.72
Mq	Mataquescuintla	Ustands-Othents	8.76	876	0.07
Mr	Morán	Ustands-Ustalfs	27.19	2,719	0.22
Pi	Pinula	Ustepts-Orthents	298.28	29,828	2.38
Po	Poaquil	Ustalfs-Ustepts	37.37	3,737	0.3
Pt	Patzicía	Udands	5.85	585	0.05
Pz	Patzité	Orthents-Ustands, Ustands-Ustalfs y Udands-Ustands- Udalfs	113.64	11,364	0.91
Qi	Quiché	Ustalfs-Ustepts	473.62	47,362	3.77
Qr	Quiriguá	Aquepts-Udults	261.22	26,122	2.08

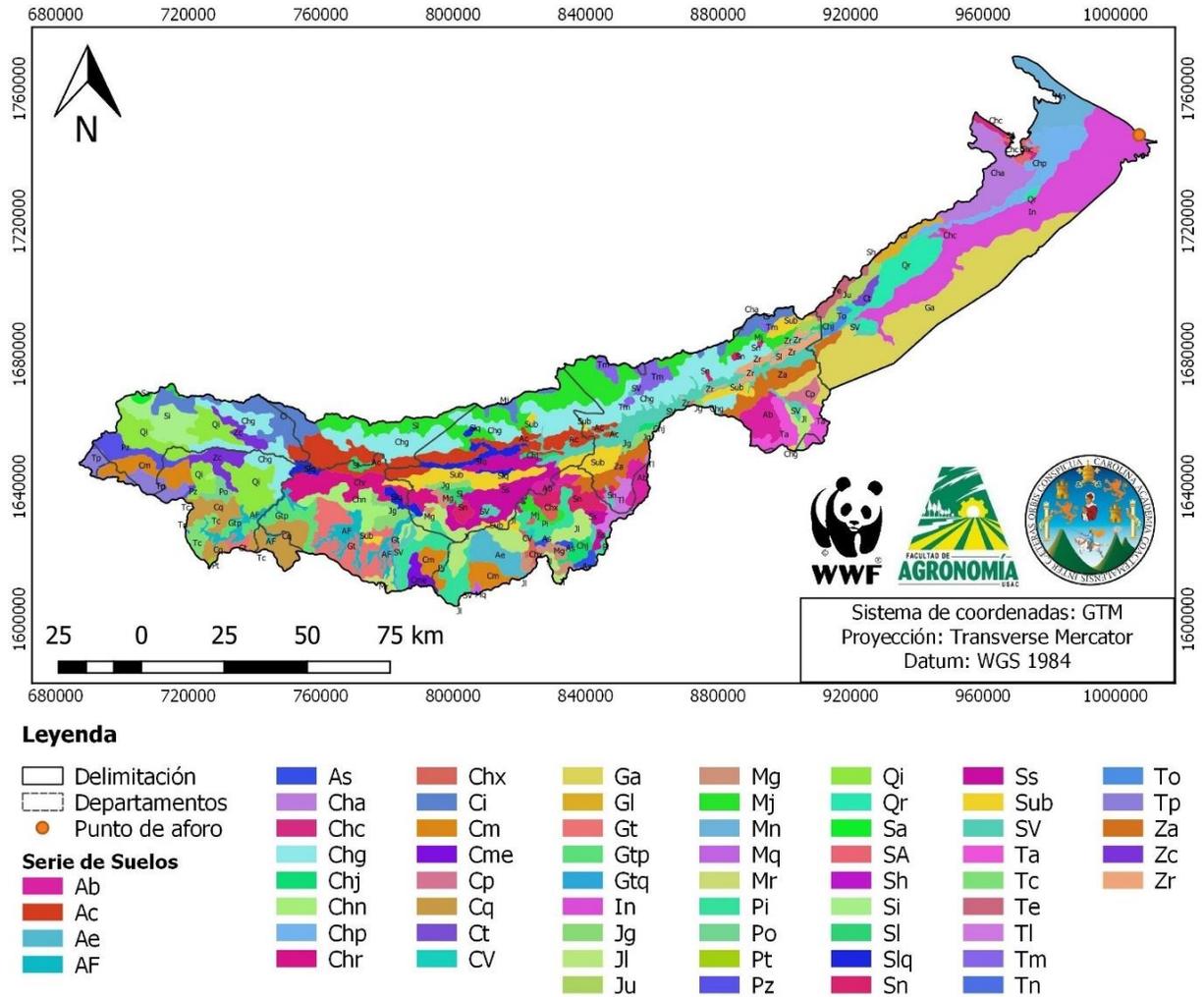
Continuación cuadro 14.

Código	Serie de suelo	Clasificación Taxonómica	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
SA	Suelos Aluviales	Aquents, Aquepts, Udepts-Aquents, Aquepts-Aquents, Psamments-Orthents, Orthents-Psamments, Aquents-Aquepts-Orthents, Psamments, Psamments-Orthents , Ustolls-Fluents-Ustepts , Psamments-Fluents y Psamments-Aquents-Fluents	58.63	5,863	0.47
Sh	Sebach	Orthents-Udepts	2.39	239	0.02
Si	Sinaché	Ustands-Ustults	173.61	17,361	1.38
Sl	Salamá	Orthents-Psamments	56.47	5,647	0.45
Slq	Salamá fase quebrada	Orthents	151.37	15,137	1.21
Sn	Sholanimá	Udults-Udepts y Ustepts	155.86	15,586	1.24
Ss	Sansare	Ustepts-Orthents	341.42	34,142	2.72
Sub	Subinal	Orthents-Ustepts	413.75	41,375	3.3

Continuación cuadro 14.

Código	Serie de suelo	Clasificación Taxonómica	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
SV	Suelos de los Valles	Aquents, Aquepts- Aquents, Ustepts- Orthents-Ustolls , Ustepts-Orthents , Ustepts-Orthents- Usterts , Psamments- Fluents- UsteptsOrthents, Orthents- Psamments, Ustepts , Ustepts- Usterts-Orthents , Vitrand- Psamments , Ustands-Orthents y Orthents-Ustepts	468.02	46,802	3.73
Ta	Tahuainí	Ustepts-Ustalfs- Orthents	148.79	14,879	1.18
Tc	Tecpán	Ustands- udands	61.63	6,163	0.49
Tl	Talquesal	Ustepts	85.7	8,570	0.68
Tm	Tamahú	Orthents y Orthents-Rendolls	118.66	11,866	0.94
Tn	Tolimán	Ustands	1.73	173	0.01
To	Toltec	Ustepts	29.99	2,999	0.24
Tp	Totonicapán	Udands	136.85	13,685	1.09
Za	Zacapa	Ustepts-Ustalfs	272.54	27,254	2.17
Zc	Zacualpa	Orthents-Vitrand- s	146.38	14,638	1.17
Zr	Zarzal	Ustepts	94.86	9,486	0.76
Total			12,556.72	1,255,672	100

Fuente: MAGA (2000).



Fuente: Mapa de Clasificación. Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala del MAGA, a nivel de reconocimiento.

Figura 20. Mapa de serie de suelos Simmons de la cuenca del río Motagua.

iv. Capacidad de uso de la tierra

La metodología que clasifica las tierras por su capacidad de uso cumple con los fines originados en la Ley Forestal de Guatemala, ha sido adoptada por el Gobierno de Guatemala, a través del Instituto Nacional de Bosques (INAB) este es producto de una revisión planteada a mediados del año 1997. Las variables que definen la capacidad de uso son: pendiente del terreno y profundidad del suelo, principalmente; luego los factores

limitantes como pedregosidad y drenaje. Se clasifica al país en Regiones Naturales y en donde cada una tiene matrices diferentes para definir su capacidad.

Dentro de la metodología se clasifican las siguientes categorías:

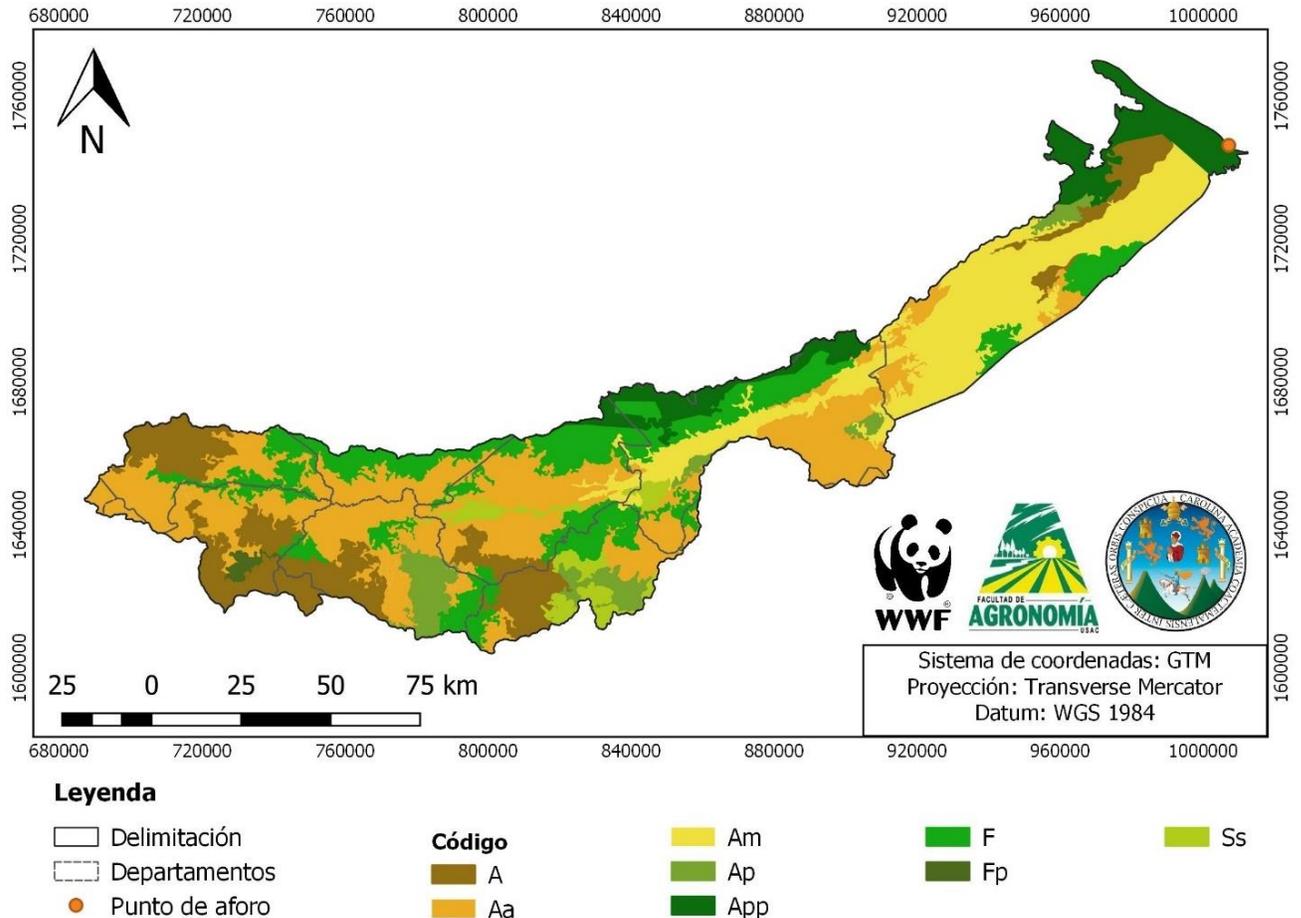
- (A) Agricultura sin Limitaciones.
- (Am) Agricultura con Mejoras.
- (Aa) Agroforestería con Cultivos Anuales.
- (Ss) Sistemas Silvopastoriles.
- (Ap) Agroforestaría con Cultivos Permanentes.
- (F) Tierras Forestales de Producción.
- (Fp) Tierras Forestales de Producción.

El mapa, presentado en la figura 21 y cuadro 15, nos describe la intensidad de uso soportable sin poner en riesgo la estabilidad física del suelo mostrando la situación en la que se encuentra la cuenca del río Motagua.

Cuadro 15. Capacidad de uso de la tierra para la cuenca del río Motagua.

Código	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
A	1,931	193,100	15.33
Aa	4,080	408,000	32.39
Am	2,355	235,500	18.69
Ap	568	56,800	4.51
App	1,020	102,000	8.10
F	2,272	227,200	18.03
Ss	372	37,200	2.95
Total	12,598	1,259,800	100

Fuente: elaboración propia (2020).



Fuente: Mapa de capacidad de uso de la tierra. –INAB- 2001.

Figura 21. Mapa capacidad de uso de la tierra, metodología (INAB) para la cuenca del río Motagua.

En el mapa se observan las (App) categorizadas áreas protegidas de protección debido a que dentro de la cuenca se tienen áreas protegidas como la sierra de las minas, ocupando un 8.10 % del área, es necesario la conservación y protección de las mismas, por los servicios ambientales que brindan, principalmente el recurso hídrico.

Las categorías encontradas dentro de la cuenca son las siguientes:

- Agricultura sin Limitaciones, áreas con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje.
- (Am) Agricultura con Mejoras, áreas que presentan limitaciones de uso moderadas con respecto a la pendiente, profundidad, pedregosidad y/o drenaje.
- (Aa) Agroforestería con Cultivos Anuales, áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo.
- (Ss) Sistemas Silvopastoriles, áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno que tienen limitaciones permanentes o transitorias de pedregosidad y/o drenaje.
- (Ap) Agroforestería con Cultivos Permanentes, áreas con limitaciones de pendiente y profundidad, aptas para el establecimiento de sistemas de cultivos permanentes asociados con árboles.
- (F) Tierras Forestales de Producción, áreas con limitaciones para usos agropecuarios; de pendiente o pedregosidad, con aptitud preferente para realizar un manejo forestal sostenible. (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala (INAB), 2001).

v. Uso de la tierra

El mapa de uso de la tierra elaborado a través del mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, MAGA 2010, muestra las áreas y porcentajes que cada uno de estos tiene dentro de la cuenca. En el cuadro 16 se muestra los diferentes usos y los subgrupos y áreas que cada uno presenta dentro de la cuenca.

Cuadro 16. Uso de la tierra 2010 para la cuenca del río Motagua.

Grupo		Subgrupo		Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
1	Áreas urbanas y / o Construidas	1.1	Áreas construidas	199	19,900	1.58

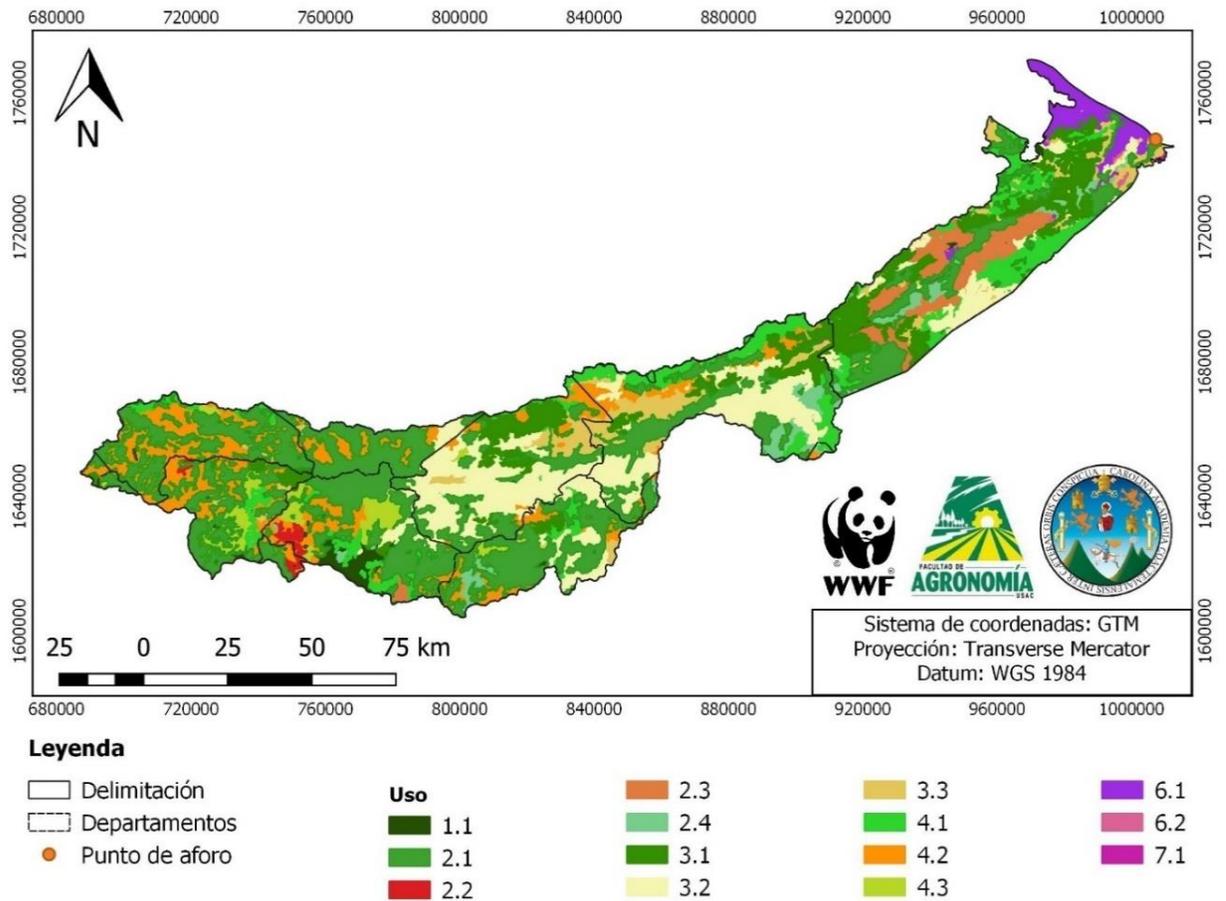
Continuación cuadro 16.

Grupo		Subgrupo		Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
2	Agricultura	2.1	Agricultura limpia anual	4,003	400,300	31.8
2	Agricultura	2.2	Horticultura y ornamentales (Incluye Viveros)	61	6,100	0.48
2	Agricultura	2.3	Pastos cultivados	493	49,300	3.92
2	Agricultura	2.4	Agricultura perenne	389	38,900	3.09
3	Pastos naturales	3.1	Hierbazal	1,198	119,800	9.52
3	Pastos naturales	3.2	Matorrales (Guamil) con altura de 0.5 m a 1.5 m.	1,940	194,000	15.41
3	Pastos naturales	3.3	Arbustos con altura de 1.5 m a 5 m. (Incluye bosque secundario y regeneración)	878	87,800	6.97
4	Bosque natural (Selva)	4.1	Latifoliadas	1,217	121,700	9.67
4	Bosque natural (Selva)	4.2	Coníferas	1,547	154,700	12.29
4	Bosque natural (Selva)	4.3	Mixto	340	34,000	2.7
6	Tierras húmedas y / o inundables	6.1	Humedal con bosque (Incluye bosque de Mangle)	290	29,000	2.3

Continuación cuadro 16.

Grupo		Subgrupo		Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
6	Tierras húmedas y / o inundables	6.2	Humedal con pastos y otra vegetación	16	1,600	0.13
7	Tierras áridas y / o Estériles	7.1	Arena y / o playa	19	1,900	0.15
Total				12,590	1,259,000	100

Fuente: elaboración propia (2020).



Fuente: Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, MAGA 2010.

Figura 22. Mapa de uso de la tierra 2010 de la cuenca del río Motagua.

d. Áreas protegidas

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP- define las áreas protegidas las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéricos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores. Categorizándolas de diferente manera según las características que estas cumplan.

Según el análisis de mapas, se ubican 15 áreas protegidas dentro de la cuenca teniendo un total de 18 áreas por las diferentes categorías de manejo que cada una presenta, pudiendo observarse de mejor manera en la figura 23.

Las áreas protegidas identificadas presentan diferentes categorías, como Área de usos múltiples, Área de protección especial, Monumento cultural, Parque regional, Refugio de vida silvestre, Reserva de Biosfera, Reserva natural privada, Reserva protectora de manantiales, Zona de amortiguamiento y Zona de veda definitiva. La extensión que ocupan todas estas áreas protegidas es de 2,069.89 km², es decir el 16.41 % del área total de la cuenca.

En el cuadro 17 se presenta cada una de las áreas protegidas, la categoría que tiene y el departamento en donde se encuentra.

Cuadro 17. Áreas protegidas dentro de la cuenca del río Motagua.

Nombre	Nombre completo	Departamento	Categoría -tipo	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
Astillero municipal Tecpán	Parque regional astillero	Chimaltenango	Tipo IV	6.09	609	0.05

Continuación cuadro 17.

Nombre	Nombre completo	Departamento	Categoría-tipo	Área (km²)	Área (ha)	Área (%)
Astillero municipal Tecpán	municipal de Tecpán	Chimaltenango	Tipo IV	6.09	609	0.05
Atitlán	Área de uso múltiple Atitlán	Sololá	Tipo III	116.86	11,686	0.93
Cerro San Gil	Reserva protectora de manantiales Cerro San Gil	Izabal	Sin Tipo	156.76	15,676	1.24
Cordillera Alux	Reserva protectora de manantiales Cordillera Alux	Sacatepéquez y Guatemala	Sin Tipo	25.06	2,506	0.2
Cumbre Alta	Área de protección especial Cumbre Alta	Izabal y Zacapa	Sin Tipo	82.66	8,266	0.66
Los Altos de San Miguel Totonicapán	Parque regional Los Altos de San Miguel Totonicapán	Totonicapán	Tipo IV	23.2	2,320	0.18

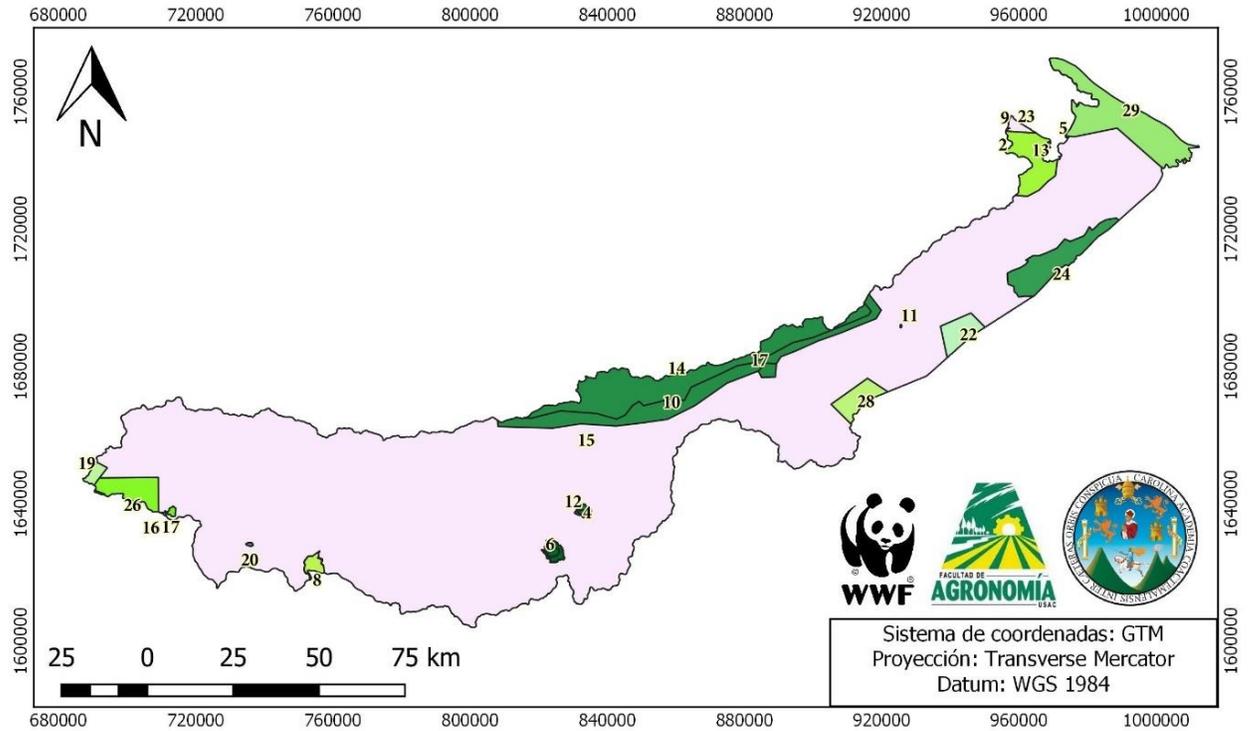
Continuación cuadro 17.

Nombre	Nombre completo	Departamento	Categoría-tipo	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
Montaña Espíritu Santo	Área de protección especial Montaña Espíritu Santo	Izabal	Sin Tipo	82.27	8,227	0.65
Punta de Manabique	Refugio de vida silvestre Punta de Manabique	Izabal	Tipo III	400.95	40,095	3.18
Quiriguá	Monumento cultural Quiriguá	Izabal	Tipo II	0.33	33	0
San Rafael Pixcayá	Área de protección especial San Rafael Pixcayá	Jalapa	Sin Tipo	1.54	154	0.01
Santa Elena	Reserva natural privada Santa Elena	Jalapa	Tipo V	0.18	18	0.001
Sierra Caral	Área de protección especial Sierra Caral	Izabal	Sin Tipo	205.81	20,581	1.63
Sierra de las Minas	Reserva de Biosfera Sierra de las Minas	El Progreso, Zacapa, Izabal, Alta y Baja Verapaz	ZAM	382.22	38,222	3.03

Continuación cuadro 17.

Nombre	Nombre completo	Departamento	Categoría-tipo	Área (km ²)	Área (ha)	Área (%)
Sierra de las Minas	Reserva de Biosfera Sierra de las Minas	El Progreso, Zacapa, Izabal, Alta y Baja Verapaz	Tipo VI	546.98	54,698	4.34
Volcán El Tobón	Zona de amortiguamiento Volcán El Tobón	El Progreso	ZAM	9.05	905	0.07
	Zona de veda definitiva Volcán El Tobón		Sin Tipo	2.33	233	0.02
Volcán Jumay	Zona de amortiguamiento Volcán Jumay	El Progreso	ZAM	18.1	1,810	0.14
	Zona de veda definitiva Volcán Jumay		Sin Tipo	9.5	950	0.08
TOTAL				2,069.89	206,989	16.411

Fuente: elaboración propia (2020).



Leyenda

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Delimitación Departamentos Punto de aforo | <ul style="list-style-type: none"> Cerro San Gil - 13 Cordillera Alux - 8 Cumbre Alta - 28 Los Altos de San Miguel Totonicapán - 19 Montaña Espíritu Santo - 22 Punta de Manabique - 5 Quiriguá - 11 | <ul style="list-style-type: none"> San Rafael Pixcayá - 20 Santa Elena - 2 Sierra Caral - 24 Sierra de las Minas - 17,14,10 Volcán El Tobón - 12,4 Volcán Jumay - 6 |
|--|--|---|
- areas mot**
- Area sin Protección
 - Astillero Municipal de Tecpán - 1
 - Atitlán - 26

Fuente: Mapa de áreas protegidas SIGAP/CONAP. – 2004.

Figura 23. Mapa de áreas protegidas dentro de la cuenca del río Motagua.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivos generales

Estimar la sequía agrícola en la cuenca del río Motagua, Guatemala.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Realizar la caracterización climática por década (2010-2019) de la cuenca del río Motagua.
2. Determinar las características físicas principales de los suelos de la cuenca del río Motagua.
3. Caracterizar la demanda de agua de los cultivos de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*).
4. Identificar las áreas críticas por la sequía agrícola dentro de la cuenca del río Motagua.

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1. Caracterización climática

A. Análisis de estaciones climáticas

Se recopiló información meteorológica de las estaciones climáticas presentes dentro y en la periferia de la cuenca del río Motagua. Ordenando cada una de las estaciones, sacando los valores promedio y creando una base de datos de los mismos para los futuros análisis.

B. Análisis de temperatura

Se estimó la temperatura media anual para los años 2000 y 2019, realizando los respectivos mapas y se compararon los resultados.

C. Análisis de precipitación

De igual forma, con los datos obtenidos se estimó la precipitación anual promedio, y se compararon los datos del año 2000 y el año 2019. Posteriormente se realizó un análisis año con año de la lluvia ocurrida dentro del periodo de tiempo mencionado.

Se determinó el índice de sequía denominado decil a partir de los datos de precipitación obtenida. Dividiendo la distribución de ocurrencias pluviométricas durante un período temporal suficientemente largo, en intervalos para 10 % de la distribución.

D. Determinación de evapotranspiración

Posteriormente se estimó la evapotranspiración de cada estación con la fórmula de PENMAN-MONTEITH y a través del software CropWat.

E. Elaboración de climadiagramas

Se ordenó la información de los datos meteorológicos promedios mensuales de las estaciones y con ello se realizaron los climadiagramas.

F. Índice de aridez de Martonne

Se realizó el cálculo y análisis del Índice de aridez de Martonne, utilizando la siguiente fórmula:

$$IM = PP / (t + 10) \text{ [Índice de aridez anual]}$$

$$IM = (12 * PP) / (t + 10) \text{ [Índice de aridez mensual]}$$

- IM: Índice de Martonne.
- PP: Precipitación.
- T: Temperatura.

Posteriormente se realizaron los mapas para el año 2000 y 2019. Una vez obtenidos los índices de aridez, se compararon los resultados identificando posibles cambios o tendencias. Para el 2019 se realizó el cálculo mensual para comparar las fechas más críticas.

G. Análisis 2015-2019

Finalmente se analizaron anualmente datos climáticos desde el 2015 al 2019 a través de las estaciones climáticas locales para analizar los cambios año con año. Realizando gráficas para su mejor análisis.

2.4.2. Caracterización física de suelos

A. Determinación de unidades de mapeo

A partir del shape de Serie de Suelos Simmons se obtuvieron los datos de textura del suelo, de igual forma se utilizó el mapa de taxonomía de suelos a nivel de subórdenes que incluyen el orden y régimen de humedad, para posteriormente estimar la Capacidad de Campo (CC), el punto de marchitez permanente (PMP) y la densidad aparente (Da) para cada unidad de muestreo identificada.

Se realizó el mapa de unidades de muestreo tomando en cuenta las características anteriormente descritas. Posteriormente, utilizando los raster de precipitación y evapotranspiración se obtuvieron valores para cada unidad de muestreo.

B. Balance de suelos

Se realizó el balance hídrico de los suelos, a partir de las diferentes unidades de muestreo, utilizando parámetros geológicos, taxonómicos, y fisiográficos, con la metodología descrita a continuación:

Para la realización del balance hídrico de suelos se utilizó la metodología presentada por (Schosinsky, 2007) iniciando los cálculos con el coeficiente de infiltración por textura de suelo (K_{fc}). En donde f_c [mm/día] es la Infiltración básica del suelo.

$$K_{fc} = 0.267 \ln(fc) - 0.000154fc - 0.723$$

Posteriormente se consideró la P = Precipitación mensual en [mm/mes] (dato meteorológico) y el coeficiente de infiltración ($K_{fc}=C_i$) para calcular la precipitación que infiltra mensualmente (P_i) al suelo, con la siguiente ecuación:

$$P_i = (C_i)(P)$$

En donde en ningún caso el coeficiente de infiltración (C_i) ha de ser mayor de 1, si así fuese, se le asigna a C_i el valor de 1. Posteriormente se realizó el cálculo de escorrentía mensual con la siguiente ecuación:

$$ESC = P - P_i$$

Para el cálculo de la evapotranspiración real,

$$ETPR \text{ (mm/mes)} = ((C_1+C_2) / 2) ETP$$

Para eso es importante saber que, al iniciar un mes cualquiera, el suelo tendrá una humedad inicial (H_{Si}). La humedad de suelo final (H_{Sf}) se obtuvo con la fórmula $(H_D + PM - ETR)$ sabiendo que la H_{Sf} en ningún momento puede ser mayor a la capacidad de campo y la humedad del suelo inicial es igual a la humedad de suelo final del mes anterior. Realizando el cálculo para la ETPR se tiene que:

$$C_1 = (H_{Si} - PM + P_i) / (CC - \text{Punto de Marchitez Permanente} - PP)$$

Para el siguiente cálculo se consideró que ocurre la evapotranspiración, una vez ocurrida la infiltración, el coeficiente de humedad, al final del mes sería:

$$C_2 = (H_{Si} - PM + P_i - ETR_1) / (CC - PM) \quad (11)$$

$$ETR_1 = (C_1) (ETP)$$

El cálculo de la humedad disponible (HD), dio como resultado aquella humedad que pueden tomar las raíces de las plantas, para poder evapotranspirar. La humedad disponible está dada por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{HD \text{ (mm/mes)} = HSi + Pi - PM}$$

Cuando la cantidad de agua que infiltra es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y además satisfacer la evapotranspiración de las plantas se recarga el acuífero. Esta recarga se calculó con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Rp = Pi + HSi - HSf - ETR}$$

Cuando la humedad en mm que falta para que la humedad del suelo alcance la capacidad de campo, se considera déficit de capacidad de campo (DCC).

$$\mathbf{DCC = CC - HSf}$$

Finalmente, se realizaron los cálculos para la necesidad de riego (NR), con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{NR = DCC - ETR + ETP}$$

Dónde:

-Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo).

-fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

-Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en [mm/mes].

-Ci = Coeficiente de infiltración [adimensional].

-P = Precipitación mensual en [mm/mes] (dato meteorológico).

-ESC = Escorrentía superficial en mm/mes.

- ETPR= Evapotranspiración real tentativa promedio, en una zona, ocurrida durante el mes [mm/mes].
- C1 = Coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración.
- C2 = Coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con C1.
- ETP = Evapotranspiración potencial [mm/mes].
- Hsi = Humedad al inicio del mes, humedad de suelo inicial en [mm].
- PM = Punto de marchitez en [mm]. Pi = Precipitación que infiltra en [mm/mes].
- CC = Capacidad de campo en [mm].
- ETR1 = Evapotranspiración potencial real [mm/ mes], considera la humedad correspondiente al coeficiente C1.
- Rp = Recarga potencial mensual en mm/mes.
- HSf = Humedad del suelo al final del mes en mm.
- DCC = Déficit de capacidad de campo, al final del mes [mm].
- NR = Necesidad de riego mensual [mm/mes].

Al finalizar los cálculos para cada unidad de muestreo se calculó el volumen de cada resultado, iniciando con la conversión de los resultados en mm a m, multiplicándolo por el área respectiva de cada polígono en metros cuadrados para obtener así los volúmenes en metros cúbicos.

El cálculo del bance hídrico se realizó con la siguiente ecuación:

$$P_p = ETR + Esc + Rec$$

Por último, se realizó el mapa respectivo de necesidad de riego y de recarga hídrica con los resultados obtenidos en los balances de cada unidad de muestreo.

2.4.3. Demanda de agua de los cultivos

A. Determinación necesidades de agua

Se estimaron las necesidades de agua para los granos básicos (frijol y maíz) tomando en cuenta los períodos de siembra y cosechas tradicionales. El uso consuntivo del cultivo fue calculado a través de la fórmula:

$$ET_c = K_c \times ET_p$$

- ET_c : evapotranspiración del cultivo [mm d-1].
- K_c : coeficiente del cultivo [adimensional, obtenido a través del documento de FAO- Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos 2006].
- ET_p : evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d-1].

Posteriormente se estimó la condición de suficiencia o déficit de agua para atender los requerimientos de agua en las diferentes fases de los cultivos. Si el uso consuntivo es menor que la precipitación efectiva se asumió que no existe necesidad de riego complementario. Por el contrario, si el uso consuntivo es mayor o igual a uno (≥ 1), entonces es necesario suplir el déficit con sistemas de riego.

B. Elaboración de mapas de necesidad de riego

Se realizó el mapa de necesidad de riego para ambos cultivos, tomando en cuenta únicamente las características del cultivo.

2.4.4. Estimación de la sequia

A partir de la información anteriormente generada se identificaron las áreas críticas de sequía, principalmente tomando en cuenta el balance de suelos y las necesidades de los cultivos. Para esto, en los balances hídricos por cada unidad de muestro, se sustituyó la ETR calculada por la ETC de los cultivos específicos, considerando así entonces los valores de KC y los requerimientos del cultivo, teniendo un resultado integrado tomando en cuenta el suelo, el clima y el cultivo en cada área.

Finalmente se generaron los mapas de sequía agrícola para el año 2019 a través de programas Sistemas de Información Geográfica (SIG).

