

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Factores que influyen en la implementación de una red de  
estaciones meteorológicas para desarrollo hidroeléctrico en la  
cuenca del Río Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala

## TOMO II

Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto presentado por  
Julio Alejandro Abdo Rojas, Adriana Aguirre Aguilar,  
Katherine Dayanne Corado Remón, Antonio Andreé Letona Samayoa,  
Luis Rodrigoandrés Morales Ortega, Carlos Rodrigo Pacheco Lainfiesta,  
Estuardo Villatoro Castañeda y Margarita María Vizcaíno Cabarrús  
para optar al grado académico de  
Licenciados en Ingeniería Civil.

Guatemala

2015



Factores que influyen en la implementación de una red de estaciones meteorológicas para desarrollo hidroeléctrico en la cuenca del Río Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Factores que influyen en la implementación de una red de estaciones meteorológicas para desarrollo hidroeléctrico en la cuenca del Río Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala.


## TOMO II

Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto presentado por  
Julio Alejandro Abdo Rojas, Adriana Aguirre Aguilar,  
Katherine Dayanne Corado Remón, Antonio Andreé Letona Samayoa,  
Luis Rodrigoandrés Morales Ortega, Carlos Rodrigo Pacheco Lainfiesta,  
Estuardo Villatoro Castañeda y Margarita María Vizcaíno Cabarrús  
para optar al grado académico de  
Licenciados en Ingeniería Civil.

Guatemala

2015


V Vo. Bo.

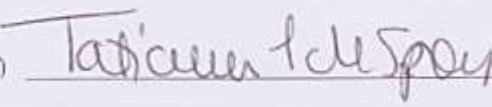
(f)  (f)  
(Ing. Otoniel Echeverria)

  
(Ing. Roberto Godo)

Directores de los estudiantes que trabajaron el Megaproyecto:

(f)  (f)  
(Ing. Otoniel Echeverria)

(f)   
(Ing. Roberto Godo)

(f)  (f)  
(Inga. Tatiana Lopera)

Fecha de aprobación: Guatemala, 25 de noviembre de 2015.

# CONTENIDO

## TOMO II

LISTA DE TABLAS.....	xliii
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	xlvi
LISTA DE GRÁFICOS.....	xlvii
LISTA DE MAPAS.....	xlviii
XIII. DEMOGRAFÍA Y ACTIVIDADES HUMANAS.....	381
A. Número de habitantes registrados en censos de 1994 y 2002.....	381
B. Densidad de población en 2002 y proyección para 2020.....	382
C. Proyección de población para el año 2020.....	384
D. Características de la población.....	385
1. Natalidad y mortalidad.....	385
2. Porcentaje de hombres y mujeres.....	386
3. Distribución de la población por edad.....	387
4. Distribución de la población por área.....	388
5. Población indígena y no indígena.....	389
E. Características socioculturales.....	391
1. Hechos históricos relevantes de la zona y contexto social.....	391
2. Creencias y cosmovisión.....	391
a. Q'eqchi'.....	391
b. Poqomchi'.....	392
3. Grupos étnicos.....	393
F. Características socioeconómicas.....	394
1. Actividades económicas en la cuenca del río Cahabón.....	394
a. Urbanismo: vías terrestres, poblaciones, distribución poblacional.....	395
b. Agricultura: tipos de cultivo, superficie agrícola.....	396
c. Ganadería.....	398
d. Otros: industria y minería.....	398
e. Energía: hidroeléctricas.....	400
2. Potencial de la zona.....	407
3. Importancia económica de la zona.....	407
XIV. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN.....	409

A. Ubicación y características físicas.....	409
1. Zonas de la cuenca.....	409
2. Resultados de área y perímetro de la cuenca.....	411
3. Topografía.....	411
4. Geología y fisiografía.....	412
B. Clima.....	412
1. Clima en la cuenca del río Cahabón.....	412
2. Parámetros meteorológicos.....	413
a. Temperatura.....	413
b. Precipitación.....	417
c. Evapotranspiración.....	421
d. Radiación solar.....	421
e. Humedad.....	423
f. Presión atmosférica.....	425
g. Viento.....	427
h. Nubosidad.....	430
3. Estaciones meteorológicas en la cuenca del río Cahabón.....	431
a. INSIVUMEH.....	431
b. INDE.....	432
c. ANACAFÉ.....	433
C. Hidrología.....	433
1. Resultados morfométricos de la cuenca.....	434
a. Resultados análisis de cuenca mediante MDE y plugin r.watershed.....	435
2. Recarga hídrica en la cuenca del río Cahabón.....	439
D. Uso de suelo y cobertura forestal.....	442
1. Uso de suelo del departamento de Alta Verapaz y cuenca del río Cahabón.....	442
2. Cobertura forestal del departamento de Alta Verapaz y cuenca del río Cahabón.....	444
3. Clasificación agrológica de USDA para Alta Verapaz y la cuenca del río Cahabón.....	450
E. Recursos Naturales.....	451
1. Ecosistemas.....	451
2. Flora.....	455
3. Fauna.....	456
4. Problemas medioambientales y ejes de acción.....	457