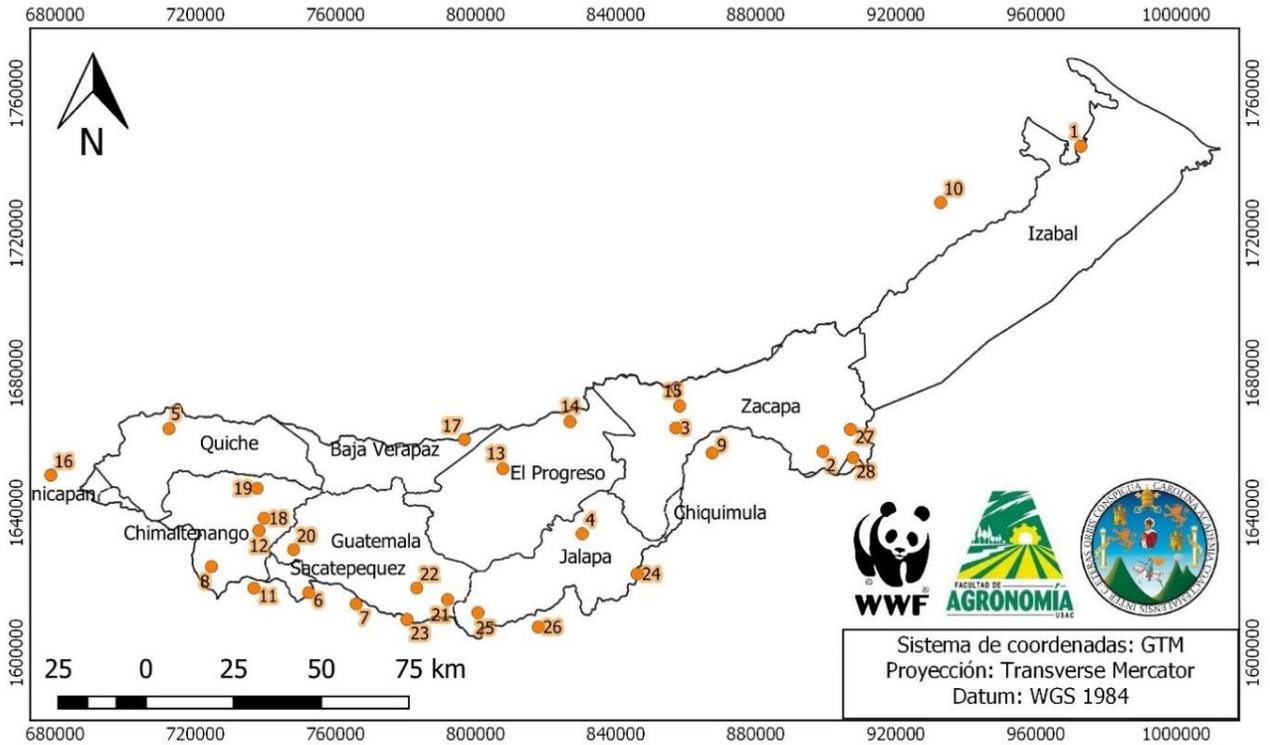
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Caracterización climática

La importancia de estudiar el clima y sus cambios, radica en que los elementos que lo componen son los que alteran la productividad y viabilidad de los cultivos.

La ubicación de las estaciones utilizadas en la construcción de los diferentes mapas y análisis de temperatura y precipitación se presentan a continuación en la figura 24. Se tiene un total de 28 estaciones dentro y en la periferia de la cuenca que serán útiles según la cantidad de información que presentan para cada caso a analizar.

Usando como base la cota del río, de la cota 1,000 hacia arriba, se consideró como la parte alta de la cuenca, de la cota 250 a la 1,000 como la parte media y menor de 250 como la parte baja de la misma. En la parte baja se cuenta con 3 estaciones (1, 9 y 10) en los departamentos de Zacapa e Izabal. En los departamentos de Zacapa y El Progreso se encuentran las estaciones (2, 3, 13, 27 y 28) ubicadas en la parte media, y en la parte alta se encuentran 20 estaciones (4-8, 11-12 y 14-26) en los departamentos de Jalapa, Quiché, Sacatepéquez, Guatemala, Chimaltenango, Zacapa, Totonicapán y Baja Verapaz.



Leyenda

□ Delimitación

Estaciones

- 1 Puerto Barrios
- 2 La Unión
- 3 Pasabien
- 4 Potrero Carrillo

- 5 Chinique
- 6 Suiza Contenta
- 7 INSIVUMEH
- 8 Santa Cruz Balanyá
- 9 La Fragua
- 10 Las Vegas PHCA
- 11 Alameda Icta
- 12 San Martín Jilotepeque

- 13 San Agustín Acasaguastlan
- 14 Los Albores
- 15 San Lorenzo Mármol
- 16 El Aprisco
- 17 Los Ramones
- 18 Catalán De Las Mercedes
- 19 Concepción Buena Vista
- 20 San José Ocaña

- 21 El Socorro
- 22 San Jorge
- 23 Agua Tibia
- 24 El Durazno
- 25 Vizcaya
- 26 Los Agujotes
- 27 San José Carrizal
- 28 Veguitas

Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 24. Estaciones climáticas dentro de la cuenca del río Motagua.

Para el estudio de las décadas en específico, en el año 2019 se tiene una mejor y mayor distribución de las estaciones, tanto dentro de la cuenca como en la periferia, por lo que en el momento de la interpolación para la generación de mapas se tiene una visión más amplia y más real de la situación, de igual forma un mejor análisis en el caso de los índices. Al contrario, en el año 2010 la cuenca tiene menos estaciones meteorológicas provocando un trazo menos ajustado y menos discusión de resultados.

A continuación, en los cuadros 18 y 19 se presentan los cuadros de resumen de ubicación y de las variables climáticas de las estaciones climáticas en los años 2010 y 2019 respectivamente.

Cuadro 18. Base de datos de estaciones y variables climáticas con datos anuales del 2010.

Clave	Estación	Ubicación	Elevación (m s.n.m.)	Parte	2010		
					T Media (°C)	Lluvia (mm)	ETP (mm)
1	Puerto Barrios	Puerto Barrios, Izabal	2	Baja	26.43	3,209.90	116.1
2	La Unión	La Unión, Zacapa	1000	Media	22.36	2,429.30	108.4
3	Pasabién	Río Hondo, Zacapa	260	Media	27.14	1,430.10	140.2
4	Potrero Carrillo	Jalapa, Jalapa	1760	Alta	16.7	1,303.20	95.7
5	Chinique	Quiché	1880	Alta	15.24	1,638	141.7
6	Suiza Contenta	Sacatepéquez	2105	Alta	16.72	1,497.10	110.6
7	INSIVUMEH	Guatemala	1502	Alta	19.37	2,078.10	109.6
8	Santa Cruz Balanyá	Chimaltenango	2060	Alta	16.63	1,474.30	105.5
9	La Fragua	Zacapa	210	Baja	27.89	1,494	150.4
10	Las Vegas PHCA	Izabal	10	Baja	27.28	2,188.30	126.4
11	Alameda Icta	Chimaltenango	1776	Alta	17.6	1,903.90	106.5
12	San Martin Jilotepeque	San Martin Jilotepeque, Chimaltenango	1800	Alta	19.05	1,781.50	104.5
13	San Agustín Acasaguastlan	El progreso	371	Media	28.09	865.3	168.4
15	San Lorenzo Mármol	Zacapa	1782	Alta	16.91	2,688.90	93.7
27	San José Carrizal	Zacapa	897	Media	20.97	2,151.40	150.3

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 19. Base de datos de estaciones y variables climáticas con datos anuales del 2019.

Clave	Estación	Ubicación	Elevación (m s.n.m.)	Parte	2010		
					T Media (°C)	Lluvia (mm)	ETP (mm)
1	Puerto Barrios	Puerto Barrios, Izabal	2	Baja	27.2	2,794.80	116.39
2	La Unión	La Unión, Zacapa	1000	Media	23.49	1,502.40	109.9
3	Pasabien	Río Hondo, Zacapa	260	Media	28.28	611.3	222.9
6	Suiza Contenta	Sacatepéquez	2105	Alta	17.25	1,089.50	109.2
7	INSIVUMEH	Guatemala	1502	Alta	20.92	1,024.10	130.1
8	Santa Cruz Balanyá	Chimaltenango	2060	Alta	16.78	1,323.50	104.7
9	La Fragua	Zacapa	210	Baja	29.05	552	181
11	Alameda Icta	Chimaltenango	1776	Alta	19.06	1,009.30	112.2
14	Los Albores	El progreso	1900	Alta	20.86	1,325.80	118.9
16	El Aprisco	Totonicapán	2,829	Alta	11.22	1,348.90	103.2
17	Los Ramones	San Jerónimo, Baja Verapaz	1363	Alta	20.7	751.3	146.6
18	Catalán De Las Mercedes	San Martin Jilotepéque, Chimaltenango	1881	Alta	16.69	325	146.9
19	Concepción Buena Vista	San Martin Jilotepéque, Chimaltenango	1728	Alta	18.85	856.14	134.8

Continuación cuadro 19.

Clave	Estación	Ubicación	Elevación (m s.n.m.)	Parte	2010		
					T Media (°C)	Lluvia (mm)	ETP (mm)
20	San José Ocaña	San Juan Sacatepéquez, Guatemala	1910	Alta	17.18	594	126.3
21	El Socorro	Palencia, Guatemala.	1926	Alta	17.04	700.9	115.6
22	San Jorge	Palencia, Guatemala.	1520	Alta	23.8	996.1	129.4
23	Agua Tibia	San José Pínula, Guatemala	1705	Alta	16.99	1,482.47	128.2
24	El Durazno	Jalapa	1610	Alta	18.35	1,283.20	143.7
25	Vizcaya	Jalapa	1415	Alta	18.89	928.39	143.5
26	Los Aguijotes	Jalapa	1945	Alta	16.32	608.6	111.2
28	Veguitas	Zacapa	966	Media	22.22	1347.11	145.1

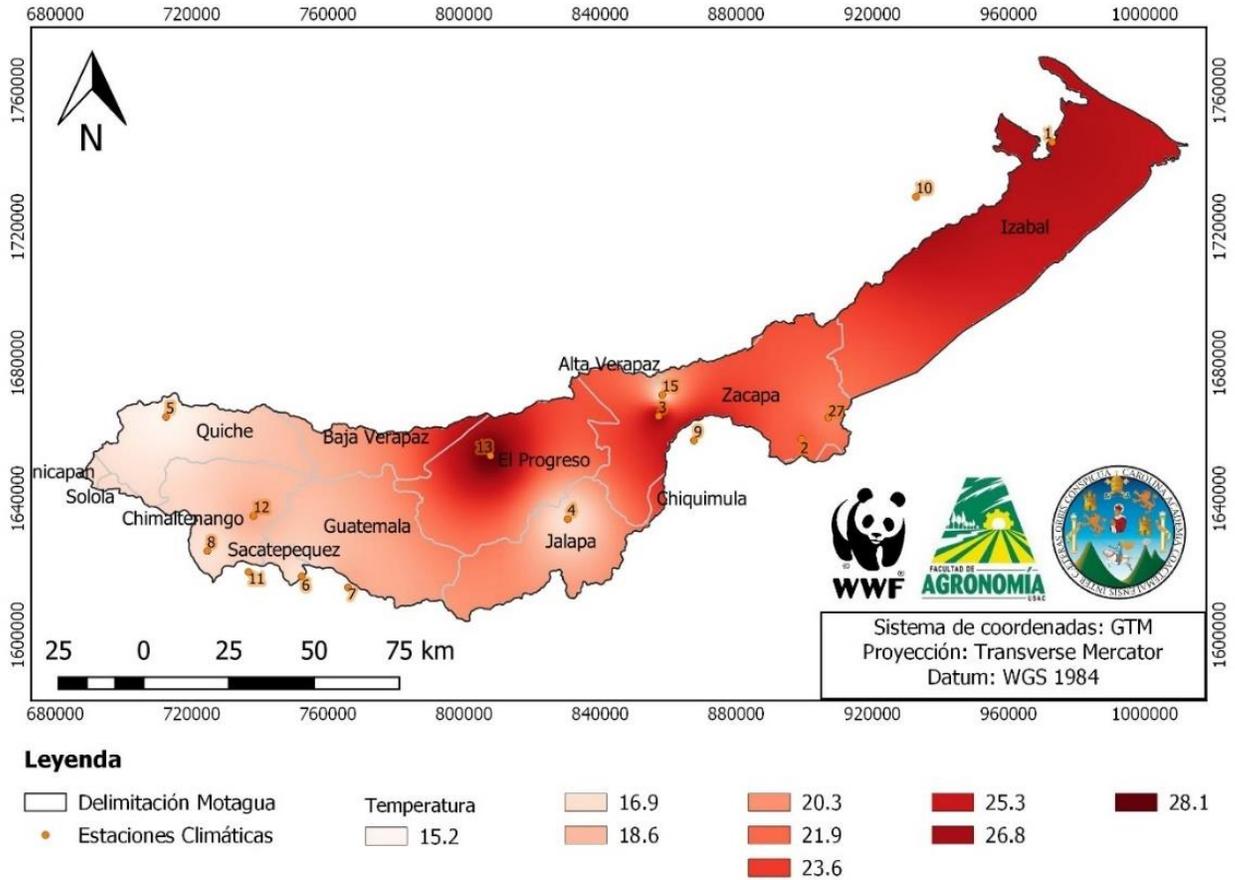
Fuente: elaboración propia (2020).

A. Temperatura media

Para la elaboración del mapa de temperatura de la cuenca, se han recopilado todos los datos disponibles de las estaciones meteorológicas para cada año. Estos valores medios anuales se estimaron directamente de las lecturas de temperatura disponibles en las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la cuenca y en sus cercanías.

Entre el año 2001 y 2019 la temperatura media dentro de la cuenca presenta una variación, con un aumento del 1 % en la temperatura durante los 10 años. En las estaciones que cuentan con datos en ambos años es posible observarse el aumento, por ejemplo, la estación 3-Pasabien, en la parte media de la cuenca, presenta para el 2010 una temperatura de 27.14 °C aumentando para el 2019 a 28.28 °C.

En la parte baja puede observarse este aumento, teniendo como ejemplo la estación 1-Puerto Barrios con una temperatura de 26.42 °C para el 2010, aumentado a 27.19 °C para el 2019. En la parte alta, la estación 6-Suiza Contenta para el 2010 presenta una temperatura de 16.72 °C aumentado a 17.25 °C para 2019. A continuación, en las figuras 25 y 26, se describe cada uno de los mapas de las diferentes décadas.

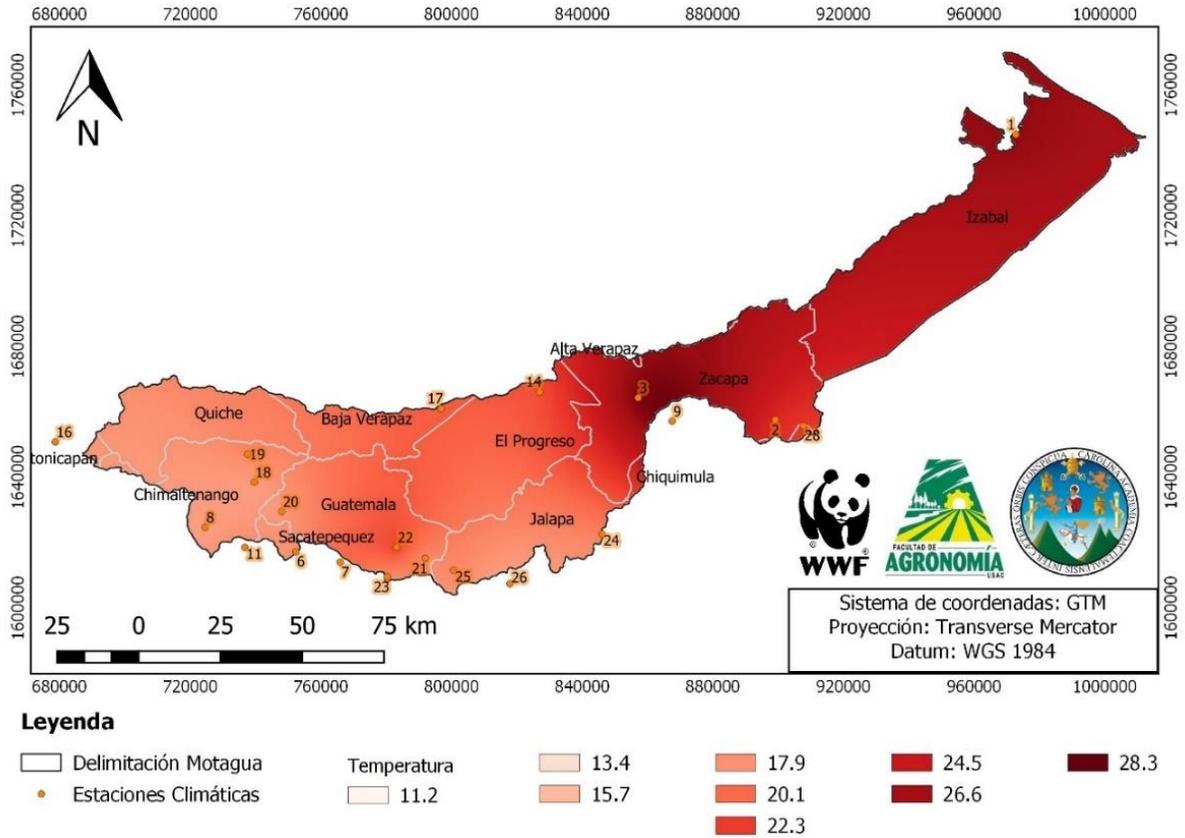


Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 25. Mapa de temperatura media para la cuenca del río Motagua, año 2010.

En zonas bajas como en Izabal el resultado no se asemeja exactamente a la realidad del lugar durante ese año debido a la poca cantidad de estaciones meteorológicas. En el resto de la cuenca los resultados son mucho más oportunos debido a que existen más estaciones y se permite mayor precisión en la interpolación. La temperatura media más alta oscila entre los 28 °C en la parte media, y en la parte alta se tiene un promedio de temperatura de 15 °C.

En dicho año es posible observar que los departamentos de El Progreso, Zacapa e Izabal muestran las temperaturas más altas. Teniendo en Quiché, en Chinique la temperatura más baja de 15.24 °C.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 26. Mapa de temperatura media para la cuenca del río Motagua, año 2019.

Para este año se cuenta con un total de 21 estaciones, por lo que el análisis tiene más profundidad y detalle. El valor promedio más bajo es de 17 °C, mientras que el valor promedio más alto está en 29 °C.

En este caso los departamentos con mayor temperatura son los de Zacapa e Izabal, sin embargo, los otros departamentos muestran aumento a comparación de la década anterior. En este año al tener mayor cantidad de estaciones, se muestran estaciones no estudiadas en el año anterior, como la de Totonicapán que muestra la temperatura más baja para este año.

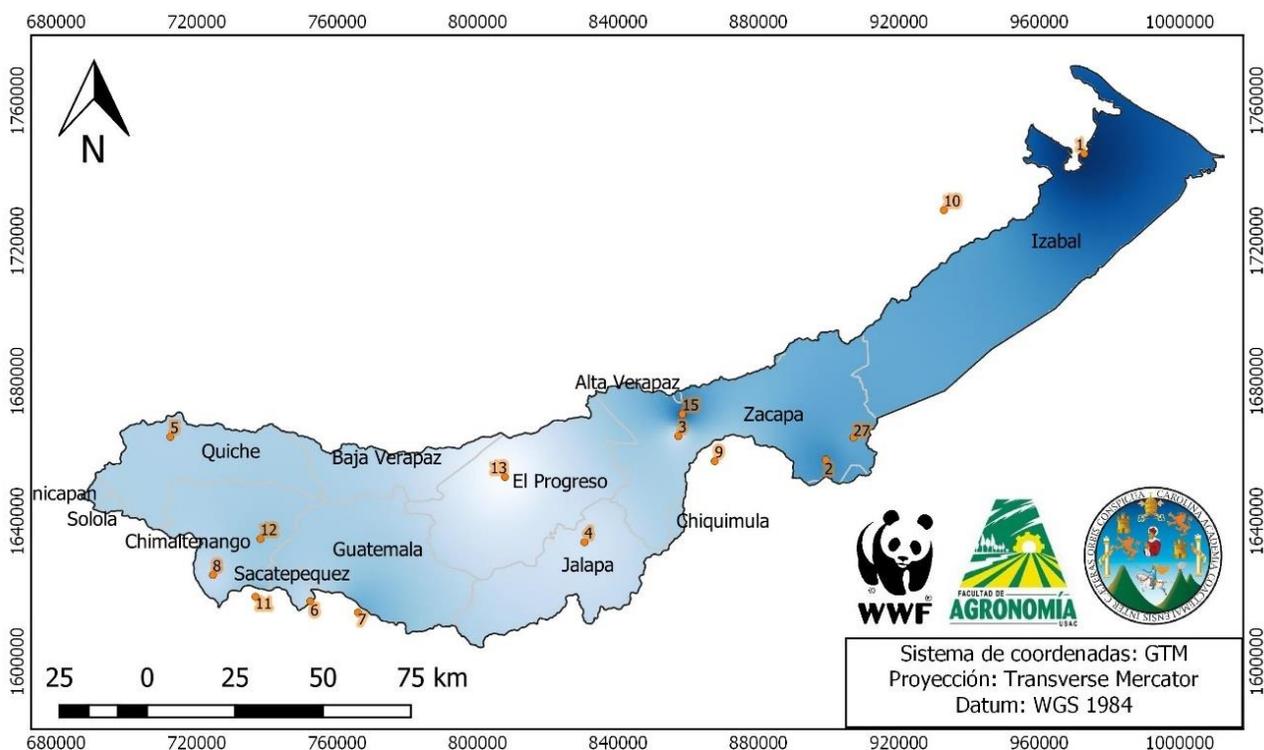
B. Precipitación

La precipitación pluvial en la cuenca del río Motagua se ve variada, mostrando un descenso de la cantidad de lluvia en los diferentes años.

Comparando las estaciones que presentan datos en ambos años se puede observar que las disminuciones de lluvia van desde los 150.8 mm a los 1,054 mm. La estación 9-La Fragua en la parte baja de la cuenca presenta para el 2010 una precipitación de 1,494 mm, disminuyendo 942 mm, presentando entonces para el 2019 una precipitación de 552 mm.

En el caso de la parte media, la estación de 2-La Unión presenta una disminución de 926.9 mm, ya que en el 2010 se presenta una precipitación de 2,429.3 mm y en el 2019 una de 1,502.4 mm. De igual forma en la estación 8- Santa Cruz Balanyá se observa la disminución de 407.6 mm, pasando de 1,497.1 mm de precipitación en el 2010 a 1,089.5 mm en el 2019.

La precipitación anual para la cuenca del río Motagua para los años 2010 y 2019, se presenta en los mapas 27 y 28 respectivamente.



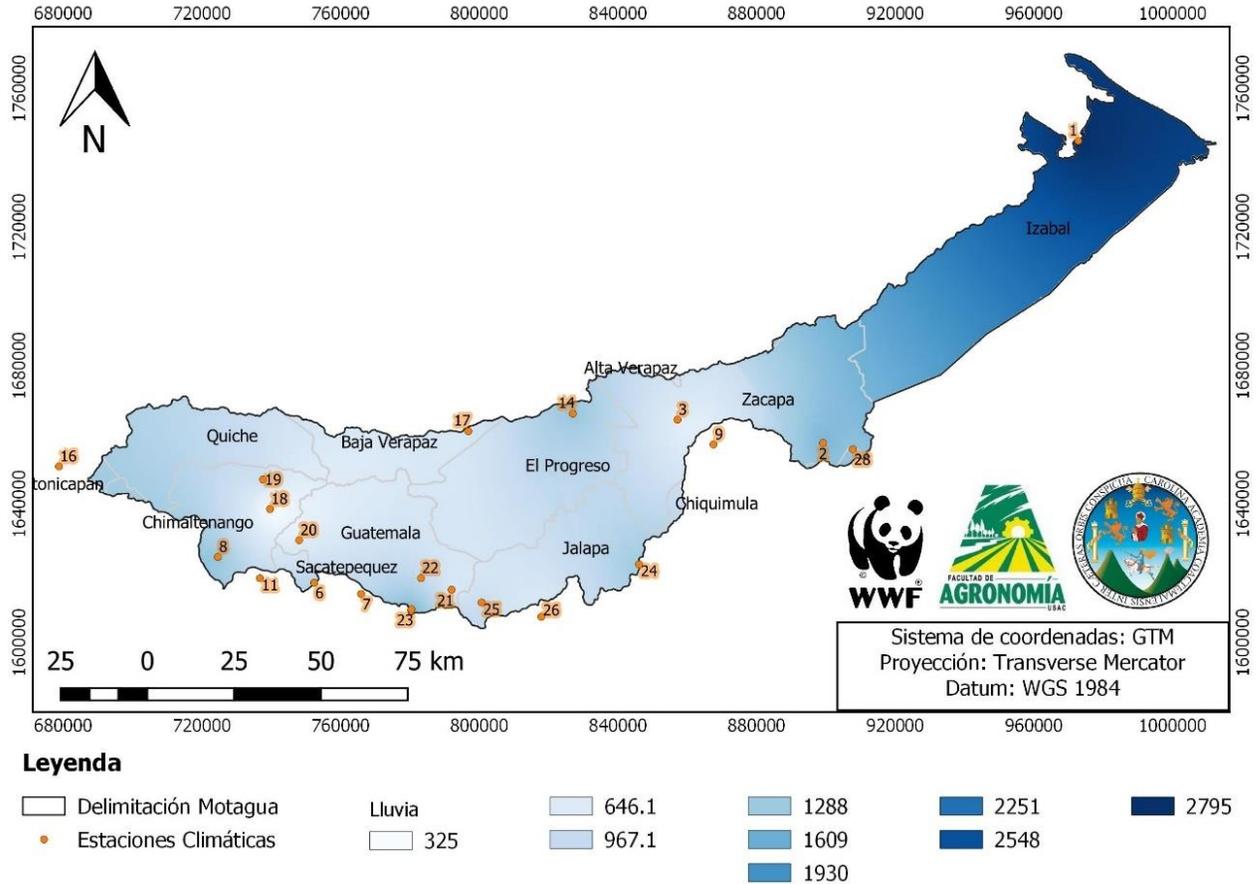
Leyenda

Delimitación Motagua	Estaciones Climáticas	Lluvia 865.3	1170	1475	1780	2084	2389	2694	2975	3210
----------------------	-----------------------	--------------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 27. Mapa de precipitación para la cuenca del río Motagua, año 2010.

En la parte baja, en el departamento de Izabal, se muestra una precipitación de 3,200 mm en el año 2010, siendo este el mayor registrado dentro de las estaciones. Tomando como referencia el departamento de Zacapa, se encuentran registros que van desde los 1,500 mm a los 2,300 mm en el año. En el Progreso es el área donde menor precipitación de presenta con 865.3 mm.



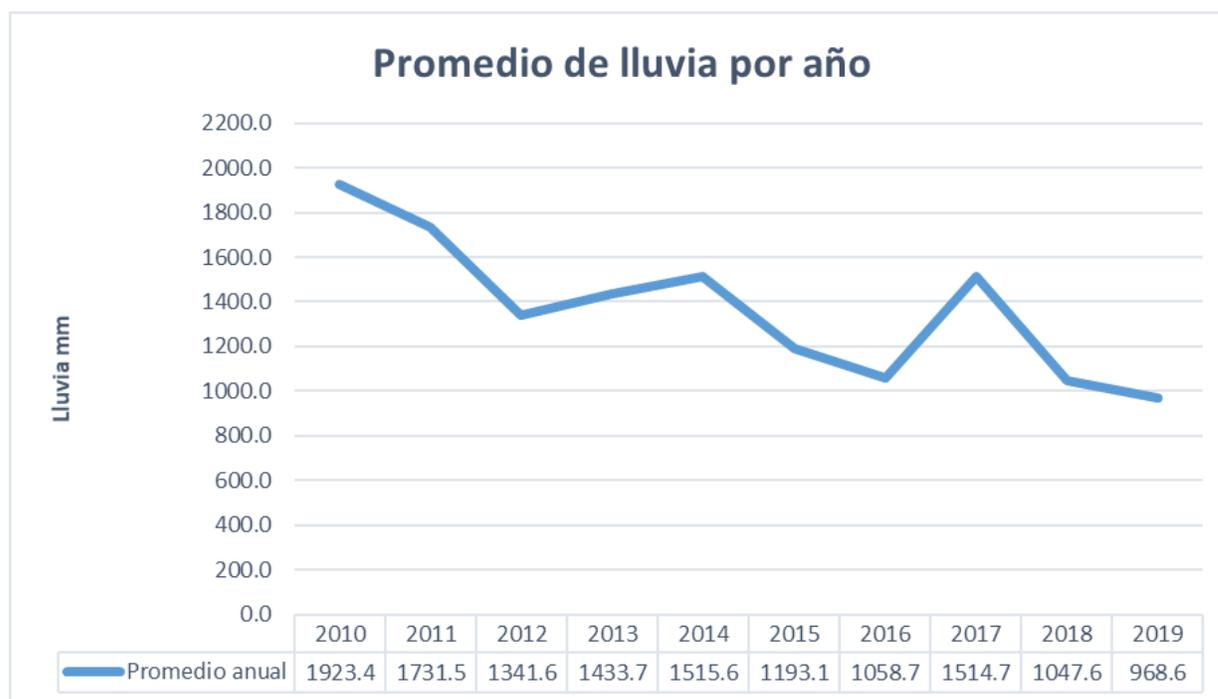
Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 28. Mapa de precipitación para la cuenca del río Motagua, año 2019.

En la parte baja se puede observar el registro más alto para el 2019 de 2,800 mm/año; mientras que en el 2010 era de 3,200 mm/año. Tendencia de disminución que se presenta a lo largo de la cuenca. A pesar de que el área de Izabal sigue siendo la que mayor precipitación presenta, se muestra una disminución a comparación del 2010.

En cuanto a la década en general, el promedio de la lluvia dentro de las estaciones de la cuenca, nos muestra que el año más seco es el 2019 con un promedio de 968.6 mm de lluvia a lo largo de la cuenca, siguiéndole por el 2018 con un promedio de 1,047.6 mm y luego el 2016 con la precipitación promedio anual de 1,058.7 mm a lo largo de la cuenca. En el caso contrario es posible observar que el año más lluvioso es el 2010 con una lluvia

de 1,923.4 mm. A partir de ese año comienza la descendencia teniendo el 2011 con un promedio anual de lluvia de 1,731.5 mm y seguidamente el 2014 con un promedio de 1,515.6 mm.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 29. Grafica de lluvia promedio para la década 2010-2019.

a. Índice de deciles

En el índice se clasifica la frecuencia y la distribución de la precipitación. En donde el primer decil está compuesto por la cantidad de lluvia en que no se supera el 10 % más bajo de los valores, y el quinto decil constituye la mediana. (Organización Meteorológica Mundial, Suiza (OMM) & Asociación Mundial para el Agua Suecia, 2016) Dicho índice fue calculado a través del software DrinC, tomando en cuenta los valores de precipitación de las estaciones dentro de la cuenca en cada año de estudio.

Las categorías utilizadas en los deciles son las presentadas en el cuadro 20, donde los datos que se encuentren dentro del rango 4 a 6 están en la normal. Por debajo de ellos se considera sequía y por arriba húmedo.

Cuadro 20. Clasificaciones para deciles.

Categoría	Decil
Sequía extrema	$PP \leq p10$
Sequía severa	$p10 < PP \leq p20$
Sequía moderada	$p20 < PP \leq p30$
Normal	$p30 < PP \leq p70$
Moderadamente húmedo	$p70 < PP \leq p80$
Severamente húmedo	$p80 < PP \leq p90$
Extremadamente húmedo	$PP > p90$

Fuente: WGP (2016).

Cuadro 21. Escenario de índice de deciles para el año 2010.

Clave	Estación	Precipitación total anual (mm)	Decil		
1	Puerto Barrios	3,209.9	10		
2	La Unión	2,429.3	10		
3	Pasabien	1,430.1	4		
4	Potrero Carrillo	1,303.2	3	10 %	-99.0
5	Chinique	1,638.0	7	20 %	-99.0
6	Suiza Contenta	1,497.1	6	30 %	665.6
7	INSIVUMEH	2,078.1	9	40 %	1,474.3
8	Santa Cruz Balanyá	1,474.3	5	50 %	1,495.5

Continuación cuadro 21.

Clave	Estación	Precipitación total anual (mm)	Decil		
9	La Fragua	1,494.00	5	60 %	1,638.00
10	Las Vegas PHCA	2,188.30	9	70 %	1,842.70
11	Alameda Icta	1,903.90	8	80 %	2,078.10
12	San Martín Jilotepeque	1,781.50	7	90 %	2,308.80
13	San Agustín Acasaguastlan	865.3	3	100 %	3,209.90
15	San Lorenzo Mármol	2,688.90	3		
27	San José Carrizal	2,151.40	3		

Fuente: elaboración propia (2020).

Cuadro 22. Escenario de índice de deciles para el año 2019.

Clave	Estación	Precipitación total anual (mm)	Decil		
1	Puerto Barrios	2,794.8	10		
2	La Unión	1,502.4	5		
3	Pasabien	611.3	5		
6	Suiza Contenta	1,089.5	8	10 %	-99.0
7	INSIVUMEH	1,024.1	8	20 %	-99.0
8	Santa Cruz Balanyá	1,323.5	9	30 %	-99.0
9	La Fragua	552.0	5	40 %	-99.0
11	Alameda Icta	1,009.3	7	50 %	585.0
14	Los Albores	1,325.8	10	60 %	992.3
16	El Aprisco	1,348.9	5	70 %	1,024.1
17	Los Ramones	751.3	5	80 %	1,283.2
18	Catalán De Las Mercedes	325.0	5	90 %	1,325.8

Continuación cuadro 22.

Clave	Estación	Precipitación total anual (mm)	Decil		
19	Concepción Buena Vista	856.1	5	100 %	2,794.80
20	San José Ocaña	594	5		
21	El Socorro	700.9	5		
22	San Jorge	996.1	7		
23	Agua Tibia	1,482.47	5		
24	El Durazno	1,283.20	9		
25	Vizcaya	928.39	6		
26	Los Aguijotes	585	6		
28	Veguitas	1,347.11	10		

Fuente: elaboración propia (2020).

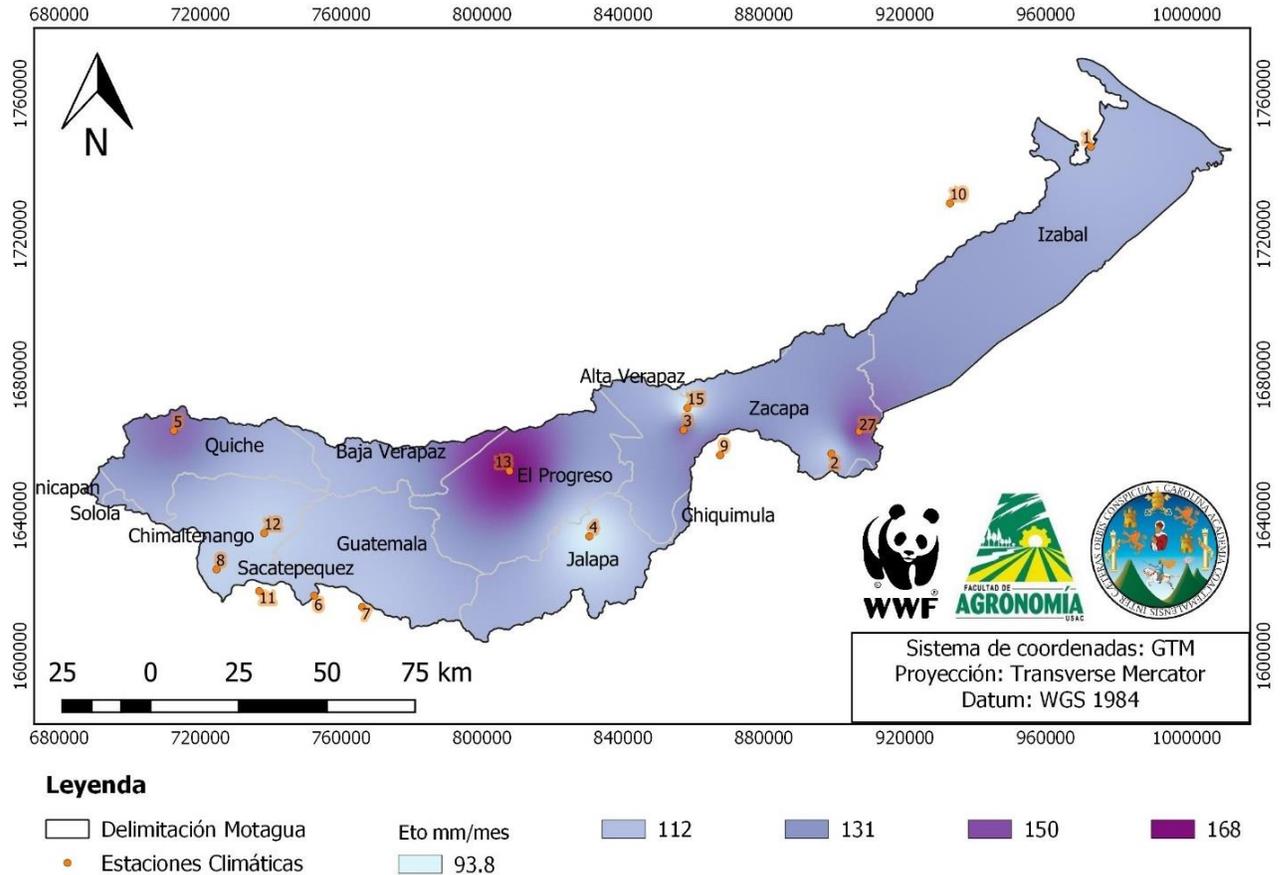
Dicho análisis fue realizado en ambas décadas comparando las estaciones dentro de la cuenca para cada periodo. En el caso del 2010 puede observarse como extremadamente húmedo la estación en Izabal con 3,209.89 mm en el año de igual forma una estación dentro de Zacapa con 3,209.9 mm, la cuenca muestra con sequia moderada a estaciones encontradas en Zacapa y Jalapa.

Caso contrario, el año 2019 muestra los valores más altos en 3 estaciones. Una de estas estaciones es la de Puerto Barrios con 2,794.8 mm, disminuyendo 415 mm respecto al año 2010. Para este año más estaciones se encuentran entre los rangos moderados.

C. Evapotranspiración

La ETo fue calculada mediante el método FAO Penman-Monteith, a través del software CropWat. La ecuación utiliza datos climáticos de radiación solar, temperatura del aire, humedad, velocidad del viento y las temperaturas.

A continuación, se expresa en mm/mes la cantidad media anual de humedad que pierde la superficie por evaporación al mes la cuenca del río Motagua, presentándose en las figuras 30 y 31 respectivamente.

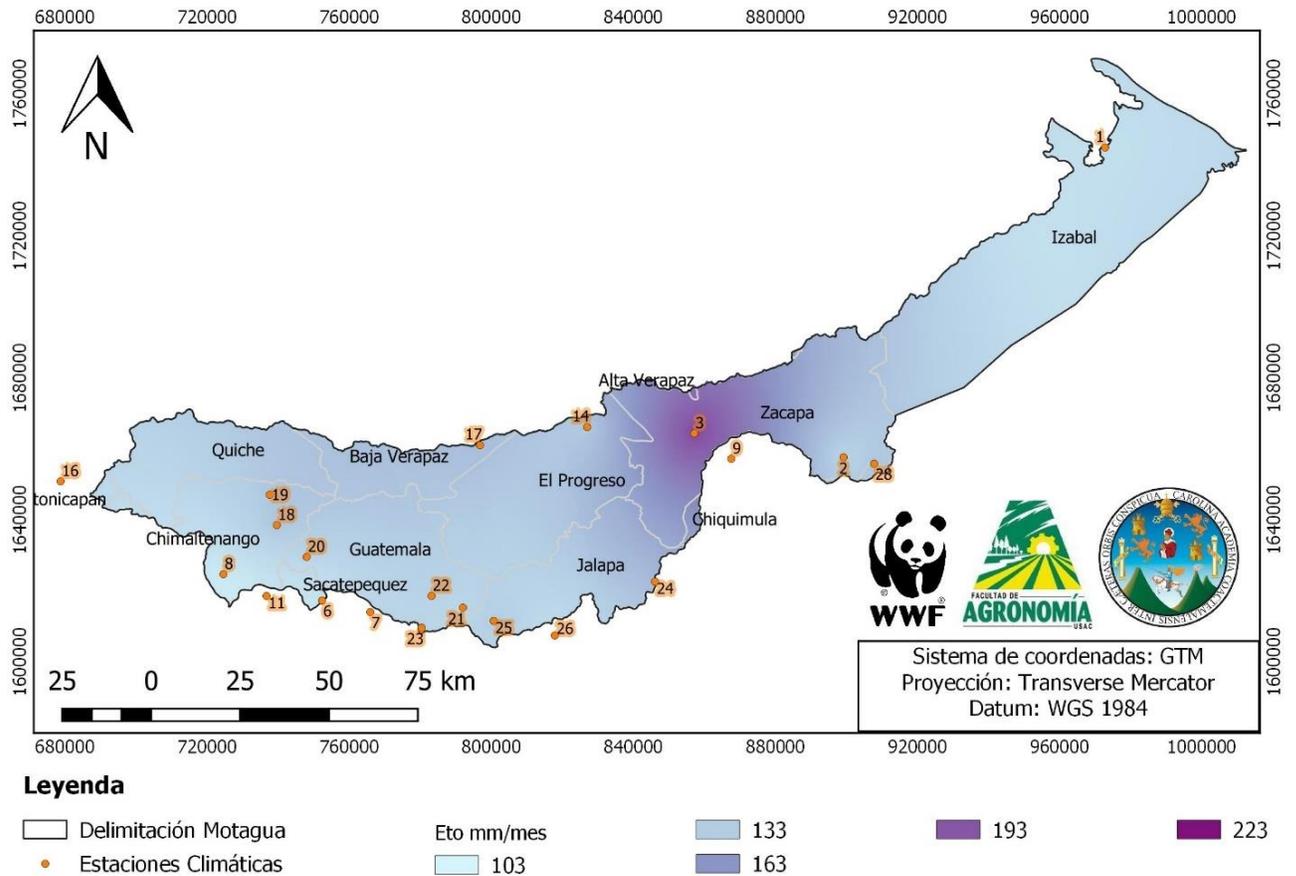


Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 30. Mapa de evapotranspiración para la cuenca del río Motagua, año 2010.

El mapa de evapotranspiración media mensual simula el proceso de transformación de lluvia en escorrentía reproduciendo los procesos esenciales de transporte de agua que tienen lugar en las diferentes fases del ciclo hidrológico, mostrando el valor más alto de 168.4 mm/mes y el más bajo de 93.7 mm/mes. Debido a la falta de datos se crean vacíos dentro de la cuenca, mostrando áreas similares debido a la falta de información en la misma.

En los departamentos de Quiché, El Progreso y Zacapa es donde mayor evapotranspiración ocurre. La estación de 13-San Agustín Acasaguastlán presenta una Eto de 168.4 mm/mes con una temperatura de 28.09 °C y una precipitación de 865.3 mm. Caso contrario, la Eto más baja se encuentra en la estación de 15-San Lorenzo Mármol en donde se presentaba una temperatura de 16.91 °C y una precipitación de 2,688.9 mm.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 31. Mapa de evapotranspiración para la cuenca del río Motagua, año 2019.

Para el año 2019, se muestra una evapotranspiración mínima de 103.2 mm/mes y como la mayor es de 222.9 mm/mes, siendo valores de Eto más altos que los del año 2010.

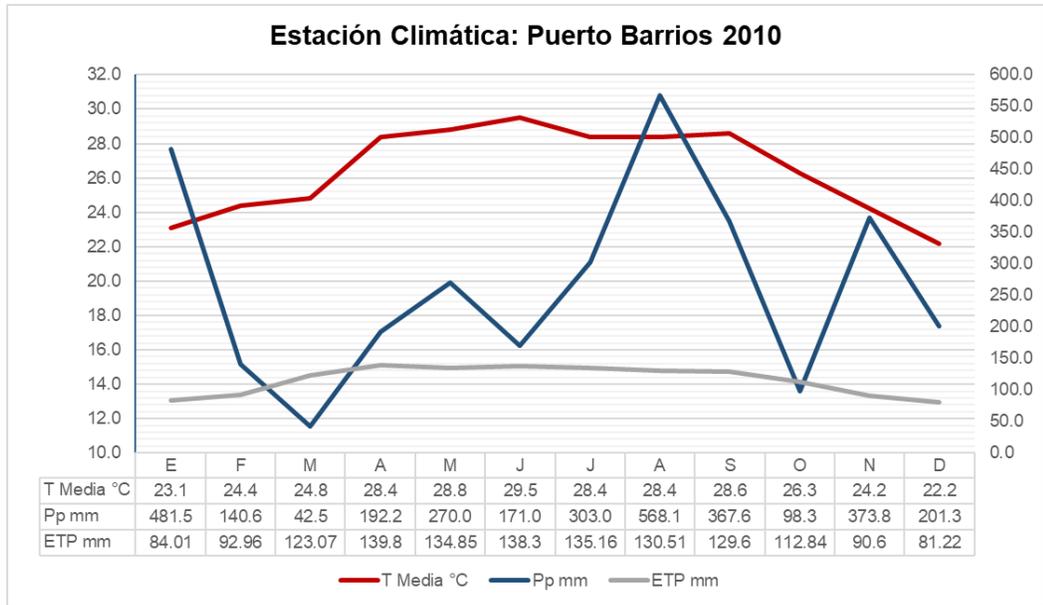
En este caso la Eto más alta se encuentra en 3-Pasabien en donde la temperatura es de 28.28 °C y de precipitación de 611.3 mm. La Eto más baja presenta relación con la temperatura más baja, esta se encuentra en la estación de 16-El Aprisco, donde la temperatura es de 11.22 °C y la precipitación de 1,348.9 mm.

D. Climadiagramas

A partir de los climadiagramas se pudo obtener un buen análisis del comportamiento del clima ya que son representaciones gráficas de los datos climáticos. A continuación, se encuentran divididas las estaciones según la parte de la cuenca en la que se encuentran y se muestra el análisis de 6 estaciones para analizar así el 25 % de las estaciones presentes, tomando 2 de la parte baja, 2 de la parte media y 2 de la parte alta.

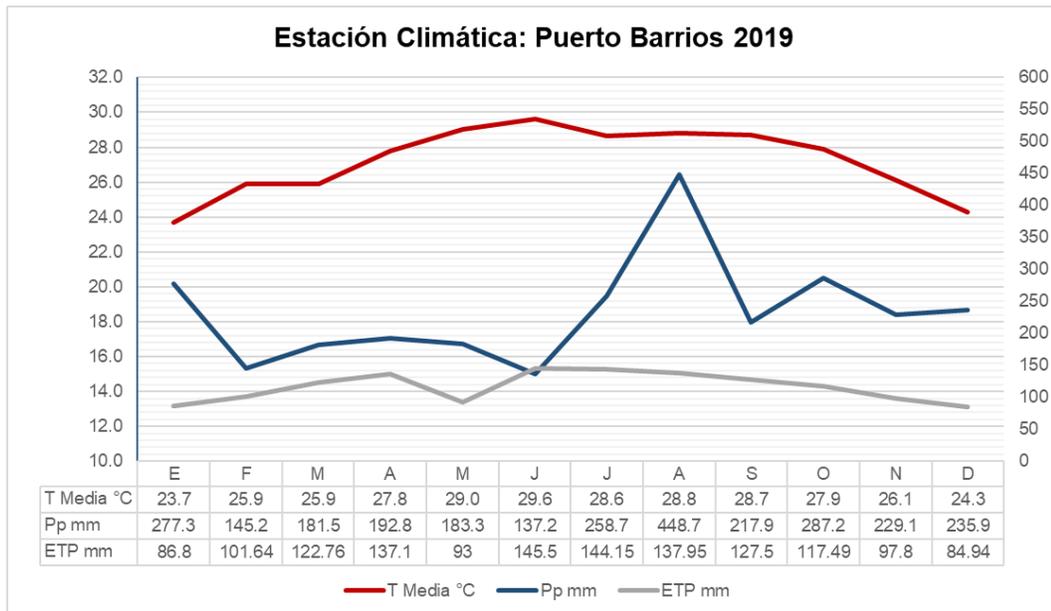
En la parte baja se analizaron las estaciones de 1-Puerto Barrios y 9-La Fragua, en la media las estaciones de 2-La Unión y 3-Pasabien, mientras que en la parte alta se analizaron las estaciones de 7-INSIVUMEH y 11-Alameda ICTA, estaciones que presentan datos en ambos años y que fue posible realizar comparación de las décadas.

La estación climática de Puerto Barrios ubicada en el departamento de Izabal, muestra la mayor cantidad de precipitación del 2010 y del 2019. En el 2010 de abril a septiembre son los meses con mayor temperatura presentan, de igual forma que el 2019, sin embargo, los valores del 2019 son más bajos. En ambos años el mes de agosto es cuando mayor precipitación se presenta. En ambos años la ETP promedio mensual resultad parecida, debido al aumento de temperatura de 2019 y disminución de lluvia. En el mes de marzo existe un déficit hídrico (ETP mayor a la precipitación). En las figuras 32 y 33 se muestran los análisis para la estación de Puerto Barrios en 2010 y 2019.



Fuente: elaboración propia (2020).

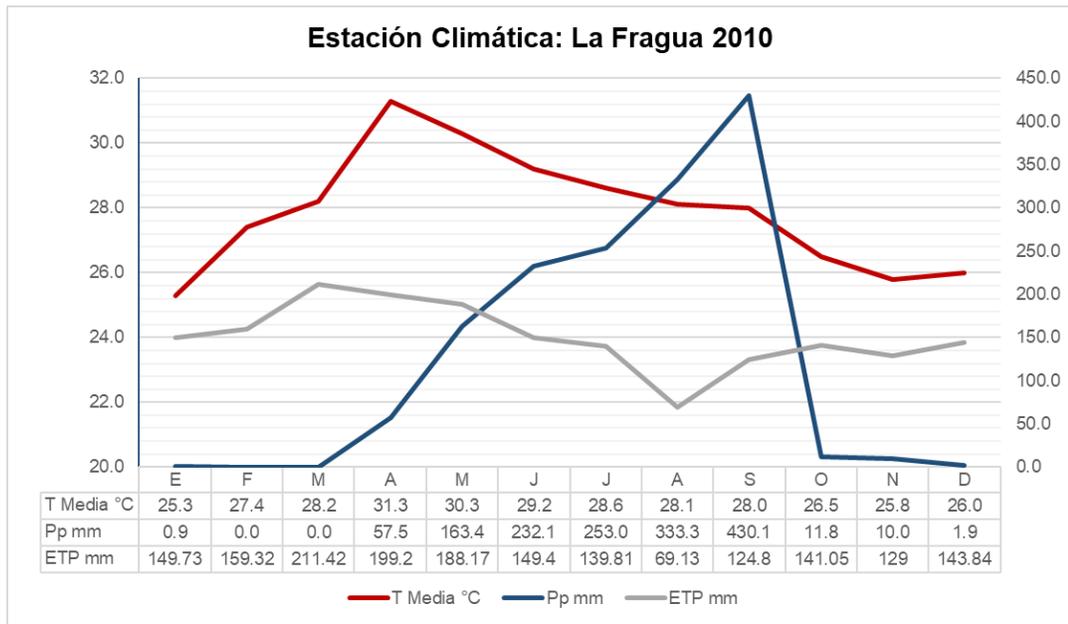
Figura 32. Climadiagrama de la estación meteorológica Puerto Barrios en el año 2010.



Fuente: elaboración propia (2020).

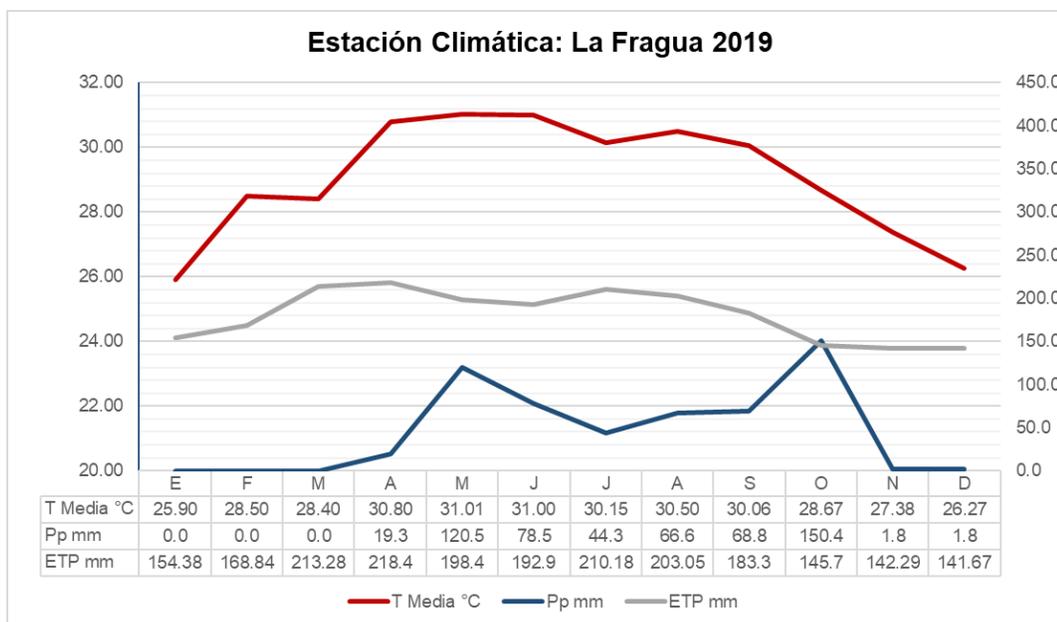
Figura 33. Climadiagrama de la estación meteorológica Puerto Barrios en el año 2019.

En el departamento de Zacapa se encuentra la estación de La Fragua. Durante el 2010 la estación registra una alta precipitación, en donde septiembre muestra el valor más alto. Para el año 2010 desde octubre a abril se evidencia un déficit hídrico donde la ETP es mayor a la precipitación. En el año 2019 presente un déficit hídrico todo el año, debido que la ETP todo el año es mayor a la lluvia. En las figuras 34 y 35 es posible observarse dicha comparación.



Fuente: elaboración propia (2020).

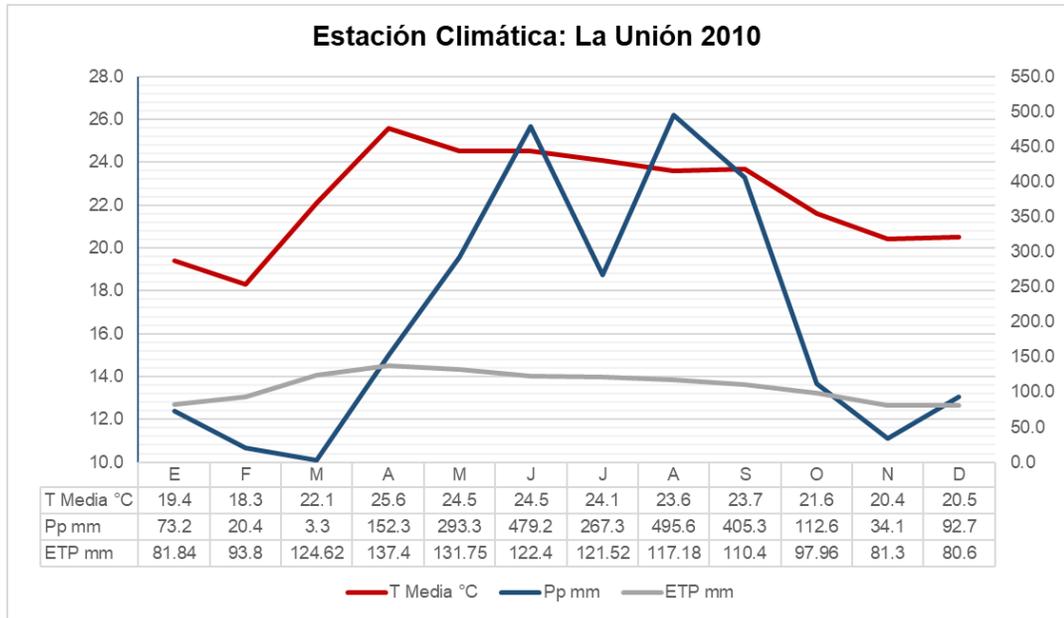
Figura 34. Climadiagrama de la estación meteorológica La Fragua 2010.



Fuente: elaboración propia (2020).

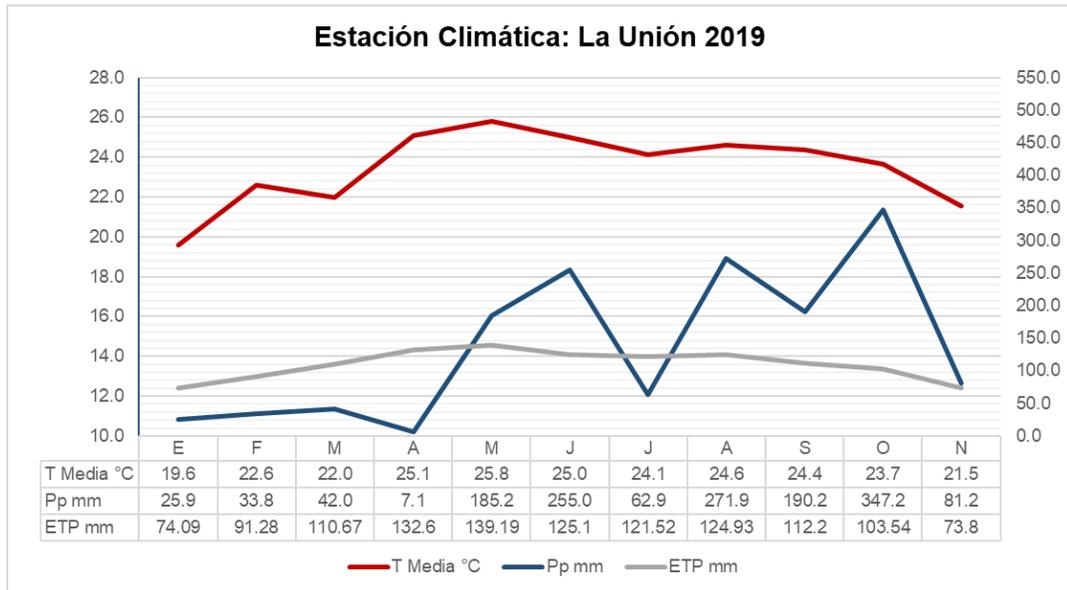
Figura 35. Climadiagrama de la estación meteorológica La Fragua 2019.

En las figuras 36 y 37, se muestran los resultados de la estación de La Unión, que se encuentra en el límite de la parte media, en el departamento de Zacapa. La época lluviosa en esta estación se muestra en diferentes meses, en el 2010 los meses de julio y agosto son los de mayor temperatura y en el 2019 los meses de octubre, febrero, marzo y noviembre presentan déficit hídrico. El año 2019 no presenta registro de datos en diciembre. Esta es una de las estaciones con menor Eto en el año 2019 enero febrero marzo y abril presentan déficit hídrico.



Fuente: elaboración propia (2020).

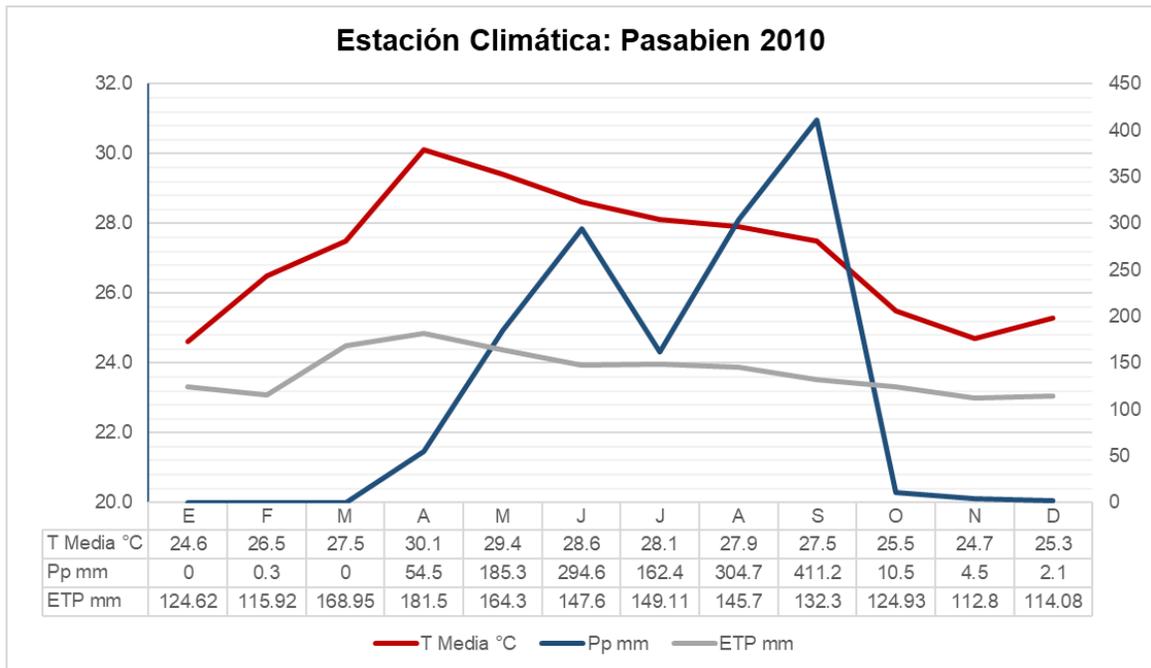
Figura 36. Climadiagrama de la estación meteorológica La Unión 2019.



Fuente: elaboración propia (2020).

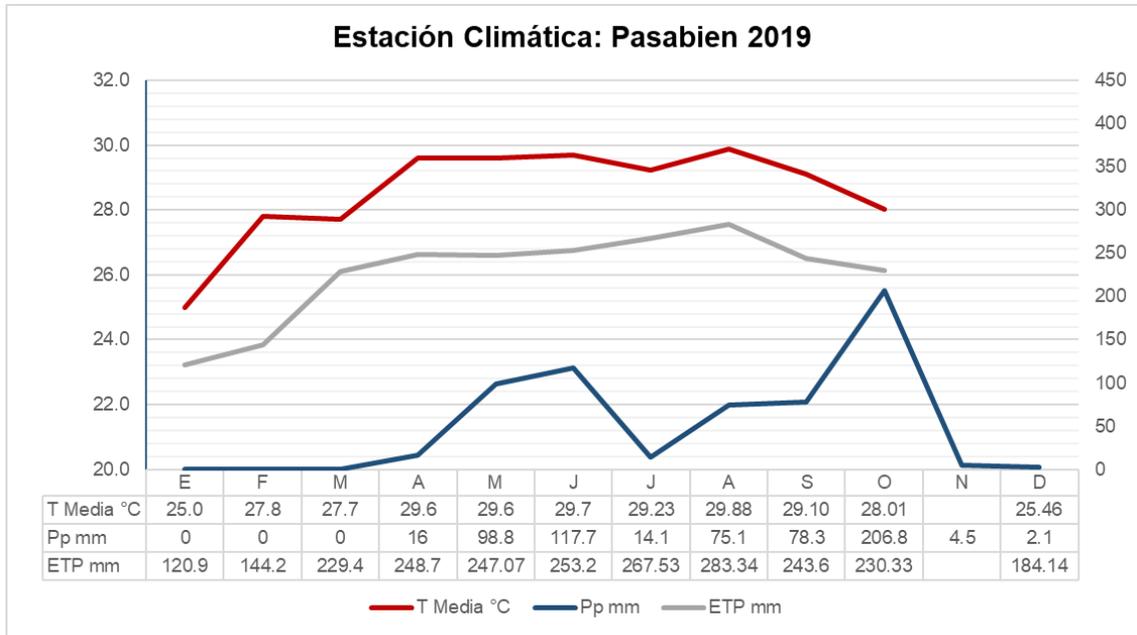
Figura 37. Climadiagrama de la estación meteorológica La Unión 2019.

La estación Pasabien, es de las que muestra mayor temperatura en la cuenca en ambos años. Y la Eto más alta en el año 2019, debido al aumento de temperatura y reducción de precipitación a lo largo de la década. Dicha estación no cuenta con datos completos en el 2019 en el mes de noviembre. Sin embargo, es posible ver la variación de ETp según los datos de temperatura y precipitación de los años 2010 presentan déficit en los meses de octubre a abril y en el 2019 todo el año presenta déficit hídrico.



Fuente: elaboración propia (2020).

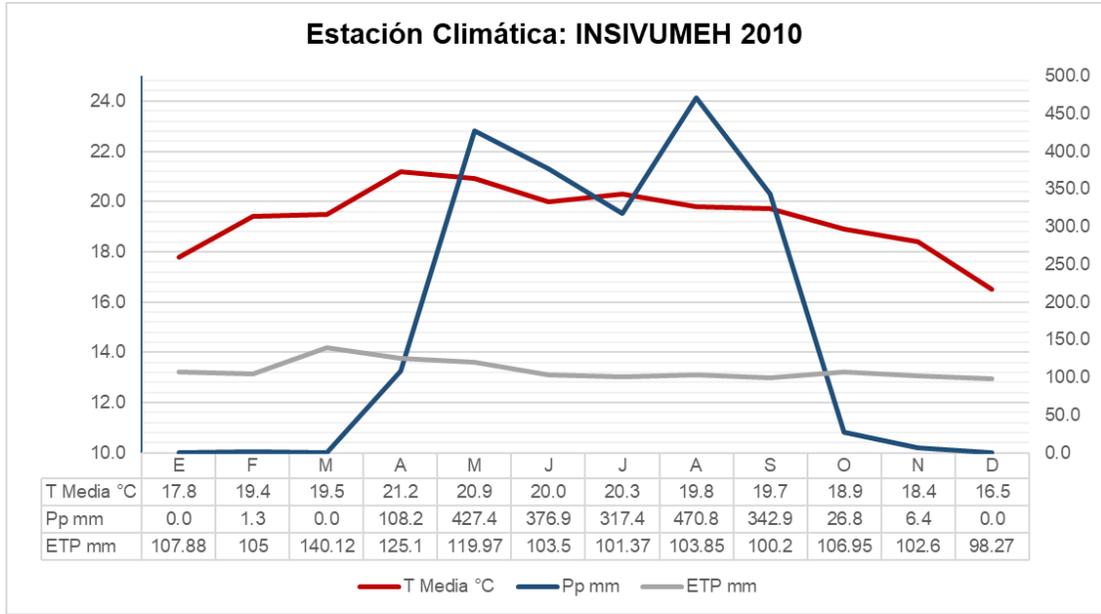
Figura 38. Climadiagrama de la estación meteorológica Pasabien 2010.



Fuente: elaboración propia (2020).

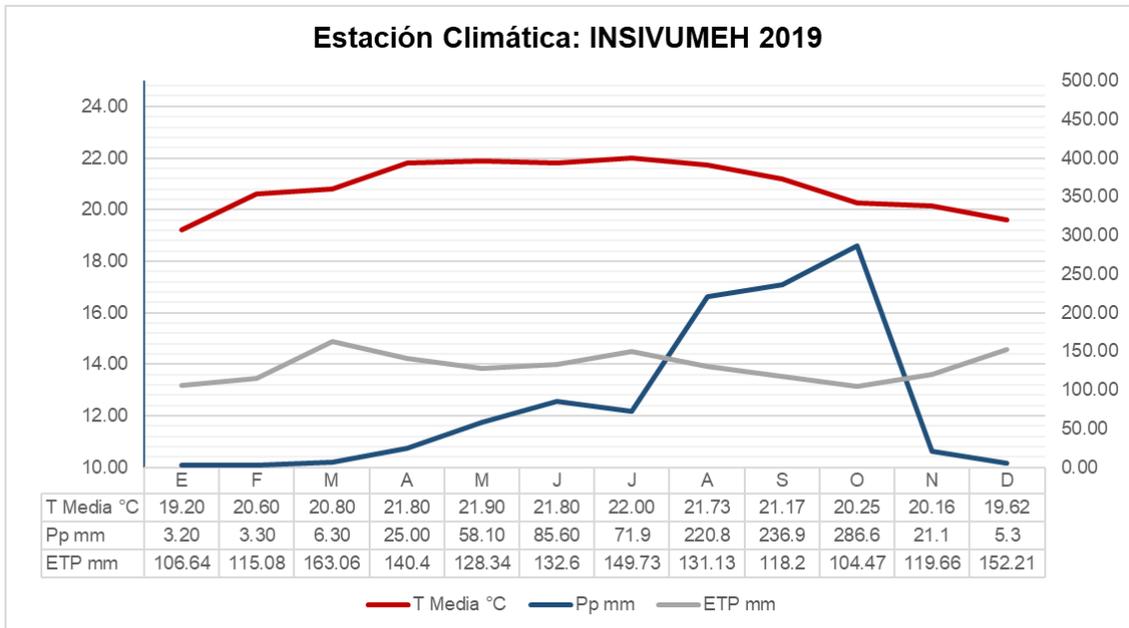
Figura 39. Climadiagrama de la estación meteorológica Pasabien 2019.

La primera estación a analizarse en la parte alta se encuentra en el departamento de Guatemala. En las figuras 40 y 41, se observa la estación INSIVUMEH. Dicha estación muestra temperaturas templadas y lluvias medias. Mostrando de marzo a agosto la época lluviosa en el 2010 y en el 2019 de agosto a octubre. Déficit hídrico 2010 de octubre a abril y 2019 déficit de noviembre a julio.



Fuente: elaboración propia (2020).

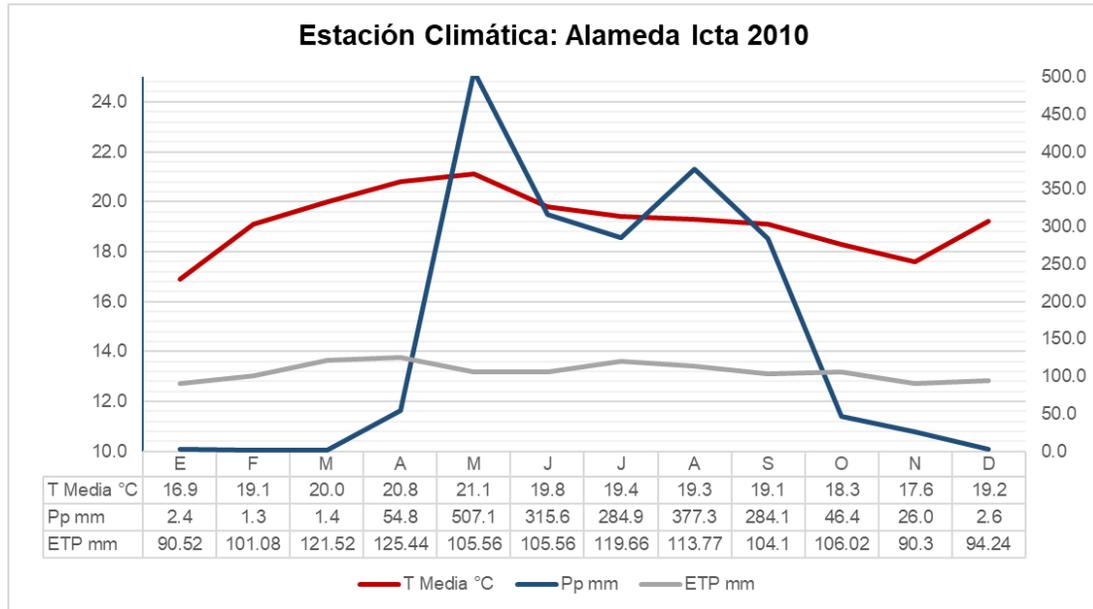
Figura 40. Climadiagrama de la estación meteorológica INSIVUMEH 2010.



Fuente: elaboración propia (2020).