a. Contaminación en suelos.....	458
b. Contaminación en aguas.....	459
c. Degradación de suelos.....	460
d. Riesgos en cuencas.....	461
e. Ejes de acción en ejecución.....	461
5. Áreas protegidas en Alta Verapaz y cuenca del río Cahabón.....	466
a. Turismo en la cuenca del río Cahabón.....	468
b. Cobertura forestal en las áreas protegidas de la cuenca del Río Cahabón.....	468
XV. GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS ENFOCADA AL DESARROLLO HIDROELÉCTRICO.....	470
XVI. ANÁLISIS DE LA UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	477
A. Área de influencia ideal.....	477
1. INSIVUMEH.....	477
2. INDE.....	477
3. ANACAFÉ.....	477
4. Cobertura total por estaciones activas actualmente.....	478
B. Área de influencia crítica.....	478
C. Ubicación para futura instalación de estaciones.....	478
D. Implementación de una estación ideal.....	480
1. Tipo.....	481
a. Por su función:.....	481
b. Por número de instrumentos:.....	481
2. Abrigo meteorológico.....	482
3. Parcela.....	482
4. Recolección de datos.....	482
XVII. CONCLUSIONES.....	484
XVIII. RECOMENDACIONES.....	489
XIX. BIBLIOGRAFÍA.....	493
XX. APÉNDICE.....	522
A. MAPAS.....	522
XXI. GLOSARIO.....	582
XXII. LISTA DE SIGLAS.....	595

## LISTA DE TABLAS

Tabla 64. Comparación de población de los censos 1994 y 2002.....	381
Tabla 65. Densidad poblacional en 2002 y 2020. ....	382
Tabla 66. Tasa de crecimiento poblacional por municipio para promedio de tasa. ....	383
Tabla 67. Proyección de población para 2020 .....	384
Tabla 68. Natalidad y mortalidad por municipio. ....	386
Tabla 69. Porcentaje de hombres y mujeres.....	386
Tabla 70. Porcentajes de población por rangos de edades. ....	387
Tabla 71. Distribución de población por área urbana y rural.....	388
Tabla 72. Porcentaje de población indígena y no indígena por municipio. ....	389
Tabla 73. Distribución de grupos étnicos en porcentaje de población. ....	393
Tabla 74. Población urbana de los municipios de Alta Verapaz ubicados dentro de la cuenca del río Cahabón. ....	395
Tabla 75. Población dedicada a la agricultura por municipio de Alta Verapaz en la cuenca del río Cahabón.....	396
Tabla 76. Principales cultivos en los municipios de la cuenca del río Cahabón.....	397
Tabla 77. Consumo de agua anual por actividad industrial en el departamento de Alta Verapaz. ....	399
Tabla 78. Hidroeléctricas y proyectos hidroeléctricos en la cuenca del río Cahabón.....	400
Tabla 79. Ficha de información general Hidroeléctrica Chixoy. ....	401
Tabla 80. Ficha técnica Hidroeléctrica Chixoy.....	401
Tabla 81. Ficha de información general Hidroeléctrica Chichaic.....	402
Tabla 82. Ficha técnica Hidroeléctrica Chichaic.....	402
Tabla 83. Ficha de información general Hidroeléctrica Renace. ....	403
Tabla 84. Ficha técnica Hidroeléctrica Renace.....	403
Tabla 85. Ficha de información general Hidroeléctrica Santa Teresa. ....	404
Tabla 86. Ficha técnica Hidroeléctrica Santa Teresa. ....	404
Tabla 87. Ficha de información general Hidroeléctrica La Perla.....	405
Tabla 88. Ficha técnica Hidroeléctrica La Perla. ....	405
Tabla 89. Ficha de información general Hidroeléctrica Secacao.....	406
Tabla 90. Ficha técnica Hidroeléctrica Secacao.....	406
Tabla 91. Clasificación de alturas para determinar las diferentes zonas de la cuenca. ....	410
Tabla 92. Descripción climática de los municipios de la cuenca del río Cahabón. ....	412