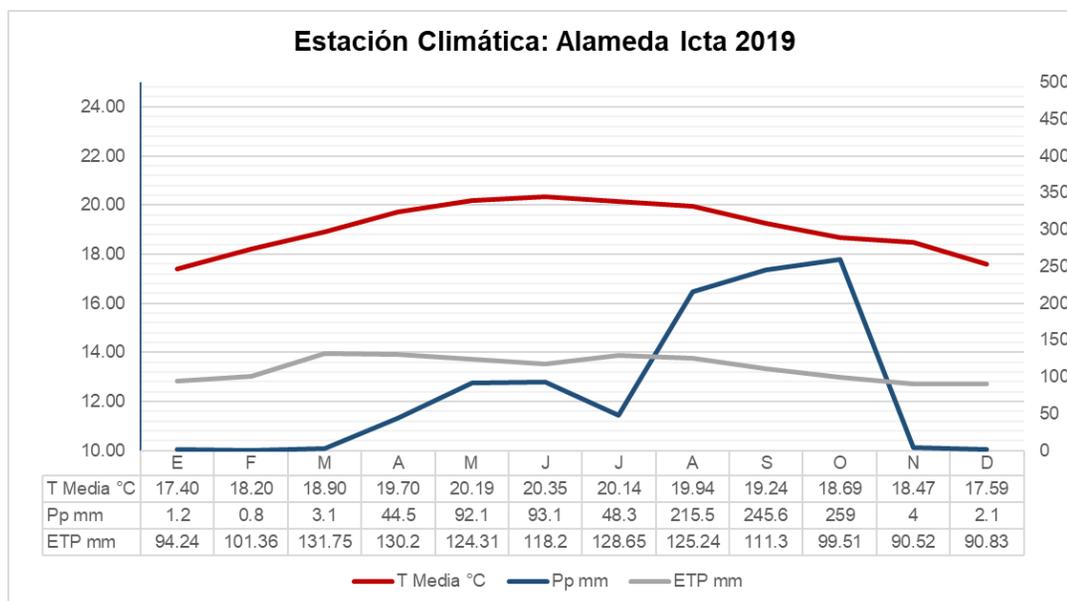
Figura 41. Climadiagrama de la estación meteorológica INSIVUMEH 2019.

La estación Alameda ICTA, representada en la figura 42 para 2010 y en la figura 43 para 2019, se encuentra en Chimaltenango, en donde se tienen de las temperaturas más bajas. Déficit en el 2010 de octubre a abril y en el 2019 de noviembre a julio.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 42. Climadiagrama de la estación meteorológica Alameda Icta 2010.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 43. Climadiagrama de la estación meteorológica Alameda Icta 2019.

E. Índice de aridez de Martonne

Una vez analizadas las precipitaciones y temperaturas se abordaron y estudio la aridez. Para el estudio de la escasez de agua y sus efectos consecuentes expresados en la aridez se aplicó el Índice de Martonne = $P / (T + 10)$ en el que P = son las precipitaciones anuales (mm) y T = Temperatura media anual (°C).

El cálculo de índices numéricos facilita el manejo del concepto de sequía y aridez, La aridez se refiere a una condición hidro-climática permanente, mientras que la sequía describe una disminución del valor normal de la precipitación para un periodo de tiempo dado. (Mercado-Mancera, y otros, 2010) En el cuadro 23 se muestran las clasificaciones de los índices utilizadas tanto en los mapas como en los cálculos anuales.

Cuadro 23. Clasificaciones para el índice de aridez de Martonne.

IA	Clima
>60	Per-húmedo
60-30	Húmedo
30-20	Sub-húmedo
20-15	Semiárido (mediterráneo)
15-05	Árido (estepario)
5-0	Árido extremo (desierto)

Cuando las precipitaciones son muy escasas y las temperaturas son muy elevadas, podremos convenir que estos dos elementos climáticos influyen decisivamente en la aridez de área que estamos analizando. De acuerdo con los datos de las estaciones climáticas de la cuenca del río Motagua a lo largo de los años, se pudo estudiar la evolución desde el 2000 al año 2019. Dicho análisis se realizó con la suma de las precipitaciones anuales y las temperaturas medias anuales. Calculando el índice por cada año en cada estación, durante la década. Es posible observar que a lo largo de los años la cuenca se mantiene dentro de climas húmedos, sin embargo, se da una descendencia que lleva a acercarse a regímenes áridos. En el cuadro 24 se muestra cada una de las estaciones y la clasificación de aridez del año 2010 a 2019.

Cuadro 24. Índice de aridez de Martonne para las estaciones de la cuenca del río Motagua.

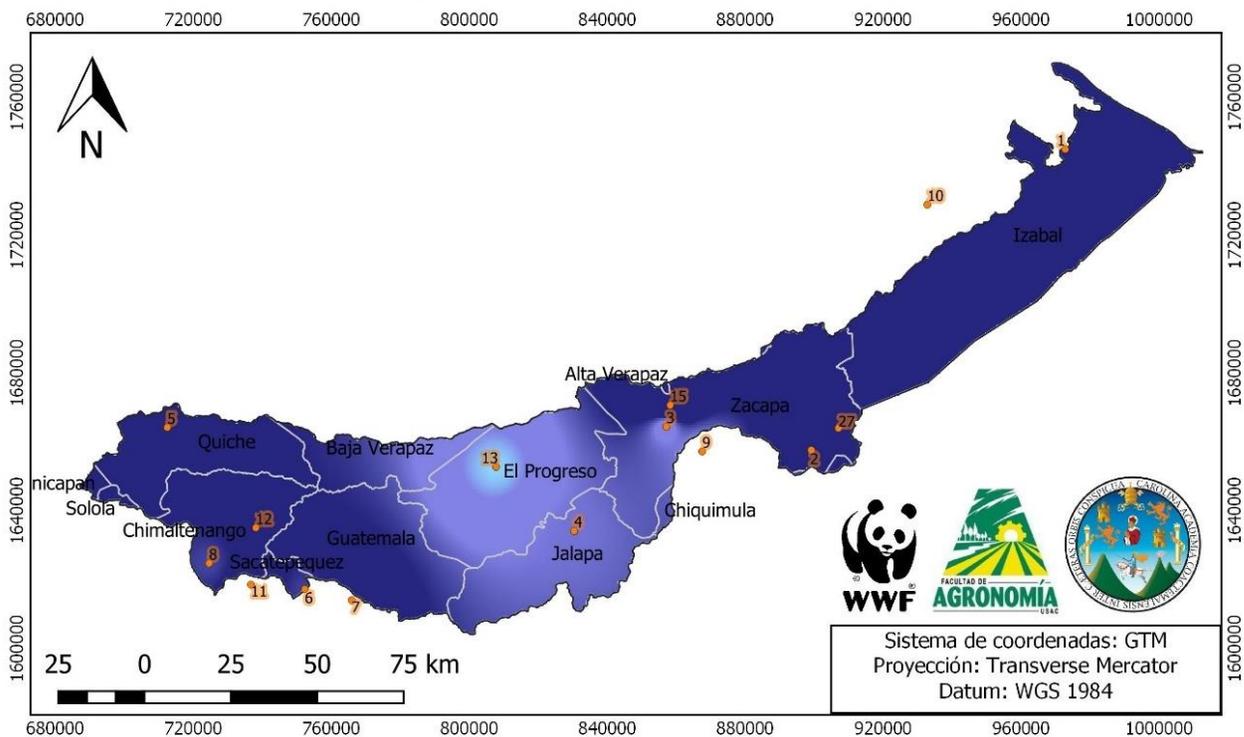
Clave	Estación	Índice de aridez									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Puerto Barrios	88.12	102.57	90.29	110.56	80.54	83.36	99.91	84.86	90.84	75.13
2	La Unión	75.07	64.42	50.81	48.02	63.77	51.68	51.05	61.79	37.29	44.86
3	Pasabien	38.50	29.03	22.78	17.86	28.22	15.68	13.78	30.79	12.69	15.97
4	Potrero Carrillo	48.81	56.00	44.25	38.88	51.59	38.29	31.06	67.43	36.93	
5	Chinique	64.89	45.31	48.55	76.05	63.18	39.75	38.17			
6	Suiza Contenta	56.02	50.16	40.44	49.37	40.26	49.07	34.98	41.93	39.65	39.98
7	INSIVUMEH	70.76	55.55	35.70	47.52	44.79	41.45	32.17	39.16	33.42	33.12
8	Santa Cruz Balanyá	55.36	39.93	30.15	42.73	40.63	42.14	31.83	32.11	30.77	49.41
9	La Fragua	39.43	26.16	20.89	24.81	32.28	14.56	10.81	31.60	10.86	14.13
10	Las Vegas PHCA	58.69	57.61	46.88	49.71	61.90	57.22	44.63	48.59	30.08	
11	Alameda Icta	68.98	45.44	36.72	36.70	39.50	37.95	25.05	27.27	27.53	34.72
12	San Martin Jilotepeque	61.33	57.10	45.53	42.96	39.14	38.33	31.63	37.42	31.57	
13	San Agustín Acasaguastlán	22.72	22.77	22.41	19.22	12.91	17.26	12.46	24.30	16.37	
14	Los Albores		82.29	63.86	53.85	51.77	45.75	29.62	68.61	46.40	42.95
15	San Lorenzo Mármol	99.90	66.18	42.96	20.09			29.25			
16	El Aprisco						38.56	46.05	55.17	47.81	

Continuación cuadro 24.

Clave	Estación	Índice de aridez									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
17	Los Ramones							31.58	61.27	48.29	24.48
18	Catalán De Las Mercedes				58.82	51.1	44.99	19.57	44.08	34.11	12.18
19	Concepción Buena Vista							35.28	67.41	23.6	29.67
20	San José Ocaña								44.77	36.37	21.86
21	El Socorro									41.21	25.58
22	San Jorge									39.9	29.35
23	Agua Tibia									53.91	54.92
24	El Durazno							31.42	36.63	36.07	45.27
25	Vizcaya									16.23	32.14
26	Los Aguijotes										23.12
27	San José Carrizal	69.46	101.73	52.8	48.59	76.26		28.11	87.59	23.46	
28	Veguitas										41.81

Fuente: elaboración propia (2020).

En las figuras 44 y 45, se muestran ambos escenarios en cuanto al índice de aridez.



Leyenda

- | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-----------------------|--------|------------|--------|--|------------|
| | Delimitación Motagua | | Estaciones Climáticas | Aridez | | Húmedo | | Per-húmedo |
| | | | | | Sub-húmedo | | | |

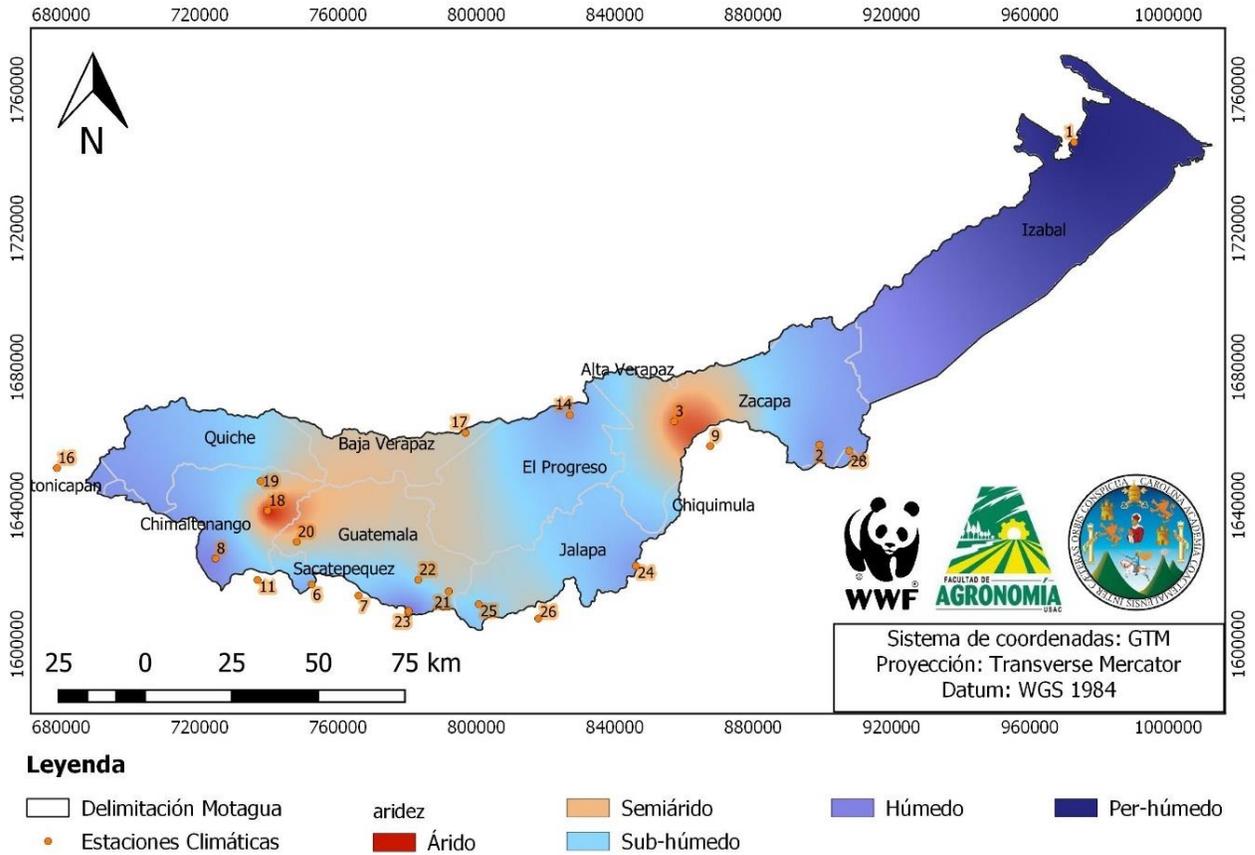
Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 44. Clima según el Índice de aridez de Martonne para la cuenca del río Motagua – 2010.

En el índice anual el valor de 20, es la frontera climática entre zonas semiáridas y húmedas, mientras que del 10 o inferior representa las regiones áridas. Como es posible observarse en la figura 44, para el año 2010, toda la cuenca presentaba un clima húmedo.

La estación de San Agustín Acasaguastlán muestra un índice de 22.72 clasificándose dentro de zonas sub húmedas que describe a la región con escorrentías continuas con

posibilidades de cultivos sin riegos y Puerto Barrios muestra un índice de 88.12 clasificando dentro de un régimen Per-húmedo con escorrentía excesiva.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 45. Clima según el Índice de aridez de Martonne para la cuenca del río Motagua – 2019.

Por el contrario, en el escenario de 2019 encontramos una reducción del área con clima Per-húmedo, mostrando ahora áreas con clima árido y semiárido, que la década anterior no presentaba. Dentro de las estaciones con clima árido se encuentran 3 estaciones, mostrándose el índice más bajo de 6.29. Caso contrario, una estación con clima per-húmedo, reduciendo drásticamente a la década anterior.

Con el fin de conocer de mejor manera el año en estudio, se realizaron los cálculos de aridez de forma mensual para cada estación climática. Teóricamente, en el país se diferencian dos épocas; la época seca, o verano, dura desde noviembre hasta inicios de mayo. Y la época lluviosa, o invierno, usualmente se extiende desde mayo hasta noviembre. En donde los periodos de lluvia más abundantes se encuentran durante septiembre y octubre. En el cuadro 25 se presentan los resultados mensuales para el 2019.

Cuadro 25. Índice de aridez mensual para el año 2019.

Clave	Estación	Índice de aridez											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	Puerto Barrios	98.74	48.53	60.67	61.21	56.4	41.58	80.34	138.67	67.58	90.91	76.11	82.53
2	La Unión	10.5	12.44	15.75	2.43	62.08	87.43	22.12	94.29	66.4	123.74	30.89	
3	Pasabien	0	0	0	4.85	29.94	35.58	4.31	22.6	24.03	65.28		1.52
4	Potrero Carrillo	0.09	5.67	0.41	30.45	49.41	69.66	27.05					
6	Suiza Contenta	2.79	1.15	1.71	14.05	45.3	50.06	28.73	88.6	112.6	121.89	1.97	0.23
7	INSIVUMEH	1.32	1.29	2.45	9.43	21.86	32.3	26.96	83.52	91.19	113.67	8.4	2.15
8	Santa Cruz Balanyá	0.95	0	0	1.4	31.73	84.43	60.41	61.43	223.66	109.09	2.36	0
9	La Fragua	0	0	0	5.68	35.26	22.97	13.24	19.73	20.61	46.67	0.58	0.6
10	Las Vegas PHCA	23.03	25.19	18.2	21.41	57.66	45.83	56.73					
12	San Martín Jilotepeque	1.19	0.88	0	0	74.34	19.3	50.38					
14	Los Albores	13.27	2.12	0.28	17.53	78.83	97.92	17.73	25.99	101.33	124.66	14.99	10.51
16	El Aprisco	7.71	0.65	2.55	19.94	101.97	56.43	37.08	32.07	95.17	177.39		

Continuación cuadro 25.

Clave	Estación	Índice de aridez											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
17	Los Ramones		0.56	0.36	26.69	37.84	51.64	15.76	45.8	78.94	23.02	5.59	0
18	Catalán De Las Mercedes	2.23	0.47	1.28	17.07	39.31	32.37	28.5	12.23	7.03	0	0	
19	Concepción Buena Vista		0	0.43	9.78	69.18	61.12	39.44	0	43.19	130.23	0.33	0.11
20	San José Ocaña			0.09	19.15	0.93	0.89	1.56	30.89	84.91	119.69	2.78	0.9
21	El Socorro	0.73	3.39		29.87	83.83	80.11	2.28	53.57	1.05	40.6	2.56	
22	San Jorge	0.78	0.42	0	16.43	62.61	63.18	17.46	8.03	68.65	129.27	4.11	0
23	Agua Tibia	0	0		24.95	72.21	117.64	20.62	82.62	99.6	215.82	12.55	0.7
24	El Durazno	0.19	19.35	0.22	31.67	89.42	101.03	25.91	47.94	109.25	98.21	1.51	0.82
25	Vizcaya	1.24	0.64	0	13.58	81.39	55.94	14.08	60.28	72.77	72.02	3.06	1.24
26	Los Aguijotes	0	0	0	0	0	0.06	0	0	21.55	45.89	1.65	0
28	Veguitas	20.86	4.4	12.86	6.23	58.46	29.71	27.17	91.59	63.27	141.37	19.19	17.75

Fuente: elaboración propia (2020).

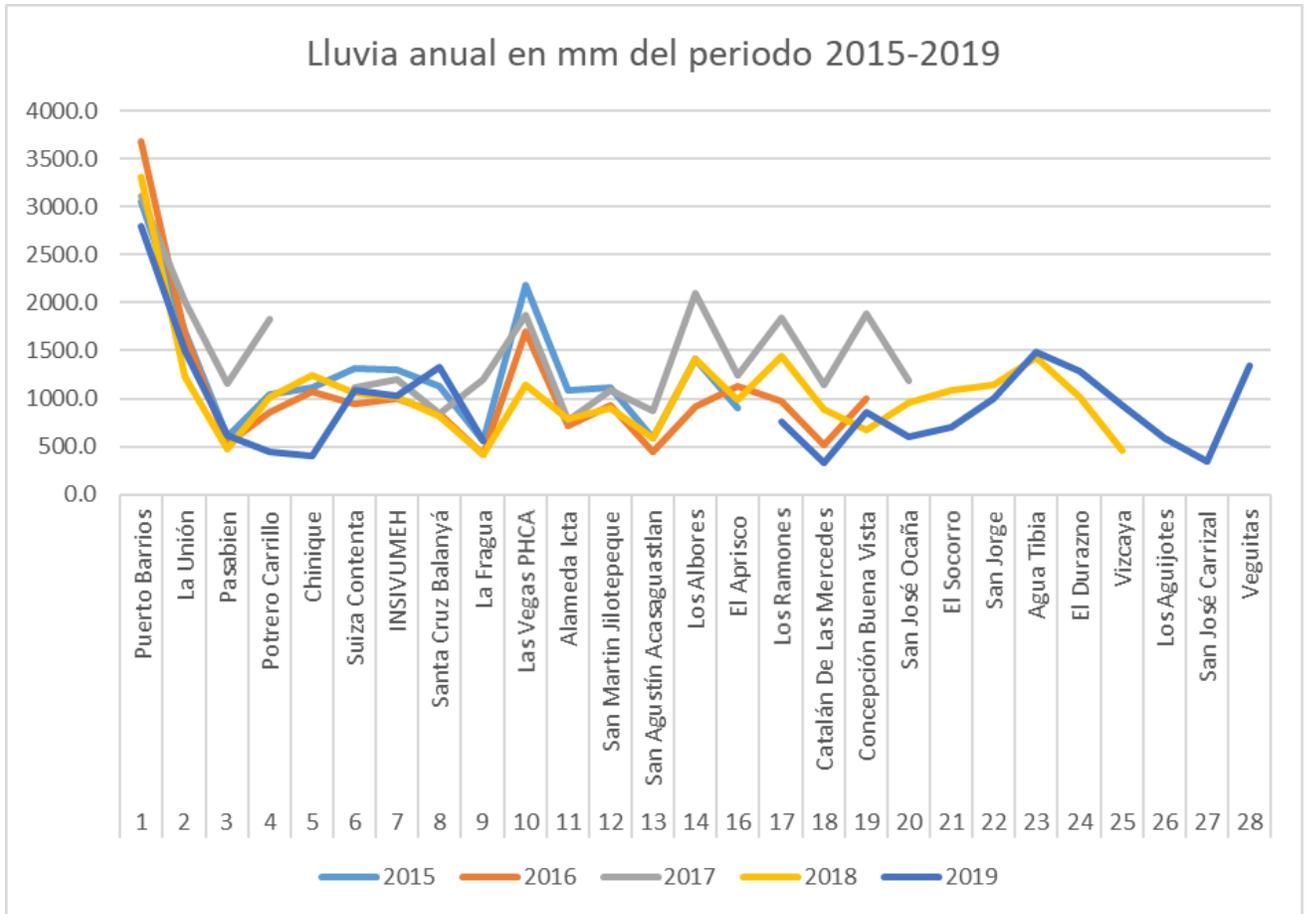
En el cuadro anterior se representan los valores de los cálculos de índices de aridez mensual para el 2019, representando en color cada uno de los climas y dejando en blanco los meses que no contaban con información climática. Es posible observarse en los meses de enero a abril y noviembre y diciembre valores que representan un clima árido, siendo estos en la época seca o de verano. En la época lluviosa es importante prestarles atención a estos valores ya que representan una alteración al clima esperado. Seis estaciones climáticas muestran un índice con clima árido, debido a la baja o inexistencia de lluvia, como lo es en los valores que muestran 0.

En el departamento de Jalapa, la estación 26-Los Agujotes presenta resultados críticos, mostrando únicamente 2 meses con lluvias y 4 meses en la época lluviosa un clima árido extremo, al igual que el resto de meses considerados en la época de verano. La estación 20- San José Ocaña en el departamento de Guatemala, tiene únicamente 3 meses dentro de la época lluviosa que presentan un clima húmedo, al igual que la estación de Chimaltenango 18-Catalán de las Mercedes, mostrando el resto del año un clima árido. La estación 21-El Socorro en el departamento de Guatemala muestra 2 meses con clima árido extremo en la época de invierno. Por último, encontramos a las estaciones que presentan un mes en árido extremo en la época lluviosa, siendo estas 19- Concepción Buena Vista en Chimaltenango y 3-Pasabién en Zacapa.

F. Análisis 2015-2019

De manera general se puede observar en las figuras 46 y 47 la tendencia de cambio del año 2015 al 2019. En las gráficas siguientes se muestra la suma de lluvia anual y temperatura media anual en cada estación, por los 5 años.

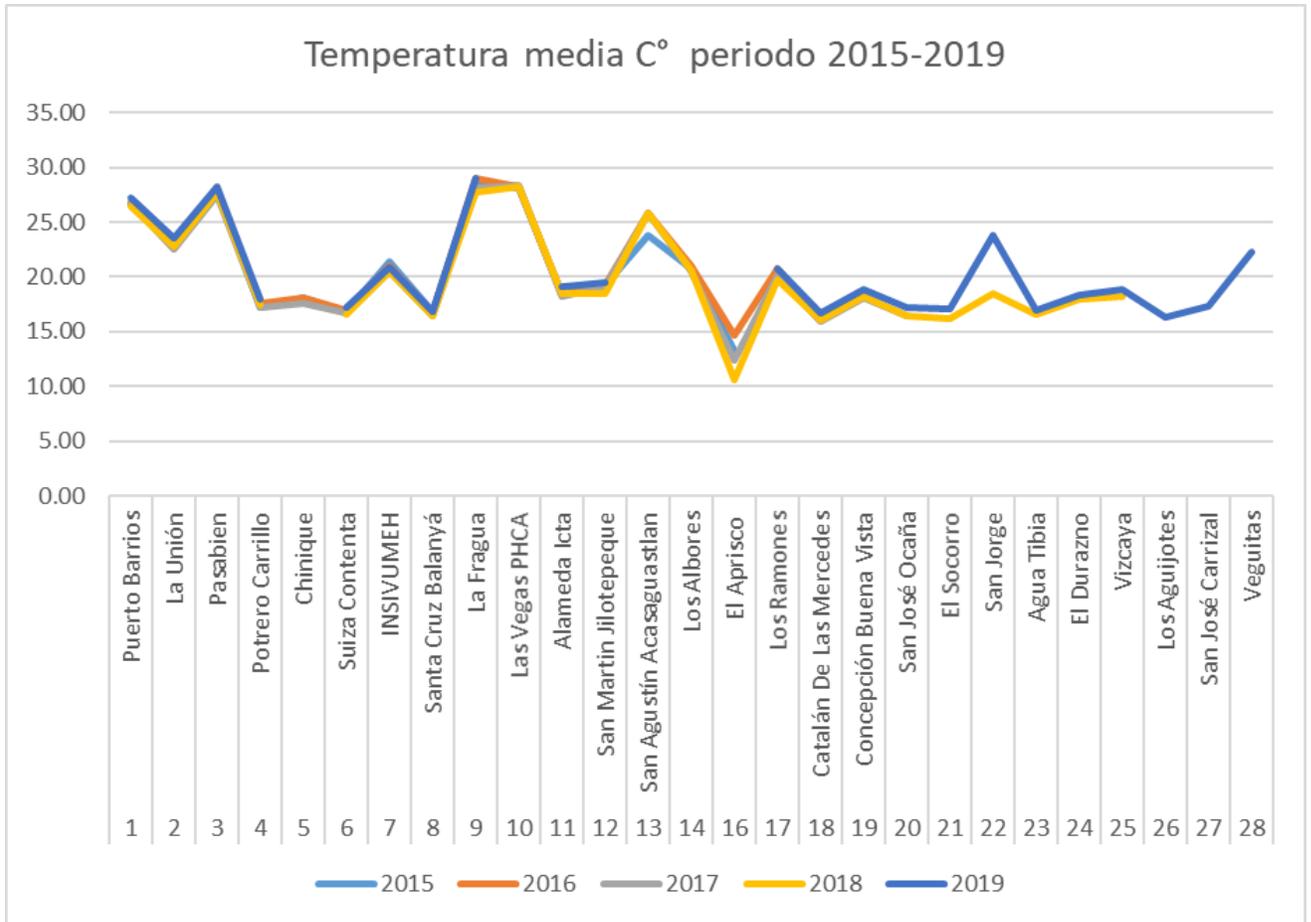
Las gráficas presentan espacios en blanco en las estaciones que no contaban con información en ese periodo. Mostrando en una línea azul el año 2019, de color amarillo es posible observar el 2018, gris el 2017, anaranjado el 2016 y de color azul el 2015.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 46. Lluvia para el periodo 2015-2019.

Debido a que no todas las estaciones cuentan con datos no es posible ver de manera continua el cambio, sin embargo, es posible observarse que el 2019 presenta en varias estaciones una disminución en la lluvia. Es posible observar que el 2017 es el año en que mayor cantidad de lluvia en mm se registró sobre las estaciones dentro de la cuenca.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 47. Temperatura media anual para el periodo 2015-2019.

La tendencia de la temperatura va en aumento, mostrando el año 2019 con las temperaturas más altas. Dicho incremento es posible observarse en la mayoría de las estaciones. El aumento de la temperatura y la reducción de las precipitaciones trae severas repercusiones al medio ambiente y a todos los seres humanos.

2.5.2. Características del suelo

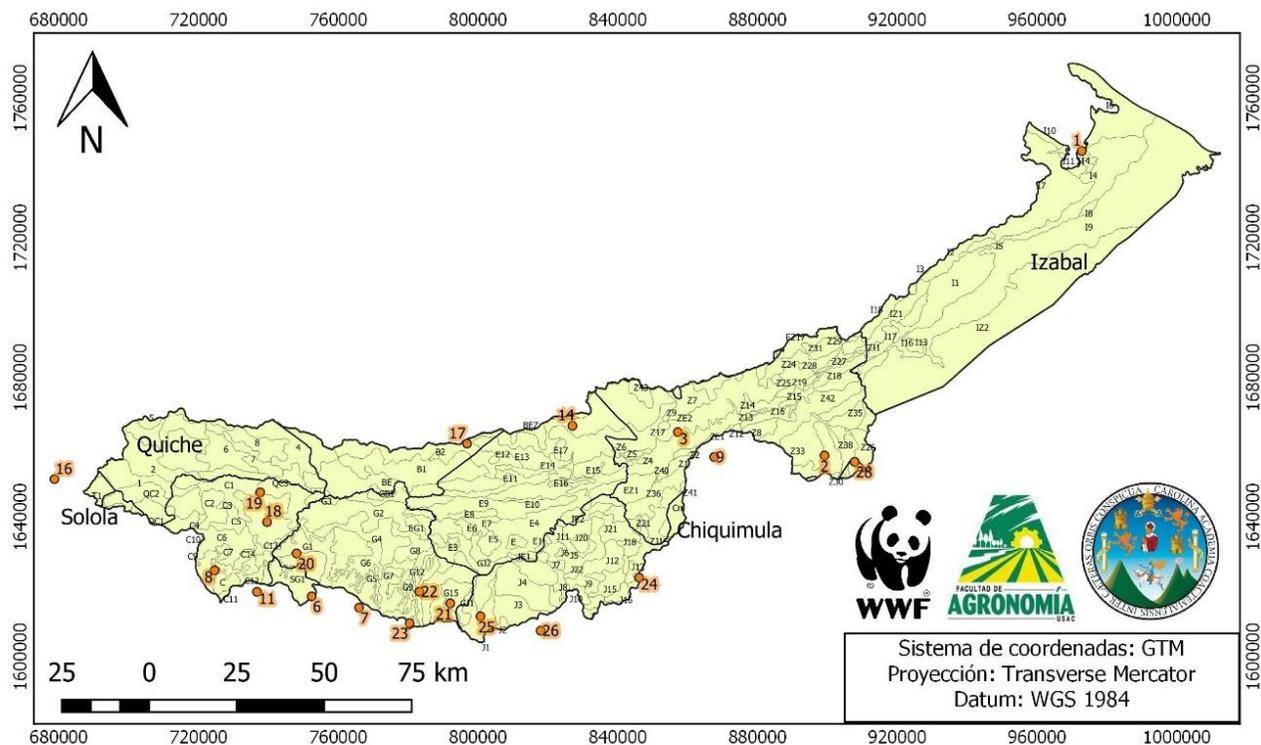
Las características de los suelos tienen gran atribución en aspectos como la capacidad de almacenamiento de agua, que es el factor principal para satisfacer el requerimiento hídrico de las plantas.

El balance hídrico tiene como fin determinar el déficit agrícola de los suelos. (Herrera Ibáñez, 2019) Para este caso se realizó el balance para las diferentes unidades de muestreo encontradas dentro del área. Este método es útil para la evaluación de la recarga hídrica, las entradas (lluvia) y las salidas (evapotranspiración real, escorrentía y retención) se cuantifican utilizando el método propuesto por Schosinsky y Losilla en Costa Rica (2000), por ser muy apropiado para Centroamérica.

A. Unidades de mapeo

Cada polígono se obtuvo del mapa de Serie de Suelos –MAGA-, utilizando la textura superficial del suelo, en donde se encontraron 170 polígonos de diferentes texturas con sus profundidades efectivas respectivas. A través de las texturas se estimaron los valores de infiltración, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

En la figura 48, es posible observarse las unidades de mapeo tomadas en cuenta.



Leyenda

□ Delimitación Motagua

● Estaciones climáticas

Unidades de muestreo



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 48. Mapa de unidades de mapeo de la cuenca del río Motagua.

Cada unidad fue identificada según el o los departamentos en los que se encontraba y un número. Para el balance del suelo, en primera instancia se requieren las entradas, generadas por la lluvia. Para esto se traslaparon los raster de precipitación 2019 y evapotranspiración 2019, en donde en un punto medio dentro de las unidades se tomaron valores de cada uno para obtener los datos de clima según la estación más cercana y poder realizar los cálculos del balance. En las unidades de muestreo en donde existía estación se tomó el dato de las mismas. Considerando así cada unida de mapeo una unidad climática diferente.

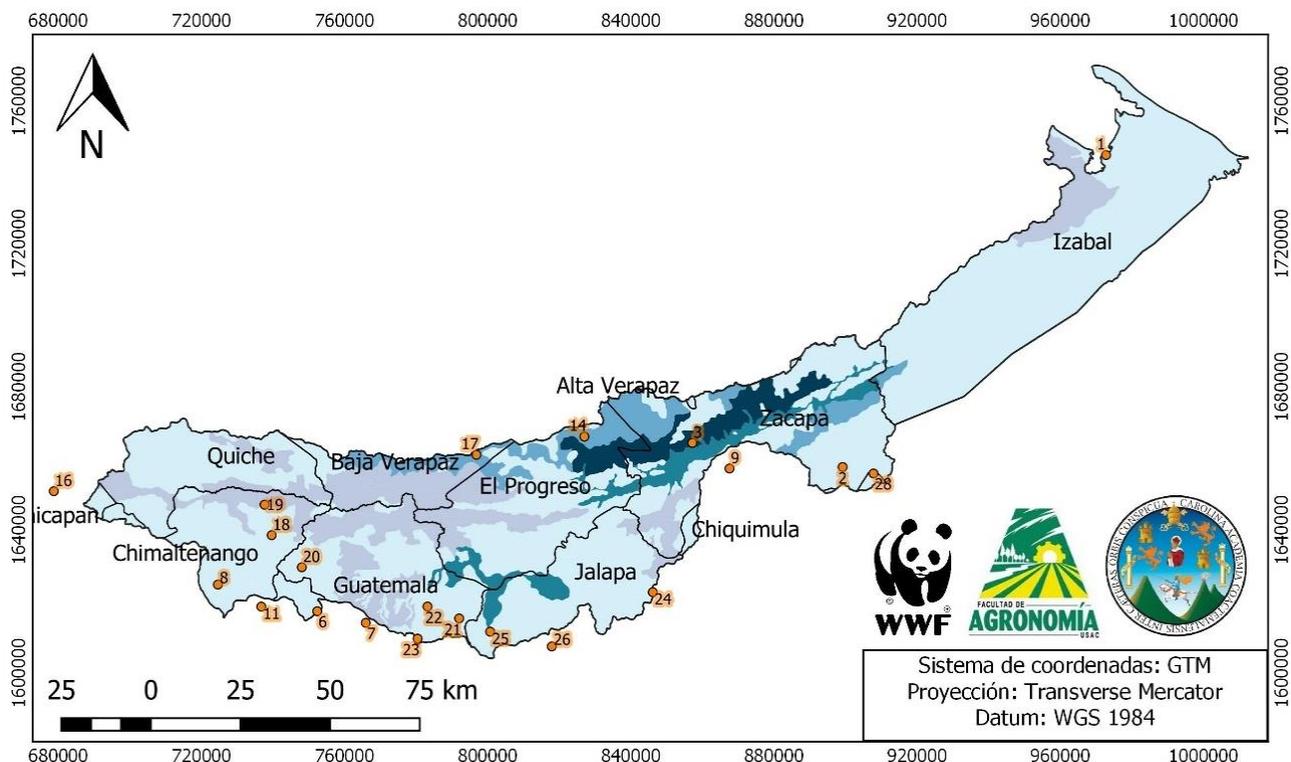
B. Balance hídrico de suelos

El balance hídrico se realiza comúnmente el fin de determinar la evapotranspiración real de los cultivos y el déficit agrícola de los suelos. En particular, pone en evidencia si es necesario poner las tierras bajo riego con miras de proveer a los cultivos el agua necesaria para obtener el rendimiento óptimo. (Herrera, I. 2019)

La necesidad de riego muestra la cantidad de agua que habría que agregar al para mantener el suelo siempre a capacidad de campo. En este caso se presentan los resultados de forma anual sumando las necesidades de cada mes. Cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo este tiene la humedad ideal, para obtener la máxima producción de un cultivo, ya que la planta evapotranspira sin necesidad de cerrar estomas. (Schosinsky, 2007)

El volumen total que la cuenca necesita de riego durante el año es de 14,734,970,116.29 m³, las áreas con mayor necesidad se encuentran en el departamento de Zacapa y en Guatemala.