Tabla 93. Temperatura media mensual y anual en centígrados de los años 1990 al 2011 de la estación Cahabón.....	413
Tabla 94. Temperatura media por municipio de la cuenca del río Cahabón.....	414
Tabla 95. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la temperatura media mensual y anual en °C de la cuenca del río Cahabón. ....	415
Tabla 96. Precipitación mensual y anual en la cuenca del Río Chabón.....	418
Tabla 97. Precipitación pluvial media anual por municipio de la cuenca del río Cahabón. ....	419
Tabla 98. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la precipitación media mensual y anual en mm de la cuenca del río Cahabón. ....	419
Tabla 99. Evapotranspiración media anual en la cuenca del río Cahabón.....	421
Tabla 100. Humedad Relativa Media mensual de los años 1990 al 2011 de la estación Chabón.....	423
Tabla 101. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la humedad relativa mensual y anual en mm de la cuenca del río Cahabón. ....	424
Tabla 102. Presión atmosférica en mm de mercurio de la estación de Cobán en la cuenca del río Cahabón.....	426
Tabla 103. Dirección del viento en la cuenca del río Cahabón mensual de los años 2000 al 2011.....	427
Tabla 104. Velocidad del viento en la cuenca del río Cahabón en km/h mensual del 2000 al 2011.....	427
Tabla 105. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la velocidad del viento mensual y anual en km/h de la cuenca del río Cahabón.....	428
Tabla 106. Nubosidad en la cuenca del río Cahabón en Octas del año 1990 al 2011.....	430
Tabla 107. Estaciones meteorológicas dentro de la cuenca, activas al año 2015.....	432
Tabla 108. Estaciones meteorológicas dentro de la cuenca, activas al año 2015.....	432
Tabla 109. Estaciones hidrometeorológicas, hidrométricas e hidrológicas dentro de la cuenca, activas al año 2015. ....	432
Tabla 110. Estaciones meteorológicas dentro de la cuenca, activas al año 2015.....	433
Tabla 111. Distribución de caudales de acuerdo a la actividad económica desarrollada en cada subcuenca del río Cahabón.....	434
Tabla 112. Unidades hidrológicas con influencia en la cuenca del río Cahabón.....	440
Tabla 113. Zonas de recarga y carga de agua en Cahabón (km <sup>2</sup> ). ....	441
Tabla 114. Uso suelo en la cuenca del río Cahabón, al año 2005.....	442
Tabla 115. Cobertura forestal de los municipios de la cuenca del río Cahabón para el período 2001-2006.....	444
Tabla 116. Cobertura forestal de los municipios de la cuenca del río Cahabón para el periodo	

2006-2010.....	445
Tabla 117. Dinámica de cobertura forestal de Alta Verapaz.....	446
Tabla 118. Cobertura por tipo de bosque de Alta Verapaz.....	447
Tabla 119. Cobertura por tipo de bosque en la cuenca del río Cahabón.....	449
Tabla 120. Zonas de vida de Alta Verapaz.....	451
Tabla 121. Características físicas y climáticas de las zonas de vida de Alta Verapaz.....	453
Tabla 122. Evolución de la extensión de las zonas de vida en Alta Verapaz de acuerdo a los escenarios del cambio climático.....	454
Tabla 123. Áreas protegidas de Alta Verapaz.....	466
Tabla 124. Instrumentos y variables a medir en modelo de estación meteorológica.....	481

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 142. Primera idea de división de la cuenca por zonas con base en altimetría.....	410
Ilustración 143. Clasificación de zonas con base en la altimetría.....	410
Ilustración 144. Topografía de la cuenca del río Cahabón.....	411
Ilustración 145. Radiación solar media diaria para el mes de abril, 2011 (W/m <sup>2</sup> ).....	422
Ilustración 146. Radiación solar media diaria del mes de octubre de 2011 (W/m <sup>2</sup> ). .....	422
Ilustración 147. Mapa de salida que representa la delimitación sugerida de microcuencas dentro del MDE de la cuenca Cahabón. ....	436
Ilustración 148. Mapa de salida que representa la dirección sugerida del paso de los ríos, encontrados en el MDE de la cuenca Cahabón. ....	436
Ilustración 149. Mapa de salida que representa el paso sugerido del cauce principal de los ríos encontrados en el MDE de la cuenca Cahabón. ....	437
Ilustración 150. Mapa de salida que representa los ríos y sus ramificaciones sugeridas encontrados en el MDE de la cuenca Cahabón. ....	437
Ilustración 151. Mapa consolidado de acumulación y subcuencas sugeridas con base en MDE de la cuenca Cahabón.....	438
Ilustración 152. Área de la cuenca Cahabón visualizada en 3D. ....	438
Ilustración 153. Vista aérea de la cuenca del río Cahabón en 3D.....	438
Ilustración 154. Unidades hidrológicas que conforman la cuenca del río Cahabón. ....	441

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Proyección de densidad poblacional al 2020. ....	382
Gráfico 2. Tasa de crecimiento poblacional del Triángulo Norte de Centroamérica. ....	384
Gráfico 3. Población según edad. ....	388
Gráfico 4. Distribución de población por rango de edades. ....	388
Gráfico 5. Porcentajes de residencia urbana y rural para municipios de Alta Verapaz. ....	389
Gráfico 6. Porcentajes de indígenas y no indígenas para municipios de Alta Verapaz. ....	390
Gráfico 7. Distribución poblacional por etnia. ....	393
Gráfico 8. Composición étnica de Alta Verapaz. ....	394
Gráfico 9. Tendencias de temperatura de la cuenca del río Cahabón. ....	417
Gráfico 10. Tendencias de precipitación anual en la cuenca del río Cahabón. ....	420
Gráfico 11. Tendencias de humedad relativa en la cuenca del río Cahabón. ....	424
Gráfico 12. Relación entre temperatura y humedad relativa de la cuenca del río Cahabón. ....	425
Gráfico 13. Tendencias de la velocidad del viento en la cuenca del río Cahabón. ....	429
Gráfico 14. Uso de la tierra en la cuenca del río Cahabón, para el año 2005. ....	443
Gráfico 15. Dinámica de cobertura forestal de Alta Verapaz para el período 1991-2012. ....	446
Gráfico 16. Cobertura forestal de Alta Verapaz para los años 2001 al 2012. ....	447
Gráfico 17. Dinámica de cobertura forestal en la cuenca del río Cahabón para el período 1991-2010. ....	448
Gráfico 18. Proporción de cobertura forestal en la cuenca del río Cahabón. ....	449
Gráfico 19. Proceso de implementación de la GIRH. ....	471

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Población según censo de 1994.....	522
Mapa 2. Población según censo de 2002.....	523
Mapa 3. Densidad de población para 1994. ....	524
Mapa 4. Densidad de población para 2002. ....	525
Mapa 5. Proyección de densidad de población para 2020. ....	526
Mapa 6. Tasa de crecimiento poblacional por municipio. ....	527
Mapa 7. Proyección de población para 2020. ....	528
Mapa 8. Porcentaje de habitantes del área rural. ....	529
Mapa 9. Red vial del departamento de Alta Verapaz.....	530
Mapa 10. Municipios que forman parte de la cuenca del río Cahabón. ....	531
Mapa 11. Delimitación de la cuenca con base en curvas de nivel. ....	532
Mapa 12. Zonas de captación, transporte y desembocadura de la cuenca. ....	533
Mapa 13. Comparación de áreas delimitadas por MAGA, UVG método tradicional, UVG método QGIS-GRASS. ....	534
Mapa 14. Clasificación climática de los municipios de la cuenca del río Cahabón.....	535
Mapa 15. Temperatura en los municipios de la cuenca del río Cahabón. ....	536
Mapa 16. Precipitación en los municipios de la cuenca del río Cahabón. ....	537
Mapa 17. Evapotranspiración de los municipios de la Cuenca del Río Cahabón. ....	538
Mapa 18. Delimitación de la cuenca del río Cahabón,.....	539
Mapa 19. Estaciones meteorológicas del INSIVUMEH dentro de la cuenca, activas al año 2015. ....	540
Mapa 20. Estaciones meteorológicas del INDE dentro de la cuenca, activas al año 2015. ....	541
Mapa 21. Estaciones hidrometeorológicas, hidrométricas e hidrológicas del INDE dentro de la cuenca, activas al año 2015. ....	542
Mapa 22. Estaciones meteorológicas de ANACAFÉ dentro de la cuenca, activas al año 2015. ....	543
Mapa 23. Número de orden ríos dentro de la cuenca Cahabón, delimitación de la cuenca con base en curvas de nivel. ....	544
Mapa 24. División en microcuencas, según QGIS-GRASS. ....	545
Mapa 25. Comparación del sistema hídrico por método tradicional vs. obtenido por análisis de MDE, según QGIS-GRASS. ....	546
Mapa 26. Sistema hídrico de acumulación determinado por análisis, según QGIS-GRASS. ....	547
Mapa 27. Uso de la tierra de Alta Verapaz al año 2012.....	548