La figura 49, muestra las necesidades de riego a lo largo de la cuenca.



Leyenda

- Delimitación Motagua
- Estaciones climáticas

Necesidad de riego en m³ /año

- 63286 - 247,762,132
- 247,762,132 - 495,460,978

- 495,460,978 - 743,159,824
- 743,159,824 - 990,858,670
- 990,858,670 - 1,238,557,517

Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 49. Mapa de necesidad de riego para la cuenca del río Motagua.

Cuando la cantidad de agua que infiltra es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y además satisfacer la evapotranspiración de las plantas se produce una recarga al acuífero.

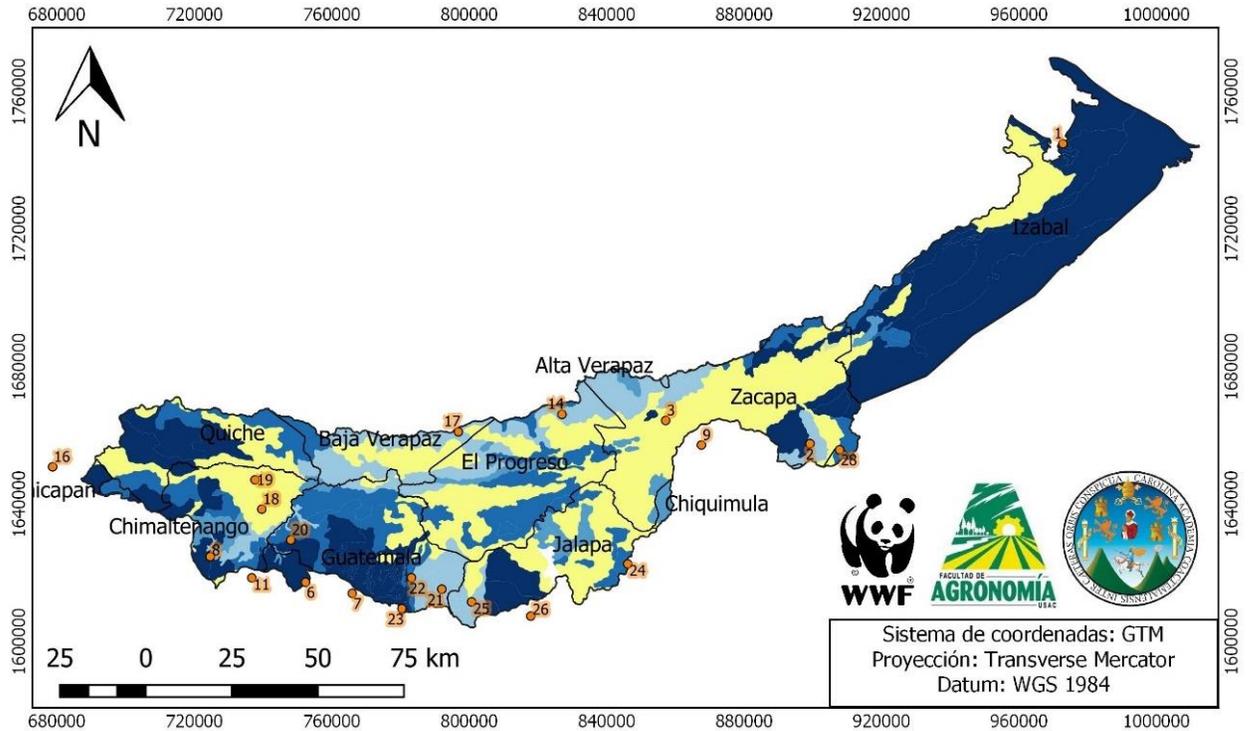
Para la cuenca del río Motagua se cuantificó la recarga hídrica en cada una de las unidades de mapeo definidas, posteriormente se realizó una clasificación según la lámina de agua que cada unidad aporta a la recarga, tomando en cuenta las categorías definidas para Guatemala por Herrera (2019) que se muestra en el cuadro 26.

Cuadro 26. Clasificación de áreas de recarga hídrica.

Volúmenes de recarga potencial	Clasificación de recarga hídrica
Mayor a 300,000 m ³ /km ² /año	muy alta
150,000 a 300,000 m ³ /km ² /año	alta
50,000 a 150,000 m ³ /km ² /año	media
10,000 a 50,000 m ³ /km ² /año	baja
Menor a 10,000 m ³ /km ² /año	muy baja

Fuente: elaboración propia (2020).

Posteriormente de la determinación de las zonas de mayor recarga hídrica natural para cada unidad de muestreo de la cuenca del río Motagua y de asignar una clase a cada una, se procedió a realizar el mapa de clasificación de la recarga hídrica natural que se presenta en la figura 50.



Leyenda

- Delimitación Motagua
- Estaciones climáticas

- Categoría**
- Muy Alta
 - Alta

- Media
- Baja
- Muy Baja
- Nula

Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 50. Mapa de recarga hídrica para la cuenca del río Motagua.

Finalmente, en el cuadro 27, se muestra el resumen general del balance hídrico de suelos realizado para la cuenca del río Motagua, en él se obtiene de resultado que el volumen de los factores de salida del sistema, es ligeramente mayor, por 118,950,819.62 m³/año, que el volumen de entrada que es la precipitación pluvial, esto refleja un error aceptable de balance hídrico de 0.73 %.

Cuadro 27. Balance hídrico de suelos de la cuenca del río Motagua.

Entrada		Salidas		%
Factor	m ³ /año	Factor	m ³ /año	
Precipitación pluvial	16,355,597,310.60	Evapotranspiración real	6,380,299,834.90	39.01
		Escorrentía superficial	6,719,022,332.66	41.08
		Recarga hídrica potencial	3,375,225,962.66	20.64
Sumatoria	16,355,597,310.60	Sumatoria	16,474,548,130.22	100.73

Fuente: elaboración propia (2020).

Del cuadro anterior es apreciable notar el aporte que hace la escorrentía superficial en el balance hídrico (41.08 % del total de la precipitación) siendo el responsable de la mayor cantidad de las salidas del sistema. Siguiéndole por la evapotranspiración real y teniendo a la recarga hídrica potencial con menores salidas.

2.5.3. Características del cultivo

La agricultura de subsistencia representa el 53 % de los productores y es la encargada de la producción del 67 % de los granos básicos del país. El frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) en conjunto con el maíz (*Zea mays*) son pilares de gastronomía y alimentación guatemalteca, especialmente en las áreas rurales.

En Guatemala hay 14 diferentes zonas de cultivo y el maíz se adapta a todas ellas, dependiendo de su cultivo sobre el nivel del mar, produce diferentes tipos y calidad de maíz. Mientras tanto, el frijol se cultiva en todo el país. (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala (IARNA), 2010) Considerando la importancia de los granos anteriormente mencionados es necesario conocer sus

necesidades de agua y si la cuenca puede aportarlo o es necesario un sistema externo de riego.

Para el frijol se consideran dos épocas de siembra, la primera conocida como la época de primavera que da inicio al año agrícola del frijol y es realizada entre mayo-junio. En este caso es considerada la siembra el 1 de mayo. Y la segunda época que está considerada entre los meses de septiembre-octubre, es tomado para este caso el 1 de octubre como el día de siembra. (Villatoro Mérida, Castillo Monteroso, & Franco Rivera, 2011) Mientras para el maíz, se realiza durante abril a mayo la principal época de siembra, tomando en este caso el 15 de abril para la siembra, y la de segunda el 1 de octubre. (Fuentes López, 2002)

A continuación, el cuadro 28 muestra el resumen con la información utilizada para calcular las necesidades de riego.

Cuadro 28. Épocas de siembra, ciclo y coeficiente de cultivo (Kc) para los cultivos de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Cultivo	Valores	Inicial	Desarrollo	Medio	Final	Total de días	Fecha de siembra
Frijol	Días	25	25	30	20	100	Mayo y Octubre
	Kc	0.4	0.775	1.15	0.35		
Maíz	Días	30	40	50	30	150	Abril y Octubre
	Kc	0.79	0.995	1.2	0.6		

Fuente: elaboración propia (2020).

La diferencia en la evaporación y la transpiración del cultivo de referencia con respecto a un cultivo en particular es conocido como el coeficiente del cultivo (Kc), este permite calcular el consumo de agua a partir de la ETR. Los valores de Kc son obtenidos de FAO- Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos 2006.

El uso consuntivo del agua de riego se define como el volumen de agua necesario para compensar el déficit entre la evapotranspiración potencial y la precipitación efectiva durante la época de crecimiento del cultivo. A continuación, se muestran los resultados para ambos cultivos en el 2019 en milímetros por día.

El uso consuntivo de agua determinado para el maíz es de 10.97 mm/día, valor máximo que se presenta en la estación Pasabién durante la etapa mediados del ciclo; de igual forma en el frijol, el valor máximo se encuentra en la estación Pasabién presentando un valor de 9.92 mm/día.

En el cuadro 29, se muestra el promedio del uso consuntivo de mm/día en ambos cultivos, mostrando los valores de las dos siembras consideradas anteriormente para cada cultivo.

Cuadro 29. Uso consuntivo en mm/día para los cultivos de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Frijol	1.93	1.61	3.71	2.65	5.47	3.41	1.66	1.08
Etapa	Inicial		Desarrollo		Media		Final	
Maíz	3.06	4.05	3.40	4.76	3.72	5.69	2.69	2.20

Fuente: elaboración propia (2020).

Una vez conocido el uso consuntivo, se estableció la precipitación efectiva (precipitación disponible), dicho cálculo fue realizado a través del programa CROPWAT de FAO.

A. Necesidad de riego

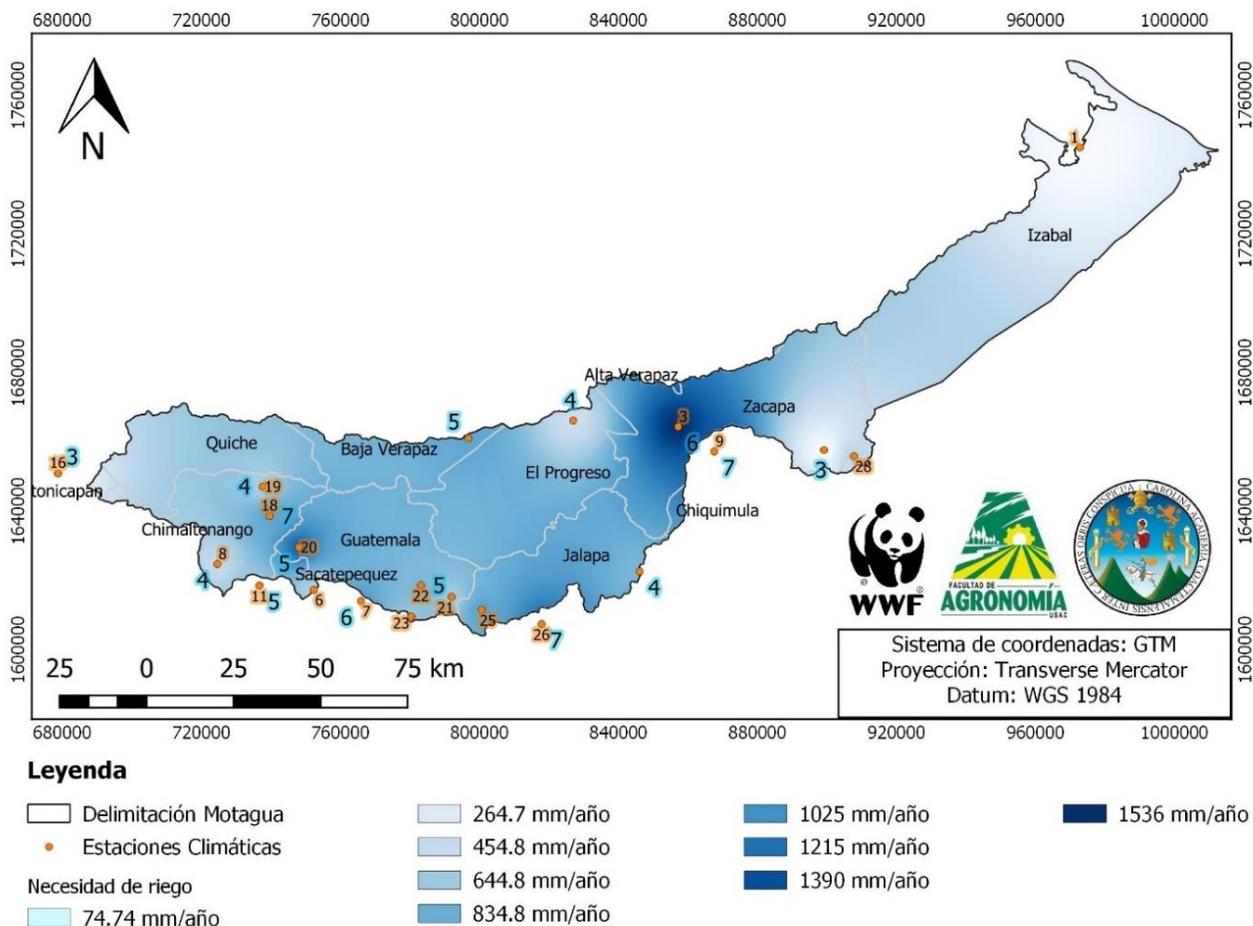
La necesidad de riego representa la diferencia entre el requerimiento de agua del cultivo y la precipitación efectiva. Es decir que el uso del agua en la producción agrícola se establece en función de las necesidades de riego de los diferentes cultivos, referido a la cantidad de

agua y al momento de su aplicación, a fin de alcanzar un equilibrio entre la cantidad de agua requerida por el cultivo, en compensación por la pérdida por evapotranspiración, y la precipitación efectiva. (González, Saldarriaga, & Jaramillo, 2010)

Para cada estación se calculó el uso consuntivo en milímetros por mes. Cuando el uso consuntivo es menor que la precipitación efectiva se asume que no existe necesidad de riego complementario. Por el contrario, la diferencia entre el uso consuntivo del cultivo y la precipitación efectiva es el riego bruto que se va a necesitar para atender los requerimientos de agua en las diferentes fases del cultivo.

Para el frijol se observa que en todas las estaciones es necesario riego para que la planta se desarrolle al máximo, en color azul se muestran los meses que es necesario riego en las estaciones. La estación 1-Puerto Barrios necesita únicamente 1 mes de riego, requiriendo un total de 32.97 mm/ciclo del cultivo. Por el contrario, las estaciones 9-La Fragua, 18-catalán de las mercedes y 26-Los agúijotes se necesitan 7 meses de riego, necesitando 553.55 mm/año, 353.36 mm/año, 482.26 mm/año respectivamente.

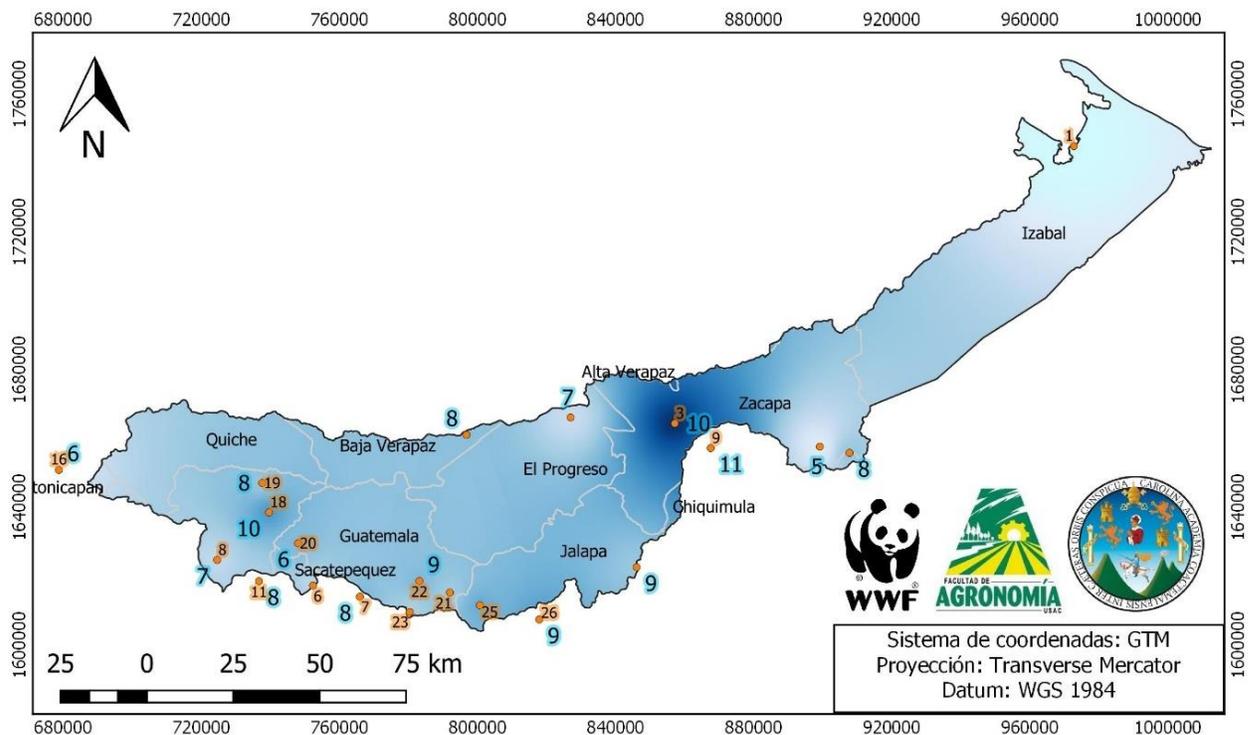
En las figuras 51 y 52 se presentan las necesidades de riego para frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*) respectivamente.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 51. Mapa de necesidad de riego anual para frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la cuenca del río Motagua para el año 2019.

En el caso del maíz todas las estaciones necesitan riego en alguna de las etapas para suplir las necesidades necesarias. Al igual que en el frijol, la estación de 1-Puerto barrios es la que necesita menos meses de riego, únicamente se necesitan 2 meses. En Zacapa, la estación 9-La fragua se necesitan 11 meses de lluvia para el desarrollo del maíz, necesitando 1,309.30 mm/año.



Leyenda

Delimitación Motagua	Necesidad de riego	454.8	1025	1536
Estaciones Climáticas	74.74	644.8	1215	
	264.7	834.8	1390	

Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 52. Mapa de necesidad de riego anual para maíz (*Zea mays*) en la cuenca del río Motagua para el año 2019.

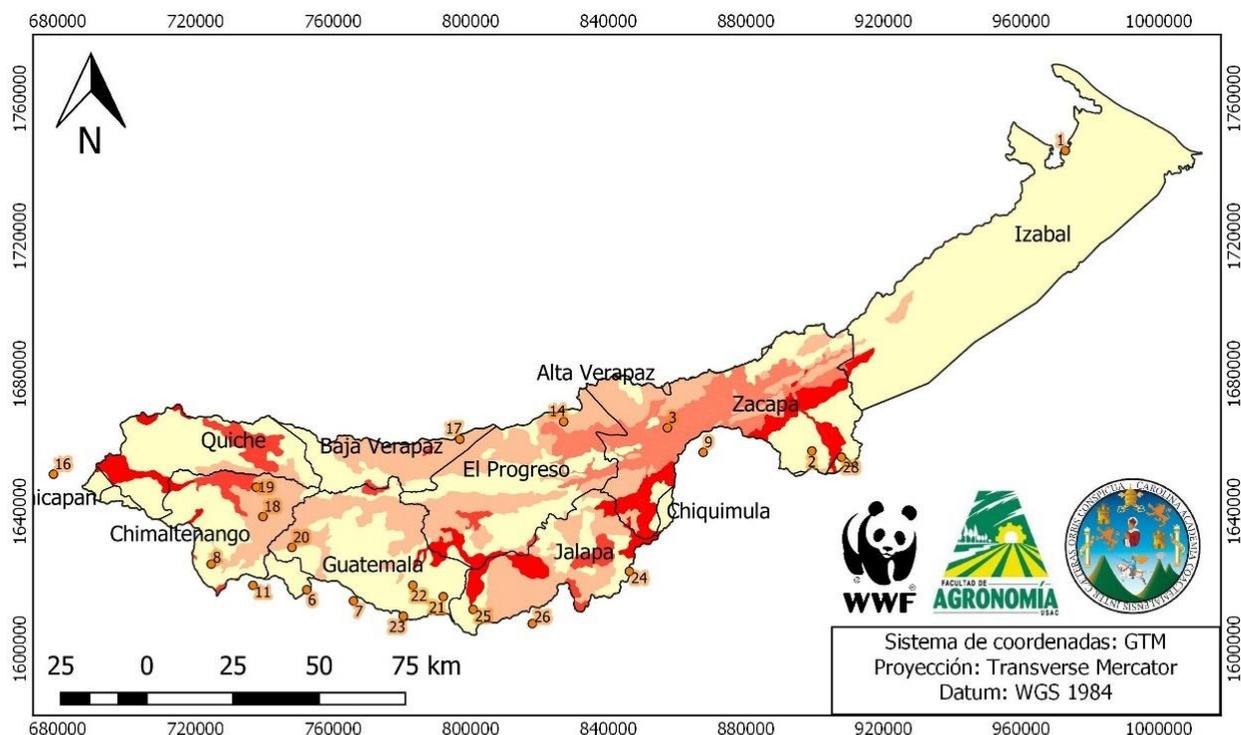
2.5.4. Áreas críticas por sequía agrícola

La sequía agrícola se caracteriza por falta de humedad de forma natural en el suelo, que se manifiesta por desarrollo vegetativo menor o nulo y, por ende, en reducción en los rendimientos. Si ocurre en periodos tempranos, afecta la fase de siembra, y en etapas avanzadas puede reducir drásticamente la densidad de los cultivos y su rendimiento. (Velasco, Ochoa, & Gutiérrez, 2005) Es por esto que es necesario tomar en cuenta los diferentes factores como suelo, planta y clima para caracterizarla.

Es decir, que la sequía agrícola se considera como déficit de humedad en la zona radicular para satisfacer las necesidades de un cultivo en un lugar y en una época determinada. Dado que la cantidad de agua es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de la misma planta, no es posible establecer umbrales de sequía agrícola válidos ni tan siquiera para un área geográfica. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, España (MITECO), 2019) Es por esto que los cálculos fueron realizados a lo largo del año 2019, considerando las diferentes necesidades en cada etapa.

A partir de las diferentes variables anteriormente analizadas se obtuvo el mapa de sequía, considerando las áreas más críticas las que necesitan mayor riego. Para esto se realizó de nuevo el balance de suelos por las 170 unidades de muestreo consideradas, sustituyendo la evapotranspiración real, por la evapotranspiración del cultivo, considerando las dos épocas de siembra y los requerimientos de K_c obtenidos según cada etapa vegetativa. Teniendo así integrado el factor suelo, lluvia y cultivo.

En el caso del frijol en el departamento de Zacapa es el más crítico para el cultivo, siendo el lado contrario, el departamento de Izabal el más favorable para el desarrollo y establecimiento del mismo. Tal como se muestra en la imagen 53 los valores se muestran agrupados en 5 rangos, en donde el más crítico ocupa el 8.63 % de la cuenca necesitando de riego entre 2,187 mm y 2,729 mm de riego para que el cultivo pueda desarrollarse. Siguiéndole con un porcentaje muy bajo del 0.66 % el área que necesita entre 1,646 mm y 2,187 mm. Y con una necesidad de 1,104 mm a 1,646 mm se tiene un 7.33 % del área total de la cuenca. En el 24.17 % del área se requieren de 562 mm a 1,104 mm de riego mientras que el 59.18 % se encuentra en mejores condiciones para el frijol, necesitando un riego de 20 mm a 562 mm de agua para que el cultivo pueda desarrollarse de la mejor manera.



Leyenda

- Delimitación Motagua
- Estaciones climáticas

Necesidad de riego en mm

- 20 - 562
- 562 - 1,104

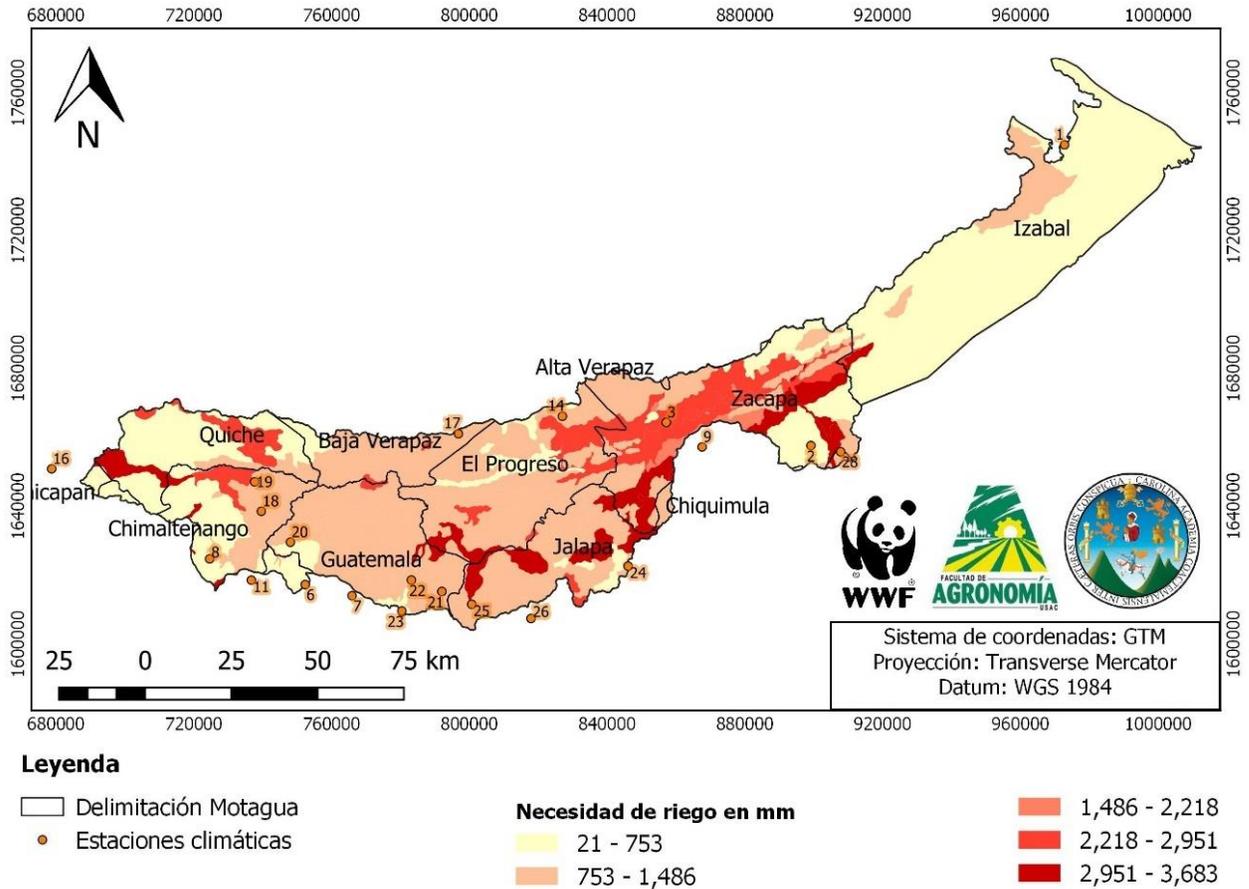
- 1,104 - 1,646
- 1,646 - 2,187
- 2,187 - 2,729

Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 53. Sequía agrícola para el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la cuenca del río Motagua.

Por el otro lado en el cultivo de maíz se requiere de mayor cantidad de riego, mostrando más áreas críticas. En este caso se reduce el porcentaje de área que necesita menos riego, siendo un 40.63 %, que requiere de 21 mm a 753 mm. Seguido se tiene un área de 42.64 % del área total que necesita 753 mm a 1,486 mm. Necesitando entre 1,486 mm a 2,218 mm de riego se tiene el mínimo porcentaje dentro de la cuenca de 0.80 %. Los dos rangos dentro de la cuenca con mayor necesidad ocupan el 15.91 % de toda la cuenca. Entre 2,218 mm a 2,950 mm de riego son necesarios entre 9.34 % de la cuenca, y el área más crítica

abarca el 6.65 % de la cuenca, necesitando 2,951 mm a 3,683 mm para que el cultivo pueda desarrollarse de la mejor manera.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 54. Sequía agrícola para el cultivo maíz (*Zea mays*) en la cuenca del río Motagua.

Este tipo de sequía es uno de los críticos ya que afecta a los sectores vulnerables, pues la inoportunidad de la lluvia puede significar un año completo sin producción agrícola, tanto para comercio como de autosuficiencia, lo que se ve altamente reflejado en los consecuentes problemas sociales y económicos de la población agrícola.

2.6. CONCLUSIONES

1. Al comparar la temperatura media dentro de la cuenca, entre el año 2010 y 2019 se presenta una variación con un aumento del 1 %. Para el presente estudio la precipitación juega un papel muy importante, ya que la falta de la misma crea los diferentes tipos de sequía. La reducción de la precipitación es notable, el año más seco es el 2019 y el más lluvioso el 2010. Al comparar el inicio y final de la década, se observa que las disminuciones de lluvia van desde los 150.8 mm a los 1,054 mm en las diferentes estaciones analizadas, causando déficit hídrico en distintos puntos de la cuenca, que son posible observarse en los climadiagramas respectivos.
2. Las características físicas del suelo encontradas a lo largo de la cuenca nos muestran una textura dominante del suelo franca y franca arcillosa. Al determinar las características físicas del suelo y realizar los balances hídricos por cada unidad de muestreo encontrada se obtiene que el volumen total necesario de riego durante el año es de 14,734,970,116.29 m³, esto para satisfacer las necesidades de un cultivo de referencia, teniendo una recarga hídrica dentro del cuenca de 3,375,225,962.66 m³ al año, mostrando como las áreas con mayor necesidad en el departamento de Zacapa y en Guatemala.
3. Para ambos cultivos, maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), en todas las estaciones, es necesario riego para que la planta se desarrolle al máximo, esto representa un problema para la agricultura de subsistencia, ya que la posibilidad de realizar riego resulta poca para los campesinos que buscan producir lo suficiente para suministrar alimento para el núcleo familiar. Las necesidades de riego del maíz van desde los 74.67 mm/año hasta los 1536.85 mm/año., mientras que en el frijol se presentan necesidades desde 32.97 mm/año hasta 608.40 mm/año.
4. Unificando las variables de clima, cultivo y suelo estudiadas, se obtuvo el mapa de sequía, considerando las áreas más críticas las que necesitan mayor riego. Zacapa es el departamento con mayor necesidad de riego para ambos cultivos, e Izabal el más favorable para ambos debido a la cantidad de lluvia que hay en el departamento. Para

el caso del frijol el 59.19 % de la cuenca requiere menos de 555.04 mm de agua, el 24.18 % de la cuenca requiere de 555.04 mm a 1,066.14 mm, mientras que el requerimiento del 16.64 % de la cuenca es de 1,066.14 mm a 2,729.73 mm. En el caso del maíz los requerimientos son mayores, el 40.64 % tiene un requerimiento de agua menor a 751.22 mm, mientras que el 42.64 % tiene un requerimiento entre 751.22 mm a 1479.13 mm, y el 16.72 % de la cuenca necesita de 1,479.13 mm a 3,683.39 mm de agua. En los mapas es posible observarse como la tendencia de sequía coincide con el denominado corredor seco. De forma general el cultivo de maíz requiere de mayor cantidad de riego, mostrando más áreas críticas a lo largo de la cuenca. Considerando que 1 milímetro (mm) de agua precipitada es equivalente a 1 L de lluvia caída en un metro cuadrado, 3 de las 5 categorías obtenidas en los mapas de sequía no deberían de ser consideradas áreas aptas para la siembra de estos granos básicos, sugiriendo implementar proyectos de riego.

2.7. RECOMENDACIONES

A continuación, en base a los resultados y la metodología realizada se enumeran una serie de recomendaciones cuya implementación son vitales para mejorar la calidad y precisión de estudios como este.

1. La falta de información climática a nivel nacional y en especial dentro del área de estudio, representa una limitante para este tipo de investigaciones, ya que no se cuenta con registros históricos ni con bases de datos completas. En el caso del clima, es importante obtener una mejor base de datos, buscando más estaciones con más años con información. De igual forma existen áreas que no son representadas por las estaciones que actualmente se tienen. El presente estudio se realizó por año individual, considerando las condiciones del 2019, se recomienda realizar el promedio de la década completa para conocer el estado en base a un conjunto de años.

2. Analizar de mejor manera la parte de suelos realizando muestreos para obtener de forma precisa y certera datos que en este caso fueron usados de fuentes de revisión bibliográfica.
3. Considerando las áreas críticas de sequía, se recomienda estudiar las áreas con mayor demanda hídrica para evaluar la posibilidad de reforestar, o implementar proyectos de riego.
4. Los problemas de salinización secundaria se deben principalmente a los aportes de sales al suelo en las aguas de riego, debido a esto se recomienda promover casos demostrativos de micro irrigación y la cosecha de agua de lluvia para el riego, siendo esta también una solución para los agricultores de subsistencia ya que la inversión es menor.
5. En vista de los resultados críticos de sequía, la información presentada en el presente documento es un instrumento útil para la administración, inversionistas, reguladores, ONG´s y otros tipos de interesados para la gestión de estas áreas, con el fin de apoyar a la adaptación al cambio climático y a la seguridad alimentaria y nutricional del país. Por lo que debe presentarse a los diferentes actores para crear diferentes planes y políticas para estas áreas.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

Agencia EFE, España. (2019). *La sequía afectó a 50,000 familias y dañó 42,000 hectáreas en Guatemala*. Recuperado el 7 de Marzo de 2020, de El Economista, El Salvador, agosto 26: <https://www.eleconomista.net/actualidad/La-sequia-afecto-a-50000-familias-y-dano-42000-hectareas-en-Guatemala-20190826-0042.html>

Aguilar Umaña, I., Rodas, O., Elías, S., & Castañed, W. (2007). *Mas vale prevenir que lamentar: Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala*. Recuperado el 7 de Marzo de 2020, de Guatemala: Organizacion de las Naciones Unids para la Alimentación y la Agricultura (FAO) /Ministerio de Agricultura, Ganadería ya Alimentación (MAGA): <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820628912320/fao20manejo20de20cuencas.pdf>

Arriaga López, J. J. (2017). *Evaluación de escenarios de cambio climático en sistemas productivos de café; San Juan Comalapa, Chimaltenango*. Recuperado el 7 de Marzo de 2020, de (Tesis Ing. Agr., Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas: Guatemala): <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2017/06/03/Arriaga-Jose.pdf>

Asociación Mundial para el Agua, Honduras (GWP). (2015). *Situación de los recursos hídricos en Centroamérica*. Recuperado el Noviembre de 2020, de Tegusigalpa, Honduras: GWP: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/srh_guatemala_2016.pdf

De León Fajardo, L. R. (2003). *Análisis de contaminación de peces en el río Motagua (contaminación de peces y lesiones gastrointestinales y dermatológicas)*. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación): <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/coyuntura/INF-2003-013.pdf>

Fernandez Prías, D. Y. (2015). *Cálculo del índice de aridez como herramienta para el seguimiento de la desertificación*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de (Tesis Esp. Geomat., Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería Dirección de Posgrados: Bogotá, Colombia): <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7709/C%C1LCULO%20DEL%20%CDNDICE%20DE%20ARIDEZ%20COMO%20HERRAMIENTA%20PARA%20EL%20SEGUIMIENTO%20DE%20LA%20DESERTIFICACI%D3N.pdf;jsessionid=C47704214300B16A567A2B63D1B0117D?sequence=1>

Fonseca, S. E. (2019). *Elaboración de mapas de isoyetas - Ambito político, administrativo y unidades hidrográficas*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de Perú: Autoridad Nacional del Agua: <https://es.calameo.com/read/001271945f0850843975e>

Franz, L. (2011). *Crear un mapa de isoyetas e isotermas en ArcGIS*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de Ecuador: El Blog de Franz: <https://es.scribd.com/document/169850963/Crear-un-mapa-de-isoyetas-e-isotermas-en-ArcGIS-docx>

Fuentes López, M. R. (2002). *El cultivo del maíz en Guatemala; Una guía para su manejo agronómico*. Recuperado el 12 de Octubre de 2020, de Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA): <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>

Fundación para la Conservación de la Recursos Naturales y Ambiente en Guatemala, Guatemala (FCG). (2012). *Diagnóstico preliminar de situación de la cuenca del río Motagua*. Recuperado el 4 de Febrero de 2020, de Guatemala: FCG: <http://fcg.org.gt/documentos/Publicaciones/DiagnosticoPreliminarDeSituacionDeLaCuencaDelRioMotagua.pdf>

González, C., Saldarriaga, G., & Jaramillo, O. (2010). *Estimación de la demanda de agua: Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial*. Recuperado

el 7 de Octubre de 2020, de Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM):
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>

González Figueroa, A. (1988). *Diagnóstico preliminar de la cuenca hidrográfica binacional Motagua (Guatemala-Honduras)*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA):
<http://repiica.iica.int/docs/B1420e/B1420e.pdf>

Herrera Ibáñez, I. R. (2019). *Hidrogeología práctica* (4 ed.). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Recuperado el 28 de Agosto de 2020

Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, USA (IFPRI). (2009). *Cambio climático - El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Recuperado el 7 de Marzo de 2020, de Washinton, D. C., USA: IFRI:
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf

Instituto Nacional de Bosques, Guatemala (INAB). (2001). *Clasificación de tierras por capacidad de uso*. Recuperado el 18 de Febrero de 2020, de Guatemala: INAB:
http://portal.inab.gob.gt/images/centro_descargas/manuales/Clasificaci%C3%B3n%20de%20tierras%20por%20capacidad%20de%20uso.pdf

Marcos Valiente, Ó. (2001). *Seqüía: Definiciones, tipologías y métodos de cuantificación*. Recuperado el 9 de Marzo de 2020, de Investigaciones Geográficas, no. 26, 59-80:
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/363/1/Marcos%20Valiente-Sequia.pdf>

Mercado–Mancera, G., Troyo–Diéguez, E., Aguirre–Gómez, A., Murillo–Amador, B., Beltrán–Morales, L. F., & García–Hernández, J. L. (2010). *Calibración y aplicación del índice de aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zona áridas*. Recuperado el 6 de Julio de 2020, de

Universidad y Ciencia, 26(1):
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000100004

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Políticas e Información Estratégica y Programa de Emergencia por Desastres Naturales, Guatemala (UPIE-PEDN). (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1:250,000*. Recuperado el 17 de Febrero de 2020, de Guatemala: UPIE 7 PEDN: <https://www.maga.gob.gt/download/clasificacion-suelo.pdf>

Ministerio de Agricultura, Ganadería ya Alimentación, Guatemala (MAGA). (2001). *Mapa de fisiografía-geomorfología de la república de Guatemala*. Recuperado el 9 de Marzo de 2020, de Guatemala: MAGA: <http://ide.segeplan.gob.gt/geoportal/mapas.html>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, España (MITECO). (2019). *Tipos de sequías*. Recuperado el Noviembre de 2020, de España: MITECO: miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/que-es-la-sequia/Observatorio_Nacional_Sequia_1_1_tipos_sequia.aspx#:~:text=A%20diferencia%20de%20la%20sequía,tiempo%2C%20no%20llegar%20a%20manifestarse.