Mapa 28. Dinámica de uso de la tierra para el período 2001-2010 de Alta Verapaz.....	549
Mapa 29. Uso de la tierra en la cuenca del río Cahabón al año 2012. ....	550
Mapa 30. Dinámica de uso de la tierra para el período 2001-2010 en la cuenca del río Cahabón. ....	551
Mapa 31. Cobertura forestal en la cuenca del río Cahabón al año 2012 por tipo de bosque. ....	552
Mapa 32. Clasificación agrológica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para Alta Verapaz. ....	553
Mapa 33. Clasificación agrológica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para la cuenca del río Cahabón. ....	554
Mapa 34. Intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Cahabón. ....	555
Mapa 35. Ecorregiones de Alta Verapaz.....	556
Mapa 36. Zonas de vida en la cuenca del río Cahabón. ....	557
Mapa 37. Zonas de vida en la cuenca del río Cahabón al año 2020 para escenario A2.....	558
Mapa 38. Zonas de vida en la cuenca del río Cahabón al año 2050 para escenario A2.....	559
Mapa 39. Cobertura forestal en áreas protegidas y galerías de ríos en la cuenca del río Cahabón.....	560
Mapa 40. Área de influencia de 10 km <sup>2</sup> de estaciones meteorológicas de INSIVUMEH. ....	561
Mapa 41. Área de influencia de 10 km <sup>2</sup> de estaciones meteorológicas de INDE. ....	562
Mapa 42. Área de influencia de 10 km <sup>2</sup> de estaciones hidrometeorológicas, hidrométricas e hidrológicas de INDE.....	563
Mapa 43. Área de influencia de 10 km <sup>2</sup> de estaciones meteorológicas de ANACAFÉ.....	564
Mapa 44. Cobertura total con estaciones varias de todas las instituciones. ....	565
Mapa 45. Cobertura total con estaciones varias de todas las instituciones con área de influencia de 5 km <sup>2</sup> .....	566
Mapa 46. Ubicación estaciones existentes varias actuales respecto a curvas de nivel y ríos de la cuenca.....	567
Mapa 47. Ubicación estaciones sugeridas respecto a curvas de nivel y ríos de la cuenca. ....	568
Mapa 48. Área de influencia ideal de 10 km <sup>2</sup> para estaciones sugeridas.....	569
Mapa 49. Área de influencia crítica de 5 km <sup>2</sup> para estaciones sugeridas.....	570
Mapa 50. Área de influencia ideal para estaciones actuales y sugeridas. ....	571
Mapa 51. Área de influencia crítica para estaciones actuales y sugeridas. ....	572
Mapa 52. Idiomas predominantes por municipio de la cuenca del río Cahabón.....	573
Mapa 53. Índice de desarrollo humano por municipio de la cuenca del río Cahabón. ....	574
Mapa 54. Dinámica de cobertura forestal para el período 1991-2001 en la cuenca del río Cahabón.....	575
Mapa 55. Dinámica de cobertura forestal para el período 2001-2006 en la cuenca del río Cahabón.....	576

Mapa 56. Dinámica de cobertura forestal para el período 2006-2010 en la cuenca del río Cahabón.....	577
Mapa 57. Ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas actuales en zonas climáticas de la cuenca del río Cahabón. ....	578
Mapa 58. Ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas actuales en zonas de vida de la cuenca del río Cahabón. ....	579
Mapa 59. Ubicación de hidroeléctricas activas en zonas climáticas de la cuenca del río Cahabón.....	580
Mapa 60. Ubicación de hidroeléctricas activas en zonas de vida de la cuenca del río Cahabón. ....	581