Organización Meteorológica Mundial, Suiza (OMM) & Asociación Mundial para el Agua Suecia (GWP). (2016). *Manual de indicadores e índices de sequía*. Recuperado el 7 de Julio de 2020, de Ginebra: Programa de Gestión Integrada de Sequías, (Serie 2 de herramientas y directrices para la gestión integrada de sequías): https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO-GWP_Manual-de-indicadores_2016

Organización Meteorológica Mundial, Suiza (OMM) & Asociación Mundial para el Agua Suecia (GWP). (2016). *Manual de indicadores e índices de sequía*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de Ginebra: Programa de Gestión Integrada de Sequías, (Serie 2

de herramientas y directrices para la gestión integrada de sequías): https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO-GWP_Manual-de-indicadores_2016

Rivera, P., Bardales Espinoza, W. A., & Ochoa, W. (2019). *Escenarios futuros de cambio climático para Guatemala*. Obtenido de En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, & A. Santizo (Eds.). Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala, Editorial Universitaria: <https://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2019/05/3.-1erRepCCGuaCap3.pdf>

Rivero Blanco, C. (2013). *Climadiagramas de Walter: Con ejemplos de Venezuela*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de Costa Rica: Universidad para la Cooperación Internacional (UCI): <http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGTS/MGTS15/MGTSV15-05/Semana1/Lecturas1/4.pdf>

Rojas, J. M. (2013). *Densidad aparente: Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Sáenz Peña: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_densidad_aparente.pdf

Schosinsky, G. (2007). *Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos*. Recuperado el 21 de septiembre de 2020, de Revista Geológica de América Central, no. 34-35, 13-30: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/download/4223/4047>

Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala (IARNA). (2015). *Balance hidrológico de las subcuencas de la República de Guatemala, Bases fundamentales para la gestión del agua con visión a largo*

plazo. Recuperado el 7 de Marzo de 2020, de Guatemala: IARNA:
<https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=40416>

Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala (IARNA). (2010). *Evaluación de la seguridad alimentaria y la agricultura en Guatemala: Diagnóstico y propuestas de acción*. Recuperado el 12 de Octubre de 2020, de Guatemala: IARNA:
<https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=40161>

Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala (IARNA). (2011). *Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico*. Recuperado el 4 de Marzo de 2020, de Guatemala: IARNA:
<https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=40423>

Velasco, I., Ochoa, L., & Gutiérrez, C. (2005). *Sequía, un problema de perspectiva y gestión*. Recuperado el Noviembre de 2020, de Región y Sociedad, 17(34):
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252005000300002

Villatoro Mérida, J. C., Castillo Monteroso, F., & Franco Rivera, J. A. (2011). *Producción de frijol Phaseolus vulgaris L.* Recuperado el 12 de Septiembre de 2020, de Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA):
<https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Frijol/Produccion%20de%20Frijol%20Phaseolus%20vulgaris%20L%20>

Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). *Understanding the drought phenomenon: The role of definitions*. Recuperado el 7 de Marzo de 2020, de Water International, 10(3), 111–120:
<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=droughtfa>
 cpub



**CAPÍTULO 3: SERVICIOS REALIZADOS DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF
GUATEMALA / MESOAMÉRICA.**



3.1 ORDENAR INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA LA CREACIÓN DE BASE DE DATOS PARA LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA

3.1.1 ANTECEDENTES

WWF logra sus metas a través de la generación de información científica para abordar los temas y evaluar con actitud crítica todas sus iniciativas.

Es por ello que resulta de importancia contar con información de forma ordenada y sistematizada para facilitar los datos entre los diferentes miembros de la organización para las diferentes investigaciones. Toda investigación produce información representada en datos que, por supuesto, deben almacenarse de forma segura. La observación, interpretación y análisis de suficientes datos hidrológicos y meteorológicos es de primordial importancia para los diferentes proyectos que WWF realiza, y para su eficiencia es necesario mantener estos datos de forma ordenada y segura.

Las bases de datos constituyen una forma segura y eficiente de almacenar datos y utilizarlos para el análisis posterior. (García & Ávila, 2012) A lo largo del tiempo dentro de la oficina de hidrología de WWF Guatemala, se ha generado información hidrológica que se encuentra de manera desordenada, insegura y sin registro alguno.

3.1.2 OBJETIVOS

A. General

Ordenar información hidrológica de caudales y estaciones climáticas de la cuenca del río Motagua para la creación de base de datos.

B. Específicos

1. Recopilar la información hidrológica existente dentro de la oficina de WWF Guatemala/Mesoamérica
2. Organizar la información hidrológica en una base de datos digital.

3.1.3. METODOLOGÍA

Se solicitó la información de las estaciones climáticas de WWF y la información de datos históricos hidrológicos.

Se obtuvo un documento de Word con 21 imágenes escaneadas con información de caudales medios diarios y aforos esporádicos, y un bloc de notas con información de caudales diarios en la subcuenca del río Pasabién. Dichos datos fueron transcritos y ordenados en un documento de Excel, dividiéndolos según los periodos de tiempo y el tipo de caudales medidos.

Posteriormente, se obtuvo información de 5 estaciones climáticas, siendo estas Chinook en Izabal, El Aprisco en Totonicapán, Classic-Teculután y San Lorenzo Mármol en Zacapa. Para cada estación se realizaron cálculos promedios mensuales y anuales de las variables dadas. Se creó un documento con la información ordenada y un cuadro resumen.

Por último, se creó una base de datos de estaciones climáticas de la cuenca del río Motagua con estaciones de INSIVUMEH, AnaCafé y WWF. De cada estación se realizaron cálculos promedios mensuales y se elaboraron resúmenes, las estaciones fueron ordenadas por departamento. Posteriormente se elaboraron cuadros resumen de cada estación con valores anuales.

Al finalizar la creación de carpetas y documentos de Excel según las categorías encontradas se envió la información a WWF.

Año Hidrológico 2001-2002												
DÍA	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM	OCTUBR	NOVIEM	DECIEMB	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL
1	0.62	0.62	0.62	1.18	1.2	3.67	3.74	1.31	1.08	0.78	0.68	0.5
2	0.62	0.62	0.62	1.13	1.31	2.51	3.04	1.23	1.05	2.8	0.64	0.48
3	0.62	0.62	0.62	1.03	1.05	2.25	2	1.34	1.05	4.34	0.6	0.47
4	0.62	0.62	0.62	0.94	0.98	1.67	1.64	3.36	3.4	1.37	0.56	0.45
5	0.62	0.62	0.62	0.85	1.41	1.28	5.33	3.47	1.31	0.98	1.18	0.45
6	3.67	3.67	3.67	0.98	3.48	0.91	3.46	4.53	1.08	0.89	0.76	0.45
7	1.53	1.53	1.53	0.87	5.33	0.78	3.51	2.94	1.68	0.8	0.7	0.44
8	1.53	1.53	1.53	2.84	4.45	0.85	2.74	1.5	1.41	0.78	0.62	0.44
9	0.9	0.9	0.9	1.58	2.71	2.64	2.33	1.28	1.1	0.78	0.54	0.45
10	0.78	0.78	0.78	1.36	2.26	1.57	1.64	1.5	0.98	0.78	0.56	0.45
11	0.78	0.78	0.78	1.08	2.07	0.87	1.55	1.67	0.96	2.24	0.89	0.47
12	1.41	1.41	1.41	0.96	1.58	0.74	1.5	1.33	0.96	1.61	0.64	0.45
13	0.98	0.98	0.98	0.96	1.39	0.8	1.41	1.2	0.91	0.91	0.58	0.44
14	0.87	0.87	0.87	2.42	1.23	0.96	1.25	1.15	0.91	0.85	0.54	0.44
15	0.82	0.82	0.82	1.05	3.7	1.94	1.05	1.1	0.91	0.74	0.52	0.42
16	0.78	0.78	0.78	0.91	2.3	0.98	0.98	1.1	1.01	0.74	0.52	0.44
17	1.51	1.51	1.51	0.87	2.37	2.6	0.98	1.05	1.05	0.89	0.54	0.44
18	0.91	0.91	0.91	1.24	2.5	4.18	1.43	1.79	0.94	0.94	0.52	0.43
19	0.82	0.82	0.82	1.13	1.88	3.86	1.61	1.42	0.87	0.78	0.54	0.44
20	0.78	0.78	0.78	0.91	4.04	2.57	1.39	1.23	0.87	0.72	0.54	0.44
21	0.8	0.8	0.8	1.06	5.33	2.5	1.76	4.15	0.85	0.68	0.54	0.44
22	0.76	0.76	0.76	1.51	4.26	1.15	1.61	2.94	0.82	0.66	2.35	0.44
23	1.78	1.78	1.78	1.48	4.26	0.94	1.5	1.47	0.8	2.08	4.31	0.42
24	1.62	1.62	1.62	3.57	2.07	0.91	1.41	1.25	0.76	0.78	1.01	0.44
25	0.91	0.91	0.91	4.45	1.64	1.21	1.41	1.18	0.78	0.68	0.68	0.44
26	2.33	2.33	2.33	4.07	1.33	0.96	1.36	2.54	0.78	0.62	0.58	0.42
27	1.5	1.5	1.5	1.94	4.22	4	1.31	3.02	1.51	0.64	0.72	0.44
28	1.03	1.03	1.03	1.58	2.78	5.33	1.23	1.39	1.13	0.8	0.76	0.44
29	1.28	1.28	1.28	1.44	4.26	4.37	1.2	1.2	1.5	-1	0.54	0.46
30	3.57	3.57	3.57	1.25	5.33	5.33	1.25	1.18	0.89	-1	0.52	0.43
31	1.91	-1	1.91	1.1	-1	5.33	-1	1.18	0.78	-1	0.52	-1
MEDIO	1.25	1.23	1.25	1.54	2.76	2.25	1.89	1.84	1.1	1.13	0.81	0.44
MAXIMO	3.67	3.67	3.67	4.45	5.33	5.33	5.33	4.53	3.4	4.34	4.31	0.5
MINIMO	0.62	0.62	0.62	0.85	0.98	0.74	0.98	1.05	0.76	0.62	0.52	0.42
DES. EST	0.76	0.77	0.76	0.93	1.39	1.5	0.93	0.97	0.48	0.81	0.72	0.02
Año Hidrológico 2002-2003												
DÍA	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM	OCTUBR	NOVIEM	DECIEMB	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL

Fuente: WWF (2020).

Figura 56. Caudales diarios de la subcuenca Pasabién 2001-2005.

En la figura 66A., se presenta el documento de Word con imágenes escaneadas el cual obtiene información de la cuenca del río Motagua. Se transcribieron los datos y se ordenaron, con esto se obtienen las hojas siguientes:

Caudales medios diarios de las estaciones:

- Concua en el municipio de Granados, Baja Verapaz.
- El Tesoro en Zaragoza, Chimaltenango.
- Pasabien en río Hondo, Zacapa.

Con información en los años hidrológicos 1966-1967 y 1967-1968, y la estación El Tule en río Hondo, Zacapa con información del Año Hidrológico 1966-1967.

Comité coordinador de hidrología y meteorología de Guatemala																			
Caudales Medios Diarios																			
Estación:	El Tesoro	Río:	Hondo	Cuenca:	Hondo	Latitud:	16°52' 00"	Longitud:	90°35' 00"	Departamento:	El Tesoro	Río:	Hondo	Cuenca:	Hondo	Latitud:	16°52' 00"	Longitud:	90°35' 00"
Municipio:	Zacapa	Vertiente:	Atlántica	Superficie:		Elevación:	107.554.112m	Es:	2.592.30m	Municipio:	Zacapa	Vertiente:	Atlántica	Superficie:		Elevación:	107.554.112m	Es:	2.592.30m
Año Hidrológico 1966-1967																			
DÍA	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL							
1	8.5	8.5	8.1	24.5	8.9	24.5	21.25	8.9	12.5	10.5	8.410	7.45							
2	5.4	17.4	392.25	33.45	65.15	180	23.475	16.9	12.5	10.5	8.410	7.45							
3	5.4	14.2	101	23.45	33.5	102	18.9	12.5	10.5	8.410	7.45								
4	5.4	14.45	141.5	101	141.5	41.5	31.75	16.9	12.5	10.5	8.410	7.45							
5	5.4	8.45	185	280.4	71	41.9	34	16.9	12.5	10.5	8.410	7.45							
6	11.45	17.4	114.45	249	49.7	40	21.75	16.9	12.5	10.5	8.410	7.45							
7	24.5	7.15	71	390.2	241	24.5	21.25	16.2	12	8.513	8.25	7.45							
8	21.15	7.15	611	392.25	65.15	32.25	25.25	16.5	12	8.513	8.25	7.45							
9	10.45	7.15	94.25	437.2	94.25	52.25	24.25	16.5	12	8.513	8.25	7.45							
10	12.2	4.10	111.10	147.75	104	48.4	24.25	16.5	12	8.513	8.25	7.1							
11	14.4	14.3	461.1	10.775	76.3	10	24.25	14.25	12	8.613	7.45	7.1							
12	17.4	16.55	214	497.4	110.25	104	24.25	14.25	12	8.513	7.15	7.1							
13	16.5	20.2	430.4	274.5	104	214	24.25	14.25	12	8.513	7.45	8.15							
14	7.15	12.2	411	392.25	111	214	23.475	14.25	12	8.513	7.45	7.45							
15	7.15	11.4	717.4	411	104	100	12.25	14.25	11	8.513	7.45	7.45							
16	7.15	24.15	710.1	342	65.15	194	22.810	13.42	11	8.513	7.45	7.45							
17	7.15	24.15	402	274	84.75	247.5	21.7	13.425	11.5	8.513	7.45	7.45							
18	7.15	24.15	339.75	161	16	174	21.7	13.425	11.5	8.513	7.1	8.25							
19	7.15	193	111	481.1	65.15	110	17.42	13.425	11.5	8.513	7.1	8.410							
20	7.15	274	114.45	241	76.3	333	16.5	13.425	11.5	8.513	7.1	8.513							
21	7.15	274	114.45	241	76.3	333	16.5	13.425	11.5	8.513	8.25	8.25							
22	7.15	224.75	214	111	65.15	100	17.425	13.425	11.5	8.513	7.1	22.25							
23	7.15	134.7	48.5	161	211	17	17.425	13.425	11.5	8.513	7.45	9.125							
24	7.15	481.1	481.1	104	104	104	17.425	13.425	11.5	8.410	7.45	14							
25	4.5	580.2	33.45	161	64.5	184.1	17.425	13.425	11.5	8.410	7.45	2.975							
26	4.5	190	40	182	332	100	17.425	13.425	11.5	8.410	7.45	11							
27	4.5	224	317.15	104	110.25	76.2	17.425	13.425	11.5	8.410	7.15	16.9							
28	11.775	214	249	201	16.9	41.9	17.425	13.425	11.5	8.410	7.45	6.1							
29	14.2	224	414.5	111	51.9	217.15	17.425	13.425	11.5	8.410	7.45	5.525							
30	10.4	33.45	167.1	14	14	14	17.425	13.425	11.5	8.410	7.45	10.9							
Año Hidrológico 1967-1968																			
DÍA	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL							
1	8.25	2.95	41.1	17.4	24	51.5	16.4	16.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
2	8.25	8.25	44.8	152	727	47.45	14.25	16.4	14.25	14.25	14.25	14.25							
3	7.15	11	79.2	142.1	142.2	25.2	14.25	16.4	14.25	14.25	14.25	14.25							
4	7.15	12	27.25	84.4	324.5	24.25	14.25	16.4	14.25	14.25	14.25	14.25							
5	7.15	11	23.47	57.5	580.4	24.2	13.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
6	7.45	14.2	24.75	49	149	23	12.15	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
7	4.75	21	23.47	84.4	251	24.5	12.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
8	4.75	21.7	72.35	44.45	116.45	24.2	12.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
9	4.75	21.7	72.35	44.45	116.45	24.2	12.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
10	7.45	21.7	81.2	57.2	177	23	12.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
11	4.75	17	24.5	33.45	244	22.2	12.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
12	11.5	21.7	222	45.8	744.4	21.4	12.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
13	4.52	79.2	24.9	274	175	24.2	12.15	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
14	4.52	410	27.25	224	127.5	21.4	14.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
15	4.52	14.25	23.25	14.25	116.45	24.2	12.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
16	7.45	24.25	23.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
17	7.15	14.25	222	51.5	116.47	11.9	12.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
18	7.15	2.9	511	141	116.47	11.9	14.45	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
19	7.45	42	877	327.5	117.25	16.5	11.7	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
20	7.45	64.4	320.5	116.45	131.47	15.45	12.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
21	7.1	52.15	114	114.25	71	15.4	10.4	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
22	7.1	25.2	116.9	16	11.5	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
23	7.1	25.2	116.9	16	11.5	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
24	25.9	44.1	71	35.4	35.4	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
25	21.7	21.7	79.2	142.1	324.5	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
26	4.52	21.7	22.85	14.25	317.5	15.4	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
27	11	21.7	14.25	14.25	224.5	16.5	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
28	4.52	21.7	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
29	7.45	111	23.25	14.25	35.4	24.2	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
30	7.45	23.25	34.42	47.45	35.4	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							
31	7.45	421	47	33.45	11.22	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25	14.25							

Fuente: WWF (2020).

Figura 57. Caudales medios diarios ordenados.

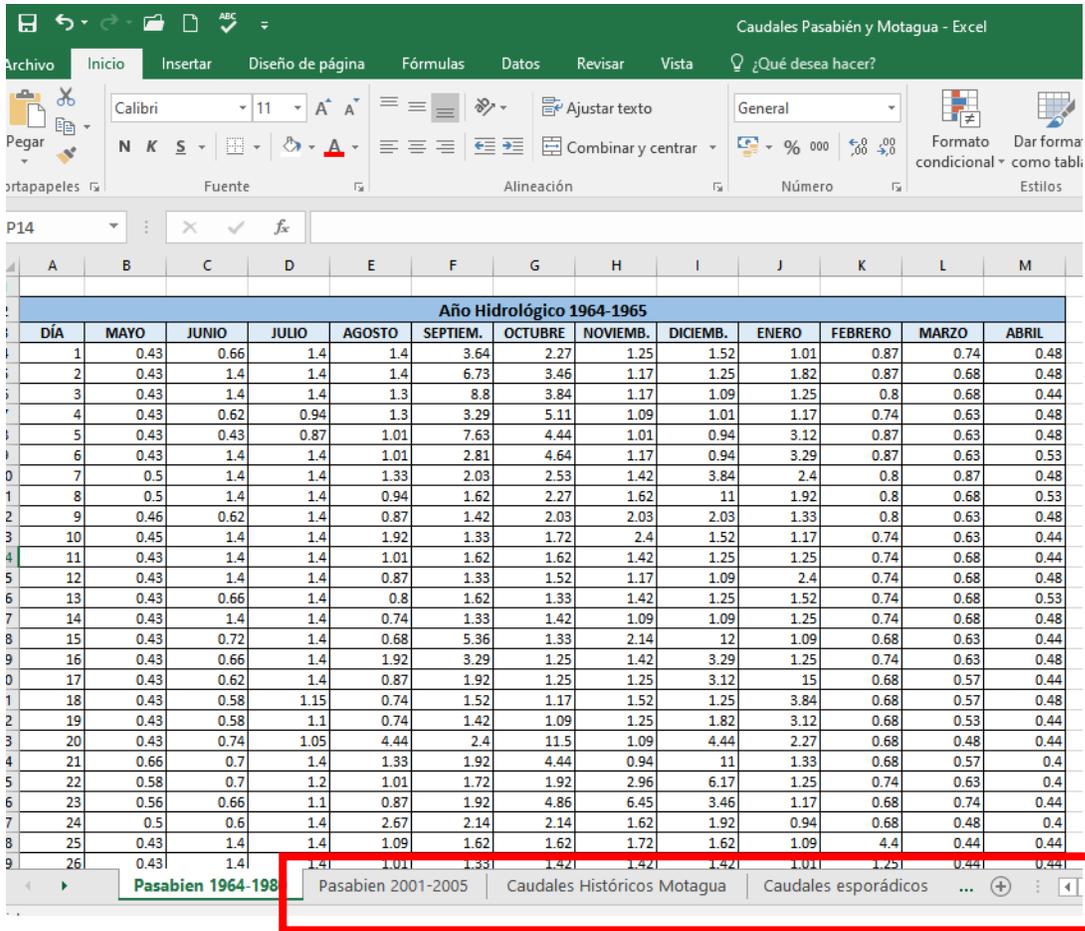
Y con caudales esporádicos históricos de los ríos: Motagua, Blanco, Jocotán, El Chorrío, Pasabien, Pixabaj, Grande de Zacapa, Hato, Escondido y Chipilingo. Tal como se observa en la figura 58, dichos ríos se encuentran en su mayoría en la cuenca del río Motagua, sin embargo, se encuentra información de otras cuencas.

Caudales esporádicos históricos de los ríos: Motagua, Blanco, Jocotan, El Chorrío, Pasabien, Pixabaj, Grande de Zacapa, Hato, Escondido y Chipilingo.									
Hoja. 6									
Aforos Esporádicos									
Estación	Río	Cuenca	Vertiente	Latitud	Longitud	Elevación	Caudal	Fecha	Institución
El Jato - Fraijanes	Las Cañas	Los Esclav	Pacífico	14° 27' 18"	90° 25' 45"	1475	0.249	30/04/1964	INDE
Cota 1500	Pinula	Los Esclav	Pacífico	14° 28' 37"	90° 23' 18"	1500	0.105	14/05/1964	INDE
Canal Hidroeléctrica	Los Esclavos	Los Esclav	Pacífico	14° 15' 10"	90° 15' 35"	740	7.777	9/08/1967	INDE
Canal Hidroeléctrica	Los Esclavos	Los Esclav	Pacífico	14° 15' 10"	90° 15' 35"	740	7.907	10/08/1967	INDE
Arriba Desague C. de Maquinas	Los Esclavos	Los Esclav	Pacífico	14° 53' 30"	90° 17' 00"	625	0.12	10/08/1967	INDE
Canal Hidroeléctrica	Los Esclavos	Los Esclav	Pacífico	14° 15' 10"	90° 15' 35"	740	3.95	10/01/1968	INDE
Canal Hidroeléctrica	Los Esclavos	Los Esclav	Pacífico	14° 15' 10"	90° 15' 35"	740	3.87	10/01/1968	INDE
	Atescatempa	Lempa	Pacífico	14° 10' 38"	89° 44' 30"	750	0.164	5/12/1962	INDE
Hacienda R. Bonito lz.	Bonito	R. Dulce	Mar de las Antillas	15° 41' 52"	88° 51' 10"	100	3.078	21/05/1964	INDE
Rio escondido	Pichilingo	R. Dulce	Mar de las Antillas	15° 43' 55"	88° 33' 05"	40	0.071	8/07/1965	INDE
La Tinta - A. Verapaz	Papalhá	R. Dulce	Mar de las Antillas	15° 18' 15"	89° 56' 00"	220	1.006	13/04/1967	INDE
S. Jerónimo	Salamá	R. Dulce	Mar de las Antillas	15° 03' 57"	90° 03' 42"	990	2.15	9/06/1967	INDE
San Pedro Carchá	Tzunutz	R. Dulce	Mar de las Antillas	15° 27' 50"	90° 17' 12"	1300	1.883	23/02/1968	INDE
Panzós	Polochic	R. Dulce	Mar de las Antillas	15° 23' 52"	89° 37' 50"	5	38.352	5/04/1969	INDE
Bajo Pte. Orellana	Motagua	Motagua	Mar de las Antillas	14° 55' 00"	90° 00' 00"	265.66	18.457	19/04/1955	D.E.N
Bajo Pte. Orellana	Motagua	Motagua	Mar de las Antillas	14° 55' 00"	90° 00' 00"	265.66	7.996	22/04/1955	D.E.N
Bajo Pte. Orellana	Motagua	Motagua	Mar de las Antillas	14° 52' 10"	90° 34' 50"	619	7.574	22/04/1955	D.E.N
Plan del Durazno	Blanco	Motagua	Mar de las Antillas	15° 06' 28"	89° 49' 18"	1100	0.377	17/02/1957	D.E.N
Aguas Term. Camotán	Jocotán	Motagua	Mar de las Antillas	14° 49' 25"	89° 21' 45"	420	5.278	19/03/1959	D.E.N
Pajco al Brazilar	Jocotán	Motagua	Mar de las Antillas	14° 49' 48"	89° 21' 00"	440	8.629	20/03/1959	D.E.N
Pte. El Molino	El Chorrío	Motagua	Mar de las Antillas	15° 01' 47"	91° 03' 16"	1960	0.048	23/03/1960	D.E.N
500m. Arriba Blaneario	Pasabién	Motagua	Mar de las Antillas	15° 05' 50"	89° 41' 30"	400	0.454	7/04/1959	D.E.N
10 Mts. Abajo Desf.	Pixabaj	Motagua	Mar de las Antillas	14° 57' 58"	91° 05' 52"	1900	0.648	20/08/1959	D.E.N
Puente Orellana	Motagua	Motagua	Mar de las Antillas	14° 55' 09"	90° 00' 08"	300	9.432	26/03/1962	INDE
El Rancho Est. INCA	Motagua	Motagua	Mar de las Antillas	14° 54' 55"	90° 00' 15"	310	12.2	6/04/1962	INDE
Chispán	Motagua	Motagua	Mar de las Antillas	15° 02' 18"	89° 33' 22"	160	14.83	7/04/1962	INDE
Los Manzanotes	Grande de Zacapa	Motagua	Mar de las Antillas	15° 01' 30"	89° 34' 22"	180	4.981	7/04/1962	INDE

Fuente: WWF (2020).

Figura 58. Caudales esporádicos en diferentes puntos de aforo.

Las 4 hojas de Excel anteriormente mencionadas se encuentran en un archivo llamado Caudales Pasabién y Motagua.xlsx.



Fuente: WWF (2020).

Figura 59. Base de datos Excel con información de caudales.

B. Estaciones climáticas de WWF con cálculos de promedios mensuales y anuales

Después de ordenar la información y calcular el promedio mensual y anual, se obtiene que las estaciones climáticas de WWF presentan la información presentada a continuación en el cuadro 30.

Cuadro 30. Estaciones climáticas de WWF ordenadas en la base de datos.

Nombre	Registro de años	Observaciones
Chinook	2017-2018	Datos de enero 2019. Solo cuenta con datos de temperatura, HR y lluvia
Classic Teculután	2011-2015 y 2017 -2018	Tiene datos en: noviembre 2010 - abril 2016 y 2017 - abril 2019
San Lorenzo Mármol	2010-2012	Cuenta con datos en: junio 2009-2013 y luego de febrero 2017 a enero 2016. Solo hay 3 años completos
El Aprisco	2015 - 2018	Datos en dos meses de 2014.

Fuente: elaboración propia (2020).

En cada hoja se mantuvo la información brindada por día, y los cálculos realizados por mes, y se agregó un resumen mensual por variable, tal como se observa en la figura 60, dichas hojas fueron realizadas por estación.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA - CHINOOK -										Resumen ESTACIÓN METEOROLÓGICA - CHINOOK -														
Latitud 15.6375 - Long -88.3261 - Altitud 8 - Isobal																								
Date	tempavg	tempmin	tempmax	rh	rain	eto	sd	ESTACION	AÑO	VARIABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	ANUAL	
10/01/2017	23.6	19.6	23.6	93.1	0	3.6	9.5	Chinook	2017	tempavg	23.36129	24.517857	24.222288	26.703323	27.735484	27.81	26.941935	27.216129	27.873333	25.802226	23.89	22.941935	25.7	
20/01/2017	24.6	20.5	30.5	93.8	0	3.8	9.5	Chinook	2018	tempavg	21.633971	24.4	19.235494	6.27	27.389445	26.956667	26.754839	26.612903	26.686667	26.748397	26.336667	23.802226	22.8	
30/01/2017	24.4	20.6	31	93	0	3.6	9.2	Chinook	2019	tempavg	24.612903													24.6
4/01/2017	24.1	20.6	30.4	94.7	0	2.9	9.5																	
5/01/2017	24.2	20	29.5	93.4	0	3.4	9.5																	
6/01/2017	25.2	20.7	32.1	90.7	0	4.1	9.8																	
7/01/2017	25.2	21.5	31.3	94.8	0.4	2.6	8.5	ESTACION	AÑO	VARIABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	ANUAL	
8/01/2017	23.4	17.9	23.8	100	28.2	0.3	0	Chinook	2017	tempmin	19.488445	20.257423	20.58129	22.33	23.78129	24	23.53871	23.383871	24.15	22.978868	23.85	20.180323	22.1	
9/01/2017	18.9	17.1	22.3	98.4	11.2	0.8	5.2	Chinook	2018	tempmin	19.148387	20.571429	6.7799677	4.9166667	23.503226	23.543333	23.288645	23.383548	23.953333	23.148387	21.976667	17.093548	19.2	
10/01/2017	20	17.4	24.3	97.1	0.6	1.9	7.5	Chinook	2019	tempmin	15.36456													16.0
11/01/2017	21.9	18.2	26.3	96.7	0.2	2.1	8.5																	
12/01/2017	23.2	18.6	29.3	90.3	0	3.9	9.2	ESTACION	AÑO	VARIABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	ANUAL	
13/01/2017	23.9	19.6	29.6	88.9	16.8	4.1	9.8	Chinook	2017	tempmax	29.222581	30.382857	29.688452	32.85	33.318355	33.183333	31.787742	32.729032	33.75	30.26129	28.843333	27.18129	31.1	
14/01/2017	23.1	20.3	28.5	93.5	24	3	8.5	Chinook	2018	tempmax	25.567742	29.778571	12.848387	7.4633333	32.477419	31.57	31.341935	31.412903	32.053333	31.287897	29.89	27.377419	26.9	
15/01/2017	21.8	19.5	26.2	98.8	10.1	2	8	Chinook	2019	tempmax	27.98452													27.9
16/01/2017	23	19.7	28.5	93.7	0	3.2	9																	
17/01/2017	23.8	20.1	23.2	94.9	0	2.8	9.2	ESTACION	AÑO	VARIABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	ANUAL	
22/01/2017	24.3	19.3	30.4	92	0	3.7	9.5	Chinook	2017	PH	91.841935	92.075	92.590323	90.926667	91.809677	93.526667	94.458865	92.902226	91.36	95.86129	94.576667	95.958865	93.2	
23/01/2017	24.4	19.9	30.7	91.2	0	3.9	9.5	Chinook	2018	PH	95.578983	92.884288	37.990323	18.686667	83.877419	86.686667	88.109677	89.012903	89.853333	88.48452	86.912333	78.36774	78.1	
24/01/2017	24	19.1	30.6	84.3	0	4.2	9.5	Chinook	2019	PH	94.658865													84.7
25/01/2017	22.1	16.8	29.1	86.3	0	4.2	9.5																	
26/01/2017	23.7	19	30.5	91.7	0	3.9	9.5	ESTACION	AÑO	VARIABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	ANUAL	
27/01/2017	27.3	22.7	34.5	73.9	0	4.5	9.8	Chinook	2017	rain	19.5	19.1	34.73	69.7	47.8	196.2	228.4	249	189.8	90.7	50.7	150.4	2392.2	
28/01/2017	24	19.1	31.1	87.8	0	3.8	9.8	Chinook	2018	rain	488	107.4	134.2	48	49.3	147.2	269.3	294	244.6	398.7	43	80.8	2191.5	
29/01/2017	24	18.7	30.6	90.4	0	3.3	8.3	Chinook	2019	rain	39.8													39.6
30/01/2017	22.7	20.9	27.6	99	34.8	1.6	6																	
31/01/2017	20.7	18.3	25.4	96.5	1.8	1.4	4.5	ESTACION	AÑO	VARIABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	ANUAL	
ENE 2017	23.36	19.48	29.22	91.84	136.50	96.80	8.48	Chinook	2017	eto	96.8	93.1	108.3	135.1	126.5	112.6	112	123	126.4	82.9	72.9	63.8	1263.5	

Fuente: WWF (2020).

Figura 60. Hoja de datos por estación.

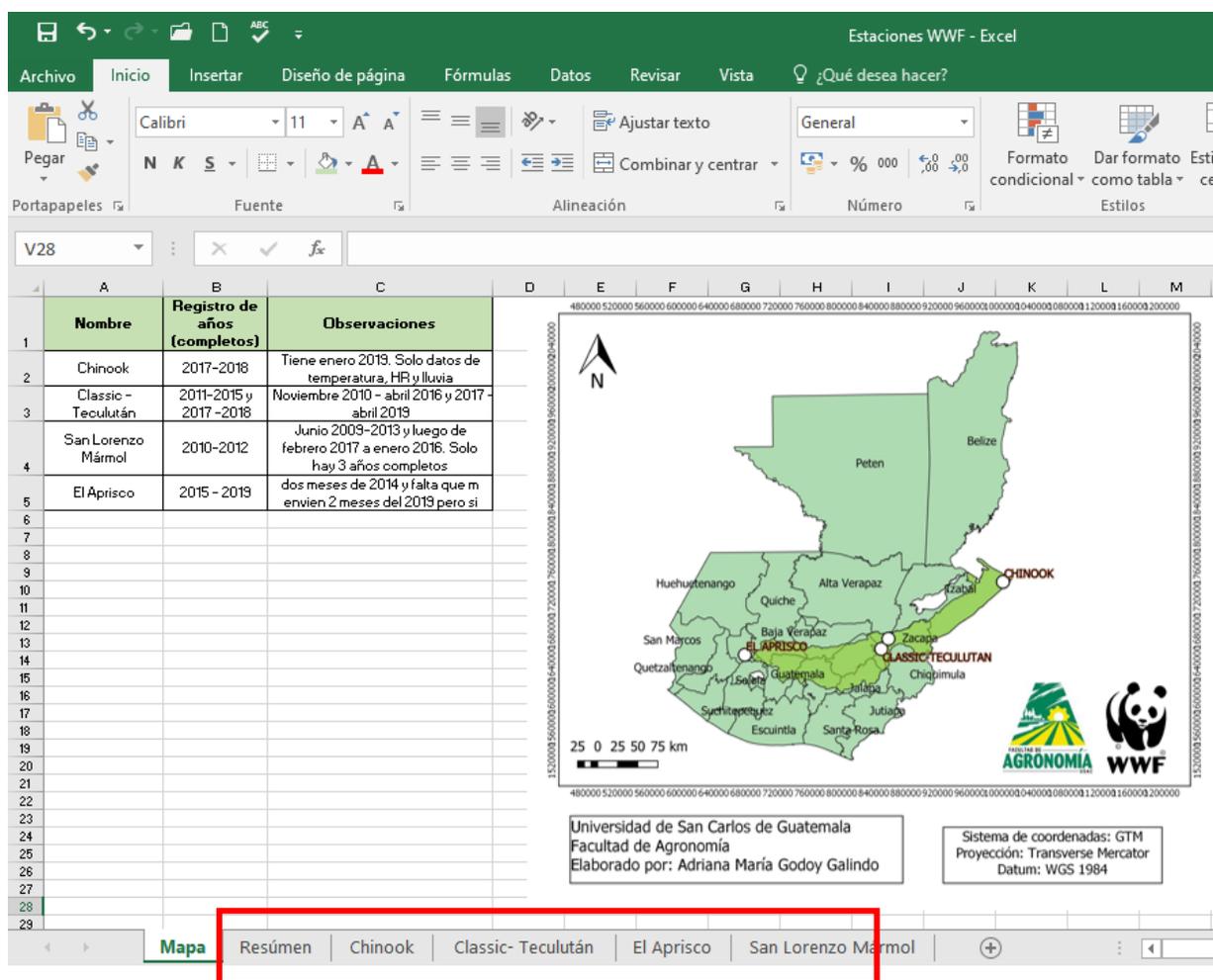
Se presenta también un resumen anual por variable de cada estación y un mapa con la ubicación de cada estación.

Promedios anuales							
ESTACIÓN METEOROLÓGICA - CHINOOK -							
Año	tempavg	tempmin	tempmax	RH	rain	eto	sd
2017	25.718898	22.11452	31.070175	93.157298	2392.2	1263.5	9.093558628
2018	22.80578	19.241678	26.922345	78.114067	2197.5	1104.8	8.798184204
2019	24.612903	15.964516	27.906452	84.651613	39.6	75.1	7.670967742
ESTACIÓN METEOROLÓGICA - Classic Teculután -							
Año	tempavg	temp min	temp max	RH	Lluvia	Eto	Pyranometer CMP3 (SUM) (W/m ²)
2010	24.406147	19.1106631	31.6508602	73.6765054	13.8	281.79	N/D
2011	26.7876754	21.4110778	34.3317134	71.445953	1078.8	1736.06	22488.15165
2012	26.945952	21.242711	34.8450578	70.4124988	759	1754.09	21495.37719
2013	27.2871179	21.8107744	35.0043235	70.1285951	876.4	1744.75	20750.45144
2014	27.1443321	21.7228425	34.9379774	70.0209364	1257.6	2191.21	21252.29655
2015	27.885528	22.4289382	35.8139836	67.5456388	490.1	2462.88	22686.44841
2016	27.156345	21.263033	34.8918799	63.1773498	12.4	855.72	22153.07647
2017	26.1442492	20.6941046	33.8132847	64.7259415	1087.2	1682.7	8.92359639
2018	27.2438063	21.2427797	35.2118766	63.6136002	400.5	1891.5	9.325656682
2019	25.725576	19.2465438	33.740553	62.8054147	1.2	277.9	8.876440092
ESTACIÓN METEOROLÓGICA - El Aprisco -							

Fuente: WWF (2020).

Figura 61. Resumen anual de las estaciones de WWF.

En el archivo llamado Estaciones WWF.xlsx. es posible encontrar las 6 hojas anteriormente mencionadas.



Fuente: fotografía propia (2020).

Figura 62. Base de datos Excel con información de las estaciones climáticas de WWF.

C. Estaciones climáticas de la cuenca del río Motagua

En la base de datos se encuentran 35 estaciones distribuidas a lo largo de la cuenca con datos meteorológicos en diferentes años. En el cuadro 31, se presenta el listado de las estaciones recopiladas y ordenadas y su ubicación.

Cuadro 31. Estaciones climáticas dentro de la cuenca del río motagua y su ubicación.

Fuente	N.	Nombre	Ubicación
INSIVUMEH	1	Puerto Barrios	20 Av. y 10a calle Barrio La Esperanza, Base militar del Municipio de Puerto Barrios. Izabal.
	2	La Unión	Colonia Vista Hermosa Taith La Unión, Departamento de Zacapa
	3	Pasabién	Aldea Pasabién de río Hondo, Departamento de Zacapa.
	4	Potrero Carrillo	Finca La Carbonera, Potrero Carrillo Jalapa, Departamento de Jalapa
	5	Chinique	Quiché
	6	Suiza Contenta	Sacatepéquez
	7	INSIVUMEH	Guatemala
	8	Santa Cruz Balanyá	Chimaltenango
	9	La Fragua	Zacapa
	10	Las vegas	Izabal
	11	La ceibita	Jalapa
	12	Alemeda Icta	Chimaltenango
	13	Cubulco	Baja Verapaz
	14	San Martín Jilotepeque	
	15	San Jerónimo B.V	Baja Verapaz
	16	San Agustín Acasaguastlán	El progreso
	17	Los albores	El progreso
INDE	18	San Lorenzo	Zacapa
WWF	19	San Lorenzo Mármol	Zacapa
	20	Chinook	Izabal
	21	Classic - Teculután	Zacapa
	22	El Aprisco	Totonicapán

Continuación cuadro 31.

ANACAFÉ	23	Los Ramones	Baja Verapaz, San Jerónimo
	24	Agrícola Chuipapop	Baja Verapaz, Cubulco
	25	Catalán de Las Mercedes	Chimaltenango, San Martin Jilotepéque
	26	Concepción Buena Vista	Chimaltenango, San Martin Jilotepéque
	27	San José Ocaña	Guatemala, San Juan Sacatepéquez
	28	El Socorro	Guatemala, Palencia
	29	San Jorge	Guatemala, Palencia
	30	Agua Tibia	Guatemala, San José Pínula
	31	El Durazno	Jalapa
	32	Vizcaya	Jalapa
	33	Los Aguijotes	Jalapa
	34	San José Carrizal	Zacapa
	35	Veguitas	Zacapa

Fuente: elaboración propia (2020).

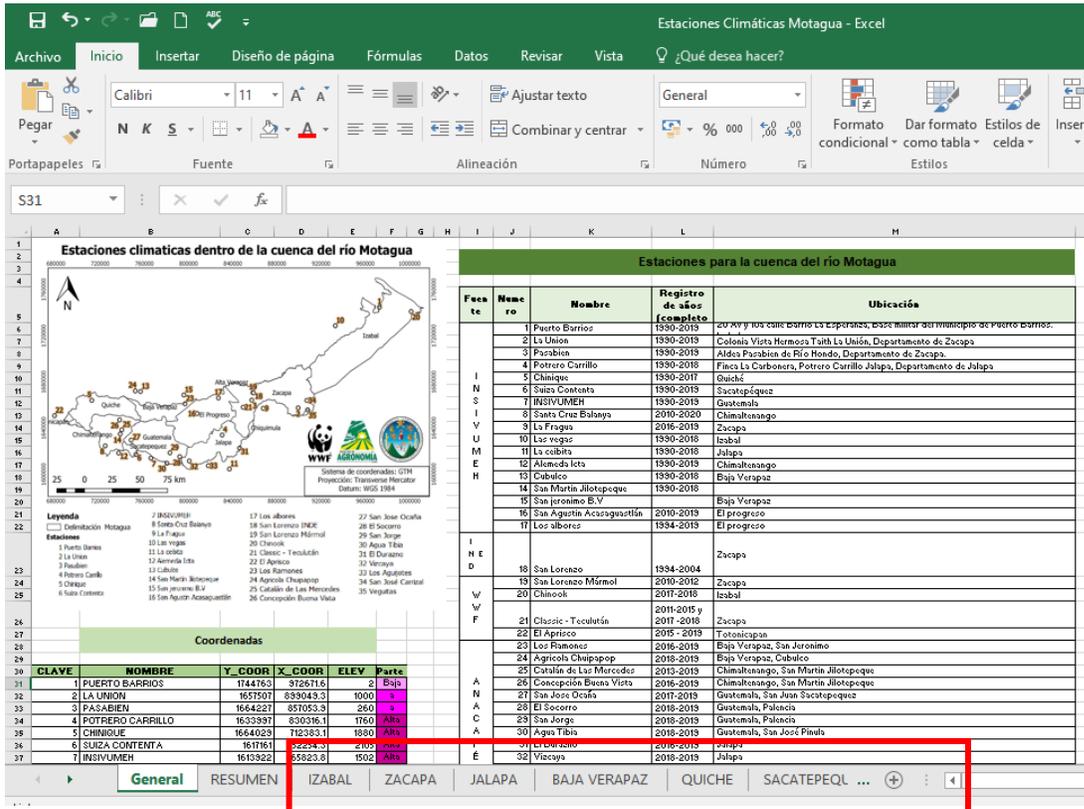
Por departamentos se dividieron las estaciones encontradas, agrupando en hojas los resúmenes mensuales por variable, tal como se muestra a continuación.

10	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	1993	TMEDIA	C	24.8	25.0	25.4	26.3	28.0	28.5	27.7	27.4	27.6	27.6	27.1
11	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	1994	TMEDIA	C	24.1	25.3	26.2	26.0	26.6	26.6	26.1	27.1	27.1	27.8	25.6
12	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	1995	TMEDIA	C	24.5	24.4	26.2	26.5	26.8	28.0	28.4	28.9	28.0	27.4	25.7
13	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	1996	TMEDIA	C	23.4	23.7	25.0	27.3	27.6	ND	27.9	27.7	26.6	24.3	24.3
14	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	1997	TMEDIA	C	24.1	25.0	26.9	28.5	28.0	28.6	27.8	27.6	23.1	26.1	ND
15	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	1998	TMEDIA	C	25.1	25.8	24.4	27.3	26.6	20.1	28.2	27.7	23.6	26.8	25.5
16	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	1999	TMEDIA	C	23.4	24.3	25.5	27.6	26.9	27.9	27.3	28.1	27.6	26.9	24.2
17	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2000	TMEDIA	C	23.1	23.6	25.8	27.1	27.6	27.6	27.8	27.4	28.0	25.4	25.7
18	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2001	TMEDIA	C	23.0	25.3	25.5	27.3	27.7	28.8	28.2	28.2	27.8	26.6	24.7
19	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2002	TMEDIA	C	24.2	24.3	25.9	27.3	26.6	28.8	28.0	28.2	28.6	27.5	25.1
20	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2003	TMEDIA	C	21.9	25.5	27.6	27.0	28.1	29.5	27.9	27.7	28.6	27.0	ND
21	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2004	TMEDIA	C	23.4	24.6	25.3	26.7	27.9	28.3	27.9	28.5	28.9	27.2	25.1
22	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2005	TMEDIA	C	23.2	24.5	26.8	27.4	26.6	ND	28.6	28.2	27.6	ND	24.4
23	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2006	TMEDIA	C	23.4	23.5	25.5	26.9	27.9	27.6	27.7	27.8	27.9	27.4	24.8
24	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2007	TMEDIA	C	24.5	24.7	25.5	27.9	26.6	28.0	28.5	28.1	27.2	27.1	24.9
25	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2008	TMEDIA	C	23.7	25.3	25.6	26.8	28.4	27.7	27.6	28.3	28.4	25.6	23.8
26	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2009	TMEDIA	C	20.4	23.6	25.2	27.5	26.2	28.4	28.4	27.9	24.8	27.6	25.2
27	8094	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2010	TMEDIA	C	23.1	24.4	24.8	28.4	26.8	29.5	28.4	28.4	28.6	26.3	24.2
28	8095	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2011	TMEDIA	C	23.9	24.2	25.4	27.4	28.4	28.3	27.7	28.4	27.6	26.0	24.3
29	8096	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2012	TMEDIA	C	23.9	24.9	25.4	27.2	28.0	28.3	27.6	28.1	27.7	26.5	23.8
30	8097	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2013	TMEDIA	C	24.4	25.1	24.8	28.0	28.2	28.1	27.8	27.8	28.0	27.4	25.7
31	8098	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2014	TMEDIA	C	23.0	25.4	26.9	ND	27.7	28.1	28.2	ND	27.5	27.0	23.8
32	8098	PTO.BARRIOS	15446	883530	2	2015	TMEDIA	C	23.4	24.1	26.1	ND	27.9	28.1	28.4	ND	28.1	28.1	26.1

Fuente: INSIVUMEH (2020).

Figura 63. Estaciones climáticas ordenadas por departamento.

Se presenta también cuadros de resumen con los promedios anuales y la hoja con información general que tiene el mapa de ubicación de las estaciones, las coordenadas y ubicaciones. Dicho documento se encuentra como Estaciones Climáticas Motagua.xlsx.



Fuente: fotografía propia (2020).

Figura 64. Base de datos Excel con estaciones climáticas dentro de la cuenca del río Motagua.

3.1.5 CONCLUSIONES

1. Luego de recopilar la información hidrológica de caudales y estaciones meteorológicas dentro de la oficina de WWF Guatemala/Mesoamérica, se realizaron las bases de datos que permitirán tener un acceso rápido y ordenado a los mismos.
2. Los 3 archivos Excel creados forman una base de datos ordenada, que permitirán realizar muchas tareas diferentes y cálculos con los datos que se pueden ver. De igual forma presentan direcciones y coordenadas para la rápida identificación y ubicación de las estaciones.

3.1.6 RECOMENDACIONES

1. Transcribir la información a formato digital posteriormente a la recolección de datos, para evitar la acumulación de los mismos o la pérdida o deterioro.
2. Para organizar y categorizar la información de mejor manera es importante determinar la finalidad de la base de datos.
3. Al tener bases de datos grandes es importante realizar resúmenes de lo obtenido, de igual forma que es importante almacenar los datos en la nube o en otros dispositivos.

3.1.7 BIBLIOGRAFÍA

ANACAFÉ. (s.f.). *GIS Portal Meteorológico*. Recuperado el 2020, de <https://meteorologia.anacafe.org/estaciones.html>

García, V., & Ávila, M. (2012). *Capítulo 26: Elaboración de bases de datos*. Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de <https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookid=1721>

WWF CA. (s.f.). *WWF Guatemala / Mesoamerica*. Recuperado el Febrero de 2020,
de <http://www.wwfca.org/>

3.1.8. ANEXOS

BU FDN 2005 Qm_dia_Pasabien: Bloc de notas												
Archivo Edición Formato Ver Ayuda												
AÑO HIDROLOGICO:1964-1965												
D I A	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM.	OCTUBRE	NOVIEMB.	DICIEMB.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
1	0.43	0.66	1.40	1.40	3.64	2.27	1.25	1.52	1.01	0.87	0.74	0.48
2	0.43	1.40	1.40	1.40	6.73	3.46	1.17	1.25	1.82	0.87	0.68	0.48
3	0.43	1.40	1.40	1.30	8.80	3.84	1.17	1.09	1.25	0.80	0.68	0.44
4	0.43	0.62	0.94	1.30	3.29	5.11	1.09	1.01	1.17	0.74	0.63	0.48
5	0.43	0.43	0.87	1.01	7.63	4.44	1.01	0.94	3.12	0.87	0.63	0.48
6	0.43	1.40	1.40	1.01	2.81	4.64	1.17	0.94	3.29	0.87	0.63	0.53
7	0.50	1.40	1.40	1.33	2.03	2.53	1.42	3.84	2.40	0.80	0.87	0.48
8	0.50	1.40	1.40	0.94	1.62	2.27	1.62	11.00	1.92	0.80	0.68	0.53
9	0.46	0.62	1.40	0.87	1.42	2.03	2.03	2.03	1.33	0.80	0.63	0.48
10	0.45	1.40	1.40	1.92	1.33	1.72	2.40	1.52	1.17	0.74	0.63	0.44
11	0.43	1.40	1.40	1.01	1.62	1.62	1.42	1.25	1.25	0.74	0.68	0.44
12	0.43	1.40	1.40	0.87	1.33	1.52	1.17	1.09	2.40	0.74	0.68	0.48
13	0.43	0.66	1.40	0.80	1.62	1.33	1.42	1.25	1.52	0.74	0.68	0.53
14	0.43	1.40	1.40	0.74	1.33	1.42	1.09	1.09	1.25	0.74	0.68	0.48
15	0.43	0.72	1.40	0.68	5.36	1.33	2.14	12.00	1.09	0.68	0.63	0.44
16	0.43	0.66	1.40	1.92	3.29	1.25	1.42	3.29	1.25	0.74	0.63	0.48
17	0.43	0.62	1.40	0.87	1.92	1.25	1.25	3.12	15.00	0.68	0.57	0.44
18	0.43	0.58	1.15	0.74	1.52	1.17	1.52	1.25	3.84	0.68	0.57	0.48
19	0.43	0.58	1.10	0.74	1.42	1.09	1.25	1.82	3.12	0.68	0.53	0.44
20	0.43	0.74	1.05	4.44	2.40	11.50	1.09	4.44	2.27	0.68	0.48	0.44
21	0.66	0.70	1.40	1.33	1.92	4.44	0.94	11.00	1.33	0.68	0.57	0.40
22	0.58	0.70	1.20	1.01	1.72	1.92	2.96	6.17	1.25	0.74	0.63	0.40
23	0.56	0.66	1.10	0.87	1.92	4.86	6.45	3.46	1.17	0.68	0.74	0.44
24	0.50	0.60	1.40	2.67	2.14	2.14	1.62	1.92	0.94	0.68	0.48	0.40
25	0.43	1.40	1.40	1.09	1.62	1.62	1.72	1.62	1.09	4.40	0.44	0.44
26	0.43	1.40	1.40	1.01	1.33	1.42	1.42	1.42	1.01	1.25	0.44	0.44
27	0.43	0.76	1.40	0.87	2.81	1.33	1.17	1.42	0.94	0.94	0.48	0.44
28	0.43	0.74	1.40	0.80	2.14	4.64	0.94	1.33	0.87	0.80	0.53	0.48
29	0.43	0.64	1.40	1.25	1.72	1.52	1.01	1.25	1.09	-1.00	0.53	0.44
30	0.43	0.62	1.40	0.94	1.62	1.82	5.61	1.17	0.94	-1.00	0.48	0.40
31	0.43	-1.00	1.40	2.14	-1.00	1.33	-1.00	1.09	0.94	-1.00	0.44	-1.00
MEDIO	0.45	0.92	1.32	1.27	2.67	2.67	1.73	2.83	2.03	0.91	0.60	0.46
MAXIMO	0.66	1.40	1.40	4.44	8.80	11.50	6.45	12.00	15.00	4.40	0.87	0.53

Fuente: WWF (2020).

Figura 65A. Bloc de notas con caudales diarios en la subcuenca del río Pasabién.

1. Caudales diarios, estación Concua, río Motagua 1966 – 1967.

COMITE COORDINADOR DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA DE GUATEMALA												
AÑO HIDROLOGICO 1966-67												
CAUDALES MEDIOS DIARIOS												
No.	19-01-01											
ESTACION	CONCUA											
DEPARTAMENTO	BAJA VERAPAZ											
MUNICIPIO	GUASADOS											
RIO	MOTAGUA											
LOCALIZACION	CUENCA : MOTAGUA											
	VERTIENTE : ATLANTICO											
	* MAYOR QUE											
DIA	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.
1	5,900	18,500	161,000	24,900	59,900	204,500	27,250	16,900	12,500	10,500	8,688	7,450
2	5,900	17,600	193,250	33,650	65,150	150,000	23,475	16,900	12,500	10,500	8,688	7,450
3	5,400	14,300	138,000	33,650	53,900	70,200	29,500	16,900	12,500	10,500	8,688	7,450
4	5,400	11,450	148,500	181,000	141,500	41,900	31,750	16,900	12,500	10,000	8,688	7,450
5	5,900	9,480	156,000	550,600	78,000	41,900	34,000	16,900	12,500	10,000	8,250	7,450
6	11,450	17,600	118,450	249,000	90,700	48,000	11,750	16,200	12,500	9,563	8,250	7,450
7	24,500	7,130	78,000	500,200	249,000	29,500	27,250	16,200	12,000	9,563	8,250	7,450
8	21,850	7,130	601,000	393,250	65,150	72,350	25,250	15,500	12,000	9,563	8,250	7,450
9	15,950	7,760	96,250	437,200	96,250	52,850	26,250	15,500	12,000	8,563	8,250	7,450
10	12,300	9,080	110,125	84,775	124,000	49,600	26,250	15,500	12,000	8,563	7,850	7,100
11	11,400	14,300	456,100	80,775	70,300	97,000	26,250	14,250	12,000	8,563	7,450	7,100
12	17,600	19,550	274,000	487,600	110,125	106,000	26,250	14,250	12,000	8,563	7,850	7,100
13	16,500	20,200	613,600	374,500	169,000	234,000	25,250	14,250	12,000	8,563	7,450	8,688
14	7,130	12,300	601,000	393,250	181,000	339,000	23,475	14,250	12,000	9,125	7,450	7,450
15	7,130	17,600	777,400	412,000	124,000	800,000	25,250	14,250	11,900	9,125	7,450	7,450
16	7,130	29,850	708,100	363,000	65,150	956,000	22,588	13,625	11,300	9,125	7,450	7,450
17												

Fuente: WWF (2020).

Figura 66A. Documento Word con imágenes escaneadas.

3.2 ELABORAR Y ACTUALIZAR MAPAS TEMÁTICOS DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA.

3.2.1. ANTECEDENTES

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un elemento que permite analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre, toda investigación produce información representada en datos en este caso de archivos shapes que, por supuesto, deben almacenarse de forma segura y ordenada. (García & Ávila, 2012)

Estos pueden incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos (la localización de cada valor o elemento) como sobre la componente temática (el valor o el elemento en sí). Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc. (Olaya, 2014)

Un mapa temático es aquél que está diseñado para mostrar características o conceptos particulares, es una herramienta cartográfica que permite representar muy diverso tipo de información localizada en el territorio. Son utilizados por profesionales de todas las disciplinas sociales y ambientales porque presentan distintos tipos de datos como información visual, que resulta de más rápida lectura y más sencilla interpretación. (García C. , s.f.)

Dentro de los servicios se busca que, de forma sistemática y coherente, se ayude a resolver los problemas prioritarios encontrados. Por lo que la creación de nuevos archivos shape, permitirá tener todo en un lugar y de fácil acceso, asegurando que se tengan todos los archivos necesarios en las carpetas establecidas. Al igual que la actualización de los mapas, que brindara una forma visualmente más ordenada y actualizada de los mapas para el documento que se está trabajando dentro de las oficinas de WWF Guatemala.

Dentro de los servicios se prestará la elaboración de mapas temáticos, que serán de utilidad para la representación de ciertas características que sean necesarias dentro de la oficina de WWF Guatemala.

3.2.2 OBJETIVOS

A. General

Elaborar y actualizar mapas temáticos dentro de las oficinas de WWF Guatemala / Mesoamérica

B. Específicos

- Elaborar mapas temáticos de utilidad para las diferentes áreas de WWF Guatemala.
- Actualizar mapas temáticos de la subcuenca del río Bobos.

3.2.3. METODOLOGÍA

Para la elaboración de los mapas se realizaron las delimitaciones de la subcuencas utilizando diferentes shapes en el programa QGIS. Posteriormente se realizaron los cortes de los diferentes mapas temáticos a las delimitaciones de las cuencas específicas. Para cada mapa se seleccionó la simbología adecuada, los colores de las categorías indicadas y se elaboraron las plantillas para presentar los mapas. Guardando cada mapa en formato JPG y archivos shape.

En el caso de la subcuenca del río Bobos se solicitaron los archivos shape y raster de la subcuenca, de igual forma se tuvo un archivo con las indicaciones para la elaboración de cada uno de los mapas temáticos. Se elaboró una nueva plantilla para la presentación de los mapas y cada mapa fue adecuado a la misma.

3.2.4. RESULTADOS

Los resultados están presentados divididos en cuencas y microcuencas. En cada espacio se detalla la cantidad y la forma de los mapas realizados.

A. Cuenca del río Motagua

Las estaciones climáticas de WWF identificadas en el servicio de hidrología fueron ubicadas dentro de la cuenca del río Motagua. De igual forma, se realizó el mapa de las estaciones climáticas de la cuenca como parte de los servicios. Obteniendo un mapa con 17 estaciones de INSIVUMEH, 1 del INDE, 4 de WWF, y 13 de Ana Café.

Nombre de los mapas: Estaciones Climáticas de WWF

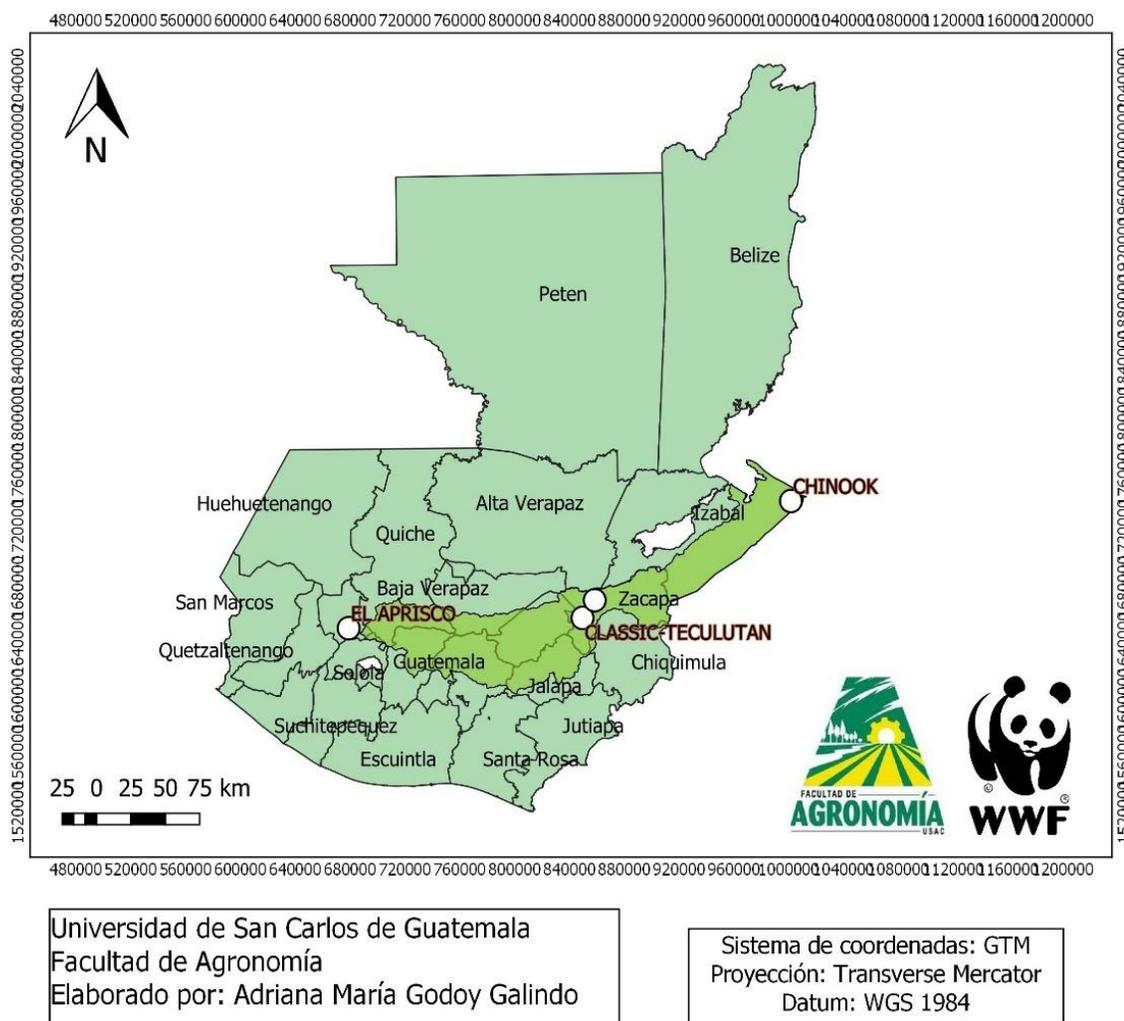
Resumen del contenido: Ubicación de las estaciones climáticas

Recursos utilizados: Microcuencas de Guatemala, MAGA 2009, Mapa de departamentos de Guatemala y Coordenadas de las estaciones climáticas de WWF.

Categoría del contenido del recurso: Mapa temático

Formato digital en el que se guardó el archivo: JPG

Proceso de generación del mapa: Se agregó el mapa de departamentos y la delimitación del río Motagua, posteriormente se agregaron las coordenadas de cada estación climática. Se utiliza el programa Qgis para la realización del mapa de salida en formato JPG.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 67: Estaciones climáticas de WWF cercanas al río Motagua.

Nombre de los mapas: Estaciones climáticas dentro de la cuenca del río Motagua.

Resumen del contenido: Se encuentran 35 estaciones climáticas dentro de la cuenca provenientes de las instituciones: INSIVUMEH, WWF, INDE y AnaCafé.

Recursos utilizados: Mapa de Cuencas Hidrográficas a escala 1:50,000 de la República de Guatemala (Primera Aproximación), coordenadas estaciones AnaCafé, WWF y INDE; y Mapa de estaciones climáticas.

Categoría del contenido del recurso: Mapa temático

Formato digital en el que se guardó el archivo: JPG

Proceso de generación del mapa: Se realizó iniciando con el corte de la cuenca, posteriormente para las estaciones de INSIVUMEH, se realizó el corte tomando en consideración las estaciones dentro de la cuenca y las que se encontraban al margen de. Las coordenadas fueron ingresadas a Google Earth Pro creando un shape de puntos para posteriormente ingresarlo a Qgis. Se utiliza el programa Qgis para la realización del mapa de salida en formato JPG.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 68: Estaciones climáticas de la cuenca del río Motagua.

B. Subcuenca del río Pasabién

A continuación, en la figura 69 se muestra la fotografía del río Pasabién.



Fuente: WWF Agua Dulce (2020).

Figura 69: Río Pasabién.

Para la subcuenca del río Pasabién se elaboraron los mapas para el servicio de especies resilientes, elaborando un mapa de zonas de vida para el documento de guía para la identificación de especies vegetales frecuentes En las zonas de vida de la subcuenca del río Pasabién y uno marcando el área del Bosque Seco Tropical para el documento titulado Guía para la identificación de especies vegetales frecuentes en el bosque seco tropical (bs-T) de la Subcuenca del río Pasabién.

Nombre de los mapas: Mapa de Zonas de Vida según Holdridge para la subcuenca del río Pasabién

Resumen del contenido: Se encuentran 5 tipos de zonas de vida de las 13 propuestas por el IARNA. En el segundo mapa se tienen las zonas de vida del mismo color, únicamente remarcando la zona de vida bs-T para el documento para el cual fue creado.

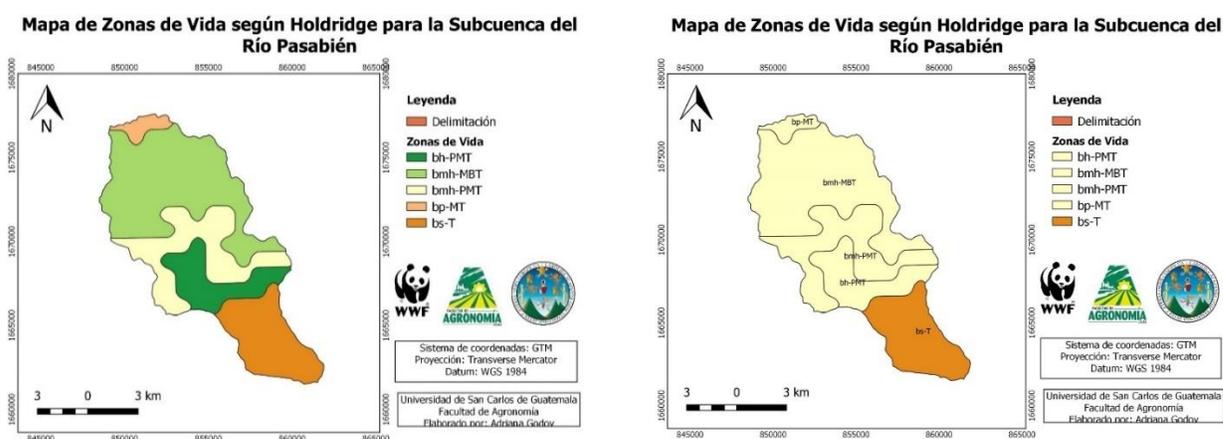
Recursos utilizados: Microcuencas de Guatemala, MAGA 2009 y Mapa de zonas de vida de Guatemala basado en el sistema de clasificación de Holdridge 2018.

Categoría del contenido del recurso: Mapa temático

Formato digital en el que se guardó el archivo: JPG

Proceso de generación del mapa: El mapa de zonas de vida se generó realizando cortes de los shapes seleccionando la subcuenca de estudio, posteriormente se generó el corte de las zonas de vida a la delimitación.

Se utiliza el programa Qgis para la realización del mapa de salida en formato JPG.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 70: Mapas de zonas de vida para la subcuenca Pasabién.

De igual forma se elaboraron los mapas de Capacidad de Uso y Taxonomía de suelos, solicitados por WWF, dejando de forma ordenada las carpetas de bases de datos.

Nombre del mapa: Mapa de Capacidad de Uso de Tierra, metodología (INAB) para la subcuenca del río Pasabién, Zacapa, Guatemala.

Resumen del contenido: El mapa son encontrados 7 capacidades de uso del suelo detallados a continuación en el cuadro 32.

Recursos utilizados: Microcuencas de Guatemala, MAGA 2009 y Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra de Guatemala INAB (2000)

Categoría del contenido del recurso: Mapa temático

Formato digital en el que se guardó el archivo: JPG y shape

Proceso de generación del mapa: El mapa se generó realizando cortes de los shapes seleccionando la subcuenca de estudio, posteriormente se generó el corte de capacidad de uso a la delimitación.

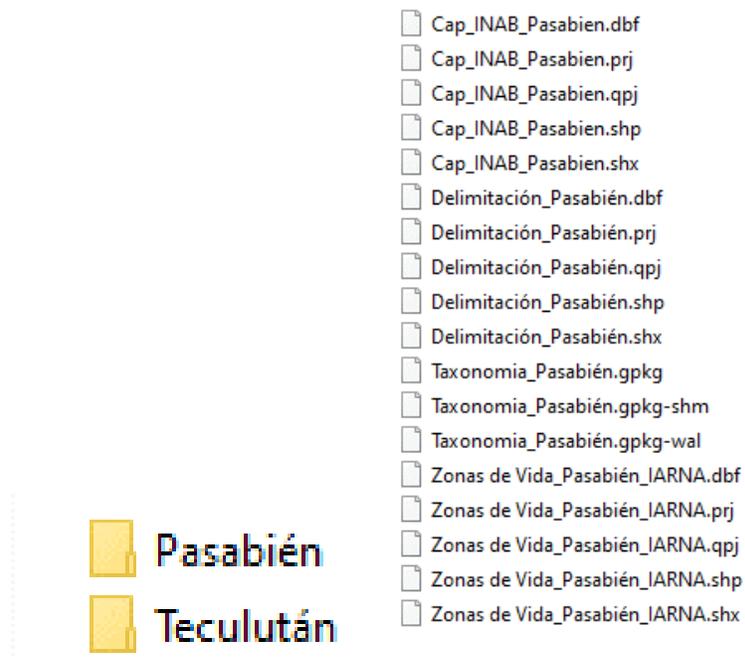
Se utiliza el programa Qgis para la realización del mapa de salida en formato JPG.

Se muestran las carpetas de los archivos para la subcuenca Pasabién, de igual forma estas carpetas fueron realizadas para la subcuenca Teculután.

Cuadro 32. Capacidad de uso de suelo Pasabién.

Nombre	Código	Área (km ²)	Área (%)
Agroforestería con cultivos anuales	Aa	10.70	9.227
Agricultura con Mejoras	Am	11.39	9.825
Agroforestería con cultivos permanentes	Ap	2.63	2.272
Áreas Protegidas de Protección	App	54.15	46.705
Tierras Forestales de Producción	F	27.61	23.814
Tierras Forestales de Protección	Fp	7.09	6.119
Sistemas Silvopastoriles	Ss	2.36	2.038
Total		115.939	100

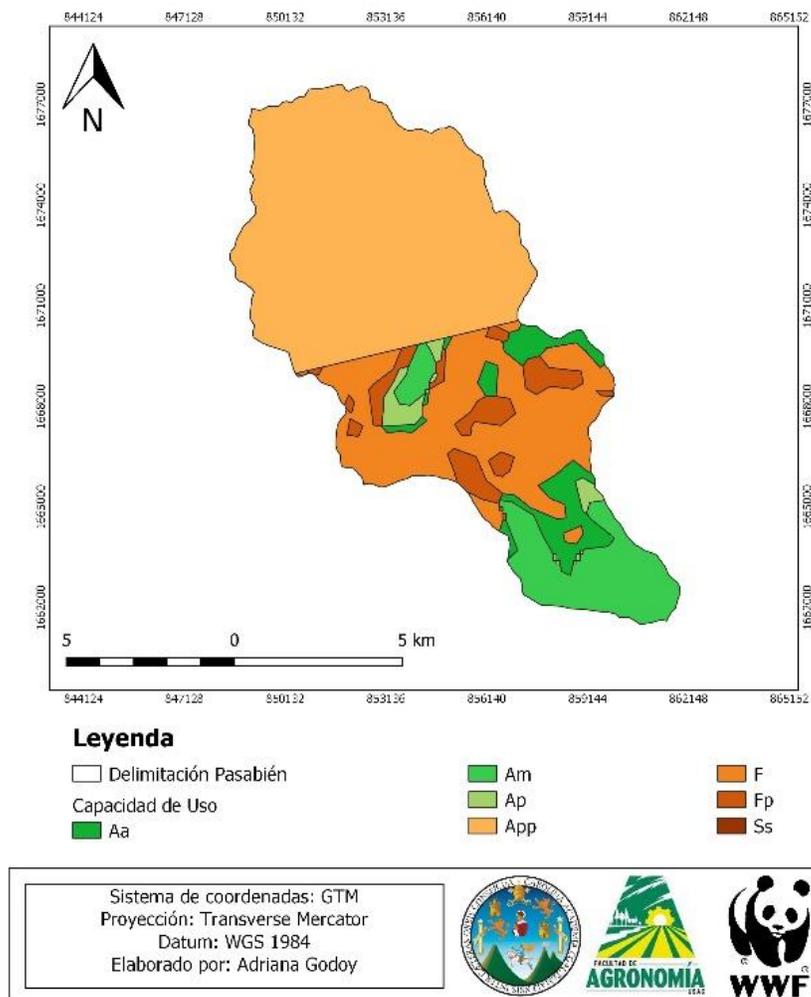
Fuente: elaboración propia (2020).



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 71. Archivos shape para la subcuenca Pasabién.

**Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra, metodología (INAB)
para la Subcuenca del Río Pasabién, Zacapa, Guatemala.**



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 72. Mapa de capacidad de uso de la tierra para la subcuenca Pasabién.

Nombre del mapa: Mapa de Taxonomía de Suelos para la subcuenca del río Pasabién, Zacapa, Guatemala.

Resumen del contenido: El mapa son 4 subórdenes diferentes para la subcuenca, detalladas según sus divisiones a continuación, en el cuadro 33.

Recursos utilizados: Microcuencas de Guatemala, MAGA 2009 y Mapa de Clasificación Taxonómica de Suelos de Guatemala (Primera Aproximación) (200)

Categoría del contenido del recurso: Mapa temático

Formato digital en el que se guardó el archivo: JPG y shape

Proceso de generación del mapa: El mapa se generó realizando cortes de los shapes seleccionando la subcuenca de estudio, posteriormente se generó el corte del mapa de taxonomía al tamaño de la delimitación.

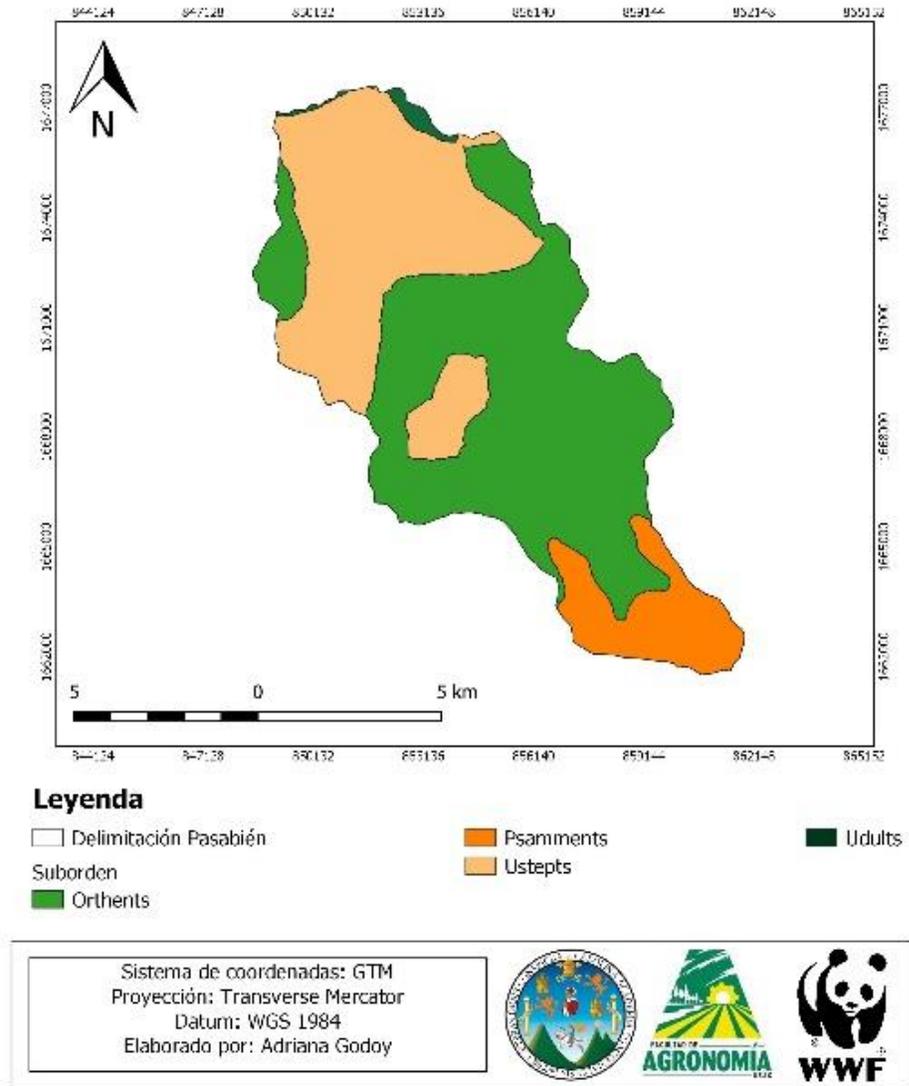
Se utiliza el programa Qgis para la realización del mapa de salida en formato JPG.

Cuadro 33. Subordenes del suelo para la subcuenca Pasabién.

Código	Suborden	Área (Km ²)	Área (%)
Eo	Orthents	27.16	23.43
Eo-Ps	Orthents, Ustepts	40.03	34.53
Ep-Ef-Ps-Eo	Psamments, Fluvents, Ustepts, Orthents	10.68	9.22
Ps-Eo	Ustepts, Orthents	4.23	3.65
Ps-Ls	Ustepts, Ustalfs	32.89	28.37
Ud-Pd	Udults, Udepts	0.95	0.82
Total		115.94	100.00

Fuente: elaboración propia (2020).

Mapa de Taxonomía de suelos para la Subcuenca del Río Pasabién, Zacapa, Guatemala.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 73. Mapa de taxonomía de suelo para la subcuenca Pasabién.

C. Subcuenca del río Teculután

Para la subcuenca se elaboraron los mapas de Capacidad de Uso y Taxonomía de suelos, solicitados por WWF, dejando de forma ordenada las carpetas de bases de datos.

Nombre del mapa: Mapa de Capacidad de Uso de Tierra, metodología (INAB) para la subcuenca del río Teculután, Zacapa, Guatemala.

Resumen del contenido: El mapa son encontrados 7 capacidades de uso del suelo detallados a continuación, en el cuadro 34.

Recursos utilizados: Microcuencas de Guatemala, MAGA 2009 y Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra de Guatemala INAB (2000)

Categoría del contenido del recurso: Mapa temático

Formato digital en el que se guardó el archivo: JPG y shape

Proceso de generación del mapa: El mapa se generó realizando cortes de los shapes seleccionando la subcuenca de estudio, posteriormente se generó el corte de capacidad de uso a la delimitación.

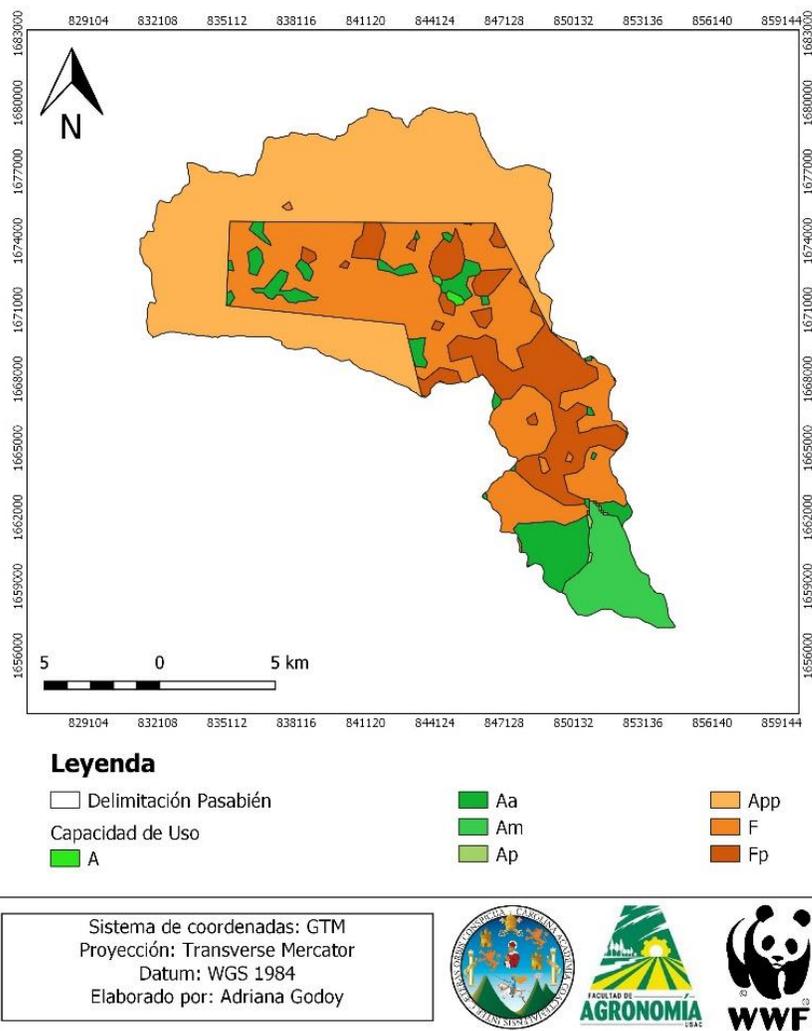
Se utiliza el programa Qgis para la realización del mapa de salida en formato JPG.

Cuadro 34. Capacidad de uso de suelo Teculután.

Nombre	Código	Área (Km ²)	Área (%)
Agricultura sin Limitaciones	A	0.379	0.175
Agroforestería con cultivos anuales	Aa	14.228	6.569
Agricultura con Mejoras	Am	12.159	5.613
Agroforestería con cultivos permanentes	Ap	0.202	0.093
Áreas Protegidas de Protección	App	93.355	43.099
Tierras Forestales de Producción	F	68.426	31.590
Tierras Forestales de Protección	Fp	27.857	12.861
Total		216.606	100

Fuente: elaboración propia (2020).

**Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra, metodología (INAB)
para la Subcuenca del Río Teculután, Zacapa, Guatemala.**



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 74. Mapa de capacidad de uso de la tierra para la subcuenca Teculután.

Nombre del mapa: Mapa de Taxonomía de Suelos para la subcuenca del río Teculután, Zacapa, Guatemala.

Resumen del contenido: El mapa son 4 subórdenes diferentes para la subcuenca, detalladas según sus divisiones a continuación.

Recursos utilizados: Microcuencas de Guatemala, MAGA 2009 y Mapa de Clasificación Taxonómica de Suelos de Guatemala (Primera Aproximación) (200)

Categoría del contenido del recurso: Mapa temático

Formato digital en el que se guardó el archivo: JPG y shape

Proceso de generación del mapa: El mapa se generó realizando cortes de los shap es seleccionando la subcuenca de estudio, posteriormente se generó el corte del mapa de taxonomía al tamaño de la delimitación.

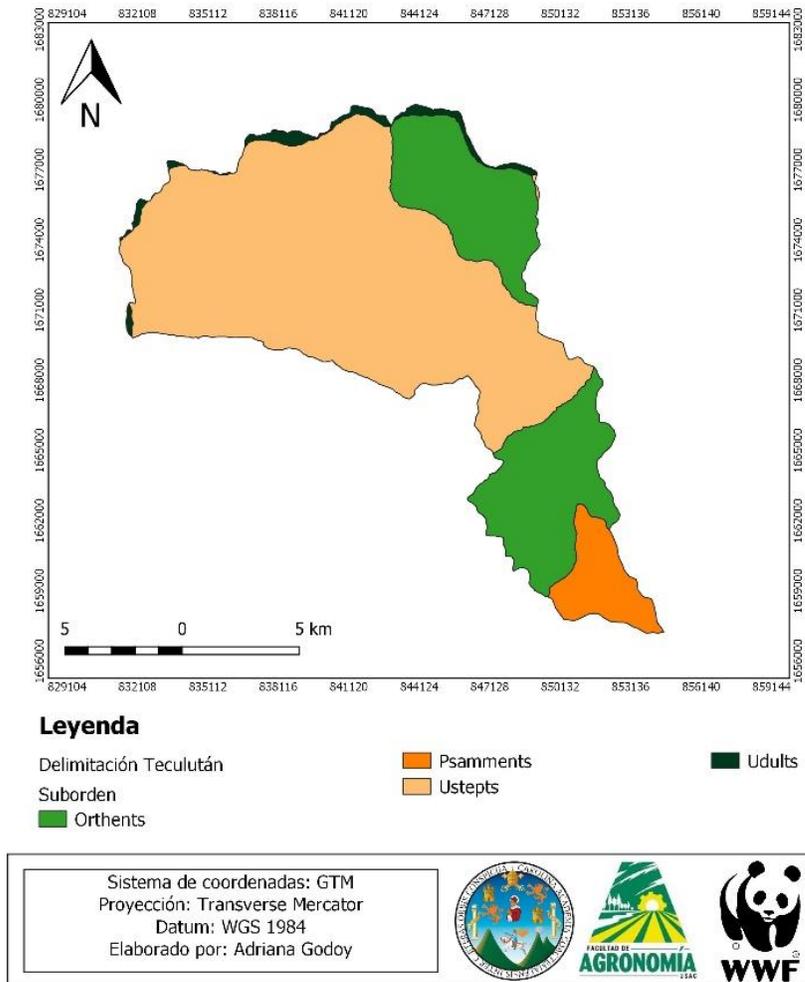
Se utiliza el programa Qgis para la realización del mapa de salida en formato JPG.

Cuadro 35. Subordenes del suelo para la subcuenca Teculután.

Código	Suborden	Área (Km ²)	Área (%)
Eo	Orthents	30.00	13.85
Eo-Ps	Orthents, Ustepts	29.12	13.45
Ep-Ef-Ps-Eo	Psamments, Fluvents , Ustepts, Orthents	12.37	5.71
Ps-Ls	Ustepts, Ustalfs	140.71	64.96
Ud-Pd	Udults, Udepts	4.408	2.04
Total		216.61	100.00

Fuente: elaboración propia (2020).

Mapa de Taxonomía de suelos para la Subcuenca del Río Teculután, Zacapa, Guatemala.



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 75. Mapa de taxonomía de suelo para la subcuenca Teculután.

D. Subcuenca del río Bobos

Para el río Bobos se actualizaron 21 mapas generales de información biofísica (Guatemala y Honduras), y mapas específicos (análisis de información) (Guatemala y Honduras) que servirán para un documento de investigación de WWF. En la imagen 76 es posible observarse una fotografía del río Bobos.



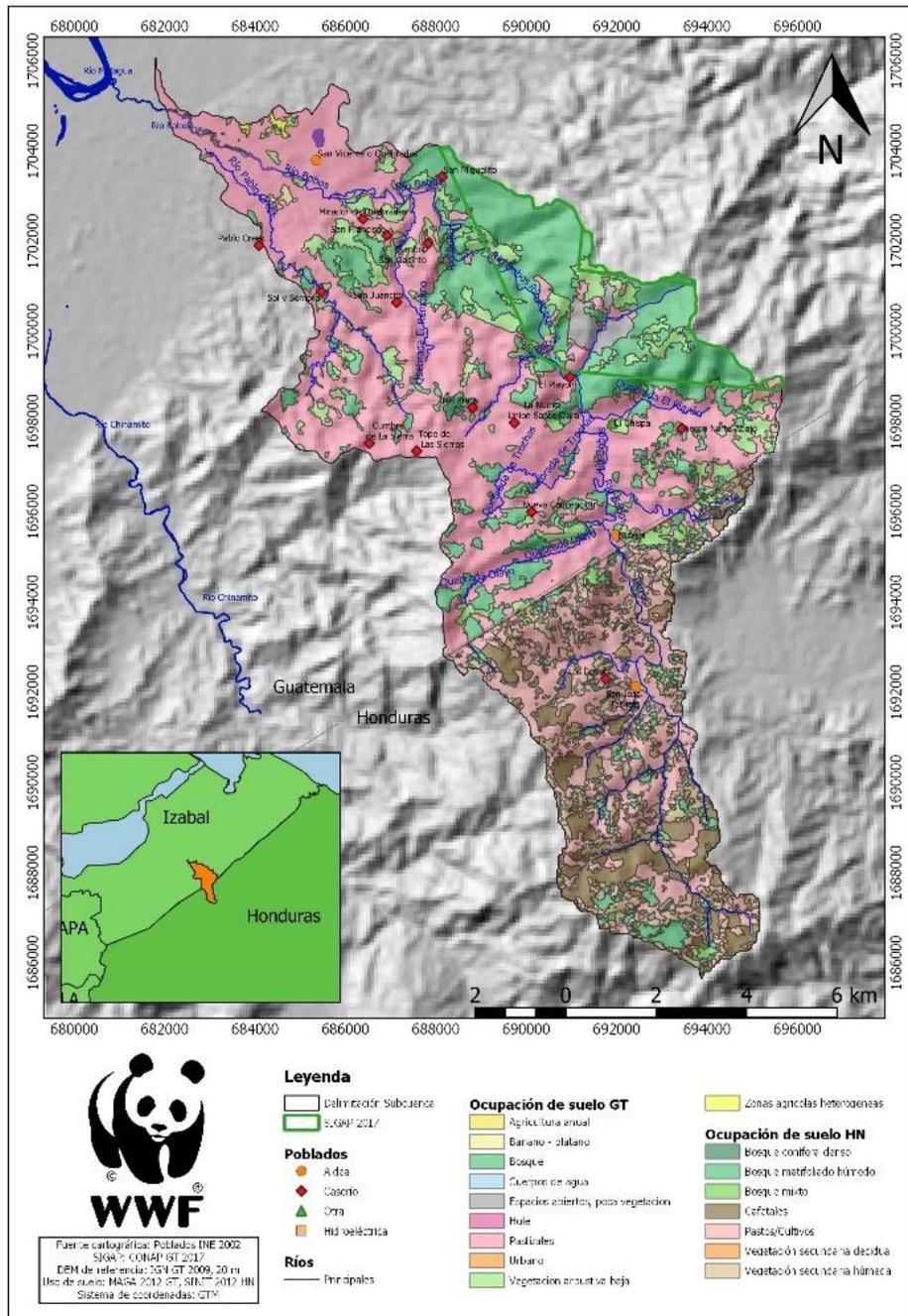
Fuente: WWF Agua Dulce (2020).

Figura 76. Río Bobos.

Dichos mapas fueron elaborados en busca de la homogenización de los mapas, debido a que en el documento que ellos presentaban los formatos de los mapas diferentes. Por lo que se elaboró una nueva plantilla para los mapas utilizando los shapes y archivos raster brindados por WWF para la actualización de los mismos.

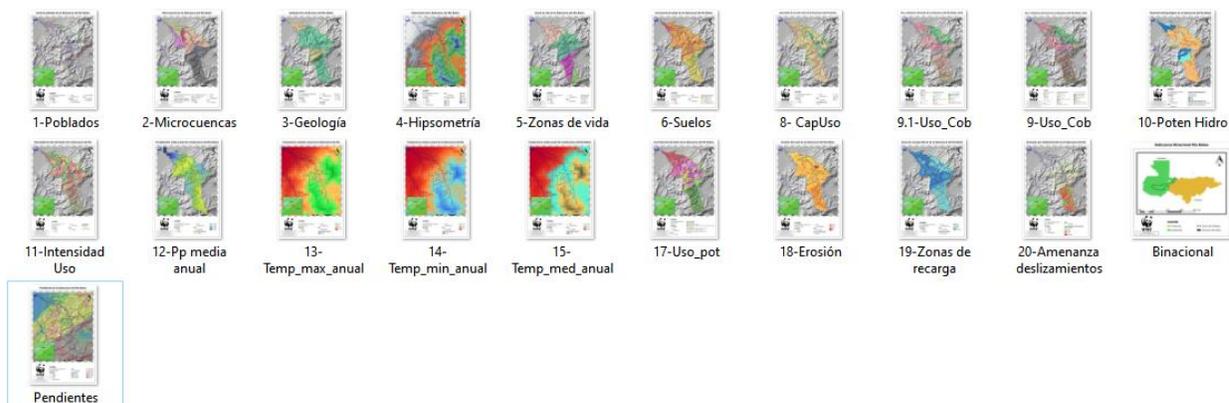
En la figura 77, se presentará uno de los mapas realizados. En la figura 78 será posible observar la carpeta con los mapas realizados.

Uso y Cobertura del Suelo de la Subcuenca del Río Bobos, 2012



Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 77. Mapa de uso y cobertura del suelo del río Bobos.



Fuente: fotografía propia (2020).

Figura 78. Carpeta de mapas elaborados para la subcuenca del río Bobos.

3.2.5 CONCLUSIONES

- Se elaboraron 8 diferentes mapas temáticos para las subcuencas del río Pasabién, y Teculután y para la cuenca del río Motagua.
- Se actualizaron 21 mapas para la subcuenca del río Bobos encontrándose entre ellos los siguientes:

- Mapa de centros poblados
- Mapa de microcuencas
- Mapa temático de geología
- Mapa temático de hipsométrico y modelo de elevación digital
- Mapa de zonas de vida
- Mapa de taxonomía de suelos
- Mapa de capacidad de uso del suelo
- Mapa de capacidad de uso del suelo

- Mapa de uso y cobertura del suelo
- Mapa de potencial hidrogeológico
- Mapa de intensidad de uso del suelo
- Mapas de precipitación media, mínima y máxima anual
- Mapa de uso potencial del suelo
- Mapa de uso potencial del suelo
- Mapa de erosión del suelo
- Mapa de zonas de recarga hídrica
- Mapas de riesgos y amenazas

3.2.6. RECOMENDACIONES

- Al momento de elaborar mapas se recomienda guardar de forma ordenada y clara los archivos shape, para futuros usos.
- Se recomienda desde el inicio de un proyecto, crear una plantilla para la presentación del mapa que pueda utilizarse en todo lo que se planea exponer. Así agilizar el proceso y mantener una armonía en los documentos.

3.2.7. BIBLIOGRAFÍA

Esri. (s.f.). *Cuestiones de geoprocésamiento para el shapefile de salida*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/geoprocessing-considerations-for-shapefile-output.htm>

García, C. (s.f.). *Cartografía: uso, lectura e interpretación de herramientas cartográficas.*, <https://www.educ.ar/recursos/14657/los-mapas-tematicos/fullscreen/fullscreen>

García, V., & Ávila, M. (2012). *Capítulo 26: Elaboración de bases de datos*. <https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookid=1721>

Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf

WWF. (s.f.). Recuperado el Febrero de 2019, de http://www.wwfca.org/wwf_guatemala/

WWF. (s.f.). *World Wildlife Fund*. Recuperado el 28 Febrero de 2020, de <https://www.worldwildlife.org/about>

3.3 IDENTIFICAR LAS ESPECIES VEGETALES RESILIENTES EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PASABIÉN, ZACAPA, GUATEMALA.

3.3.1. ANTECEDENTES

La apuesta de WWF a nivel mundial está enfocada en que se asegure la integridad ecológica de los ecosistemas prioritarios, al tiempo que impulsa el desarrollo sostenible social y económico, así como la reducción de la huella ecológica. Todo esto lo logra a través de la generación de información científica para abordar los temas y evaluar con actitud crítica todas sus iniciativas.

Una cuenca de fuerte investigación para el área de hidrología de WWF Guatemala / Mesoamérica se tiene la cuenca del río Pasabién, Zacapa; en donde la cobertura vegetal ha disminuido con los años. Los bosques desempeñan importantes funciones de amortiguación, como el enfriamiento, la intercepción de la lluvia y la infiltración y la retención del agua. Es por ello que se busca la reforestación con especies resilientes, ya que por los suelos y la escases de agua las especies maderables se están muriendo.

Para países vulnerables como Guatemala, el calentamiento global es una grave amenaza. Que afecta la producción vegetal y la producción animal. Sabiendo esto, debemos de priorizar las especies. arbóreas y arbustivas resilientes al cambio climático, ya que podrían utilizarse en intervenciones que contribuyan a garantizar la producción de alimentos de origen animal y vegetal de cara al futuro. Por lo que la identificación de las especies es el paso principal para profundizar en el estudio de la resiliencia de las mismas.

3.3.2. OBJETIVOS

A. General

Identificar las especies vegetales resilientes en la subcuenca del río Pasabien.

B. Específicos

- Identificación de especies vegetales resilientes.
- Identificar especies indicadoras de las zonas de vida de la subcuenca del río Pasabién a través de revisión bibliográfica

3.3.3. METODOLOGÍA

- Se identificaron las Zonas de Vida dentro de la subcuenca del río Pasabién, elaborando un listado con las especies indicadoras de cada una de las zonas de vida.
- Por cada especie se realizó una revisión bibliográfica de la familia a la que pertenece, nombres comunes, y características del porte, hoja, flor, fruto, y uso. Todo ello acompañado de fotos ilustrativas.
- Posteriormente se seleccionaron las especies del Bosque Seco Tropical (bs-T) para la realización de una guía aparte, profundizando más en la información agregando su fenología y requerimientos de suelo.
- Finalmente se elaboraron los diseños para las guías y se terminaron ambos documentos.

3.3.4. RESULTADOS

Las guías tienen como fin presentar una recopilación bibliografía de las especies vegetales representativas, para el reconocimiento de los árboles, arbustos, hierbas y el resto de especies vegetales que se encuentran en la subcuenca, cuya presencia en cada lugar tiene un sentido en el ecosistema y ofrecen bienes y servicios que es importante conocer y reconocer para la preservación con el fin de poder ser identificadas como especies resilientes dentro del área.

Buscando ser herramientas útiles y didácticas que pueda servir de guía en las salidas de campo y poder así realizar una primera clasificación de las especies encontradas a partir de una hoja, un fruto, una flor.

A. Guía para la identificación de especies vegetales frecuentes en las zonas de vida de la subcuenca del río Pasabién.

La guía presenta la revisión bibliográfica de 173 especies, detallando en cada caso; la familia a la que pertenece, nombres comunes, y características del porte, hoja, flor, fruto, y uso. Todo ello acompañado de fotos ilustrativas. Dicho documento puede encontrarse en el siguiente enlace, en la plataforma www.academia.edu:

https://www.academia.edu/49351812/Gu%C3%ADa_para_la_identificaci%C3%B3n_de_especies_Subcuenca_del_r%C3%ADo_Pasabi%C3%A9n

Al inicio se encuentra un mapa y una descripción de las zonas de vida: Bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT), Bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT) , Bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT), Bosque pluvial montano tropical (bp-MT), Bosque seco tropical (bs-T); que se encuentran dentro de la subcuenca. Posteriormente se presentan las especies ordenadas por su nombre común, anexos que muestran partes de las hojas, flores, etc. para que cualquier persona que vea la guía pueda guiarse y entender las referencias en cada especie y por último se presenta un glosario.



Fuente: fotografía propia (2020).

Figura 79. Portada de la guía para la identificación de especies vegetales frecuentes en las zonas de vida de la subcuenca del río Pasabién.

CONTENIDO	
Zonas de vida	1
Bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT).....	2
Bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT).....	3
Bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT).....	4
Bosque pluvial montano tropical (bp-MT).....	5
Bosque seco tropical (bs-T)	6
Guía de especies	7
Anexos	216
Bibliografía.....	219
Glosario.....	224
Listado por nombre científico	
<i>Abies guatemalensis</i> Rehder.....	8
<i>Acacia pennatula</i> (Schittl. & Cham.) Benth.....	9
<i>Acacia elongata</i> L.....	10
<i>Acoelorrhaphes wrightii</i> (Griseb. & H.Wendl.) H.Wendl. ex Becc.....	11
<i>Acrostichum danaeifolium</i> Langsd. & Fisch.....	12
<i>Agarista mexicana</i> (Hemsl.) Judd.....	13
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.....	14
<i>Alnus jorullensis</i> Kunth.....	15
<i>Alseis yucatanensis</i> Standl.....	16
<i>Alsophila salvinii</i> Hook.....	17
<i>Amphitecna macrophylla</i> (Seem.) Miers ex Baill.....	18
<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.....	19
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.....	20
<i>Arctostaphylos pyrifolia</i> (Donn.Sm.) Standl. & Steyerl.....	21
<i>Aspidosperma megalocarpon</i> Müll.Arg.....	22
<i>Astrocarum mexicanum</i> Liebm. ex Mart.....	23
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.....	24

ANEXOS	
Parte de la hoja	
Composición de las hojas	

Fuente: fotografía propia (2020).

Figura 80. Presentación de la guía.

B. Guía para la identificación de especies vegetales frecuentes en el bosque seco tropical (bs-T) de la subcuenca del río Pasabién.

Al inicio se encuentra un mapa y una descripción de la zona de vida Bosque seco tropical (bs-T), posteriormente la revisión bibliográfica de 110 especies, detallando en cada caso; la familia a la que pertenece, nombres comunes, fenología, requerimiento de suelo y características del porte, hoja, flor, fruto, y uso. Todo ello acompañado de fotos ilustrativas. Enfatizando más en las especies arbóreas.

Posteriormente se presentan los anexos que muestran partes del árbol, de las hojas, flores, etc. y un glosario. Dicho documento puede encontrarse en el siguiente enlace, en la plataforma www.academia.edu:

https://www.academia.edu/49351735/Gu%C3%ADa_para_la_identificaci%C3%B3n_de_especies_vegetales_frecuentes_en_el_Bosque_seco_tropical_bs_T_de_la_subcuenca_del_r%C3%ADo_Pasabi%C3%A9n



Fuente: fotografía propia (2020).

Figura 81. Portada de la guía para la identificación de especies vegetales frecuentes en el bosque seco tropical (bs-T) de la subcuenca del río Pasabién.

***Bucida buceras* L.**

Nombre común: Pucté, Olivo negro

Familia: Combretaceae

Breve descripción botánica y fenología:

Árbol de 25 m de altura y puede ser catalogada como longeva, ya que supera con creces los 100 años de vida. Su copa es amplia, con denso follaje, y está formada por ramas casi horizontales; su tronco es recto y puede llegar a alcanzar un metro de diámetro; su corteza, cuando el árbol es joven, es de color grisáceo y sin asperezas, pero con el paso del tiempo se va oscureciendo y agrietando.

Hojas: perennes, aunque en zonas muy secas se suelen caer por un breve espacio de tiempo; además son simples, de forma ovalada o elíptica, con los márgenes lisos y casi sésiles, y miden entre 3 y 9 cm de longitud. Están dispuestas de forma alterna o espiralada.

Flores: pequeñas, de color blanquecino verdoso, y desprenden un agradable perfume; aparecen en las espigas axilares de 3 a 10 cm de longitud; su hipanto (el receptáculo cóncavo de las flores) es campanudo; el cáliz es muy corto y dispone de cinco sépalos fundidos de color verdoso; carecen de pétalos y tienen 10 estambres sin fundir.

Sus flores normalmente comienzan a aparecer al finalizar el mes de Marzo, pero las reales se muestran en el mes de abril y mayo.

Fruto: drupa algo carmosa, seca, coronada por el hipanto superior y el cáliz persistente. En su interior contiene una sola semilla de color negruzco; este tipo de semillas no pueden ser deshidratadas ni almacenadas a baja temperatura, ya que pierden pronto la viabilidad.

Usos comunes: La madera se emplea en la construcción, carpintería y ebanistería.

Suelo requerido: terreno bien drenado, este se debe mantener aireado



Fuente: (jardinesdeolaiva, 2017)

15

Fuente: fotografía propia (2020).

Figura 82. Presentación de especies arbóreas dentro de la guía 2.

3.3.5. CONCLUSIONES

- Debido a la pandemia el objetivo 1 no pudo cumplirse, dicha metodología incluía la ubicación y recolección de especies en floración, para posteriormente identificarlas y secarlas.

- Las guías pretenden llenar un vacío en la literatura disponible y ser una herramienta en campo con características generales de las especies indicadoras para la primera aproximación de la identificación de las mismas. Compilando especies vegetales con sus nombres común y científico y características individuales de las especies. con su ilustración.

3.3.6 RECOMENDACIONES

- Se sugiere actualizar las guías de manera interdisciplinaria con la participación de diferentes especialistas con la finalidad de brindar información más detallada y confiable, de igual forma se sugiere que las fotografías sean remplazadas con fotografías del área mientras se van encontrando e identificando las especies.
- De igual forma se recomienda que las guías sean actualizadas para las especies no tratadas en estos documentos.



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



REF. Sem. 24/2021

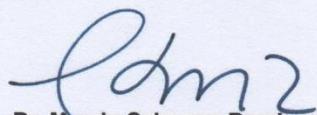
EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO MOTAGUA, GUATEMALA, C.A."

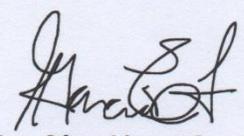
DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE: ADRIANA MARÍA GODOY GALINDO

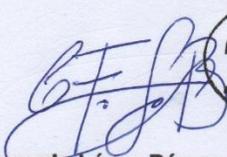
CARNÉ: 201502829

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Dr. Tomás Padilla
 Dr. Marvin Salguero Barahona
 Ing. Agr. César Linneo 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


 Ing. Agr. César Linneo García
 DOCENTE- ASESOR EPS


 Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
 DIRECTOR DEL IIA



CFLB/nm
 c.c. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA –EPS-



Ref. SAIEPSA.05.Seg.S.2021

Guatemala, 2 de julio de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO MOTAGUA, GUATEMALA, C.A. DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL Y SERVICIOS REALIZADOS DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA.

ESTUDIANTE: ADRIANA MARÍA GODOY GALINDO

No. CARNÉ 201502829

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO MOTAGUA, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Tomás A. Padilla
Dr. Marvin Salguero Barahona
Ing. Agr. César Linneo García

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y Enseñad a Todos”




Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS

cc.archivo
PPR/azud



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Docencia Internacionalmente



No. 56.2021

Trabajo de Graduación:	"ESTIMACIÓN DE LA SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA CUENCA DEL RÍO MOTAGUA, GUATEMALA, C.A. DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL Y SERVICIOS REALIZADOS DENTRO DE LAS OFICINAS DE WWF GUATEMALA / MESOAMÉRICA"
Estudiante:	Adriana María Godoy Galindo
Carné:	201502829

"IMPRIMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
-DECANO