### XIII. DEMOGRAFÍA Y ACTIVIDADES HUMANAS

El departamento de Alta Verapaz está conformado por los siguientes municipios: Cobán (cabecera departamental), Santa Cruz Verapaz, San Cristóbal Verapaz, Tactic, Tamahú, Tukurú, Panzós, Santa Catalina La Tinta, Senahú, San Pedro Carchá, San Juan Chamelco, Fray Bartolomé de las Casas, Lanquín, Santa María Cahabón, Chisec, Chahal y Raxruhá. Este último fue fundado en 2008. En el análisis se toman en cuenta los municipios que están dentro de la cuenca del río. Además, por pertenecer a la cuenca se agregó San Antonio Purulhá que pertenece a Baja Verapaz y El Estor que pertenece a Izabal.

#### A. Número de habitantes registrados en censos de 1994 y 2002.

La población que habita en los municipios de interés pertenecientes a Alta Verapaz representan el 78.5 % de la población total del departamento.

Tabla 64. Comparación de población de los censos 1994 y 2002.

Departamento	Municipio	Población 1994	Población 2002
Baja Verapaz	San Antonio Purulhá	20,512	36,670
Alta Verapaz	Santa María Cahabón	31,425	42,949
Alta Verapaz	Chahal	11,226	16,853
Alta Verapaz	Cobán	93,633	144,461
Izabal	El Estor	27,058	54,664
Alta Verapaz	Lanquín	11,461	16,546
Alta Verapaz	Panzós	53,511	44,770
Alta Verapaz	San Cristóbal Verapaz	31,566	43,336
Alta Verapaz	San Juan Chamelco	27,023	38,973
Alta Verapaz	San Pedro Carchá	102,557	148,344
Alta Verapaz	Santa Cruz Verapaz	10,593	19,012
Alta Verapaz	Senahú	44,405	54,471
Alta Verapaz	Tactic	17,534	24,535
Alta Verapaz	Tamahú	8,353	12,685
TOTAL		490,857	698,269

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Analizando los resultados se observa que hay un crecimiento considerable entre los años 1994 y 2002, excepto por el municipio de Panzós en donde hubo una disminución de la población. Esta disminución se debe a que en el año 2000 se separó Santa Catarina La Tinta del municipio de Panzós, por

lo que se afectó considerablemente la cantidad de habitantes registrados para dicho municipio (ver Mapa 1 y Mapa 2).

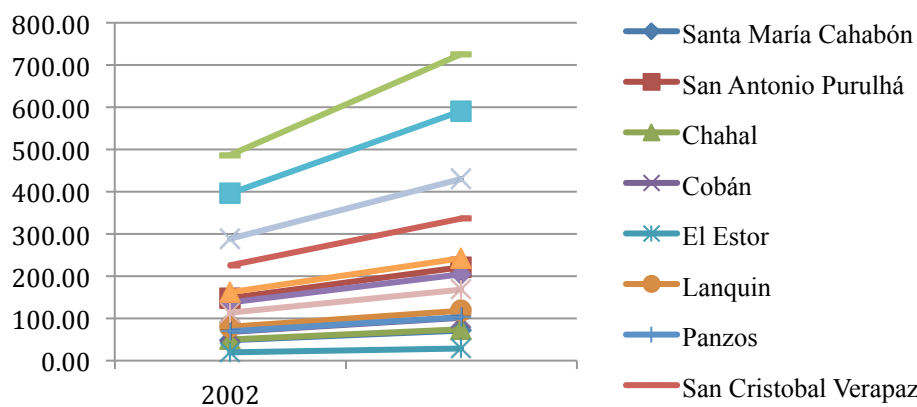
## B. Densidad de población en 2002 y proyección para 2020.

Tabla 65. Densidad poblacional en 2002 y 2020.

Municipio	Extensión territorial (Km <sup>2</sup> )	Densidad 2002 (personas por Km <sup>2</sup> )	Densidad Proyección 2020
San Antonio Purulhá	248	147.86	327.35
Santa María Cahabón	900	47.72	105.65
Chahal	336	50.16	111.04
Cobán	2132	67.76	150.01
El Estor	2896	18.88	41.79
Lanquín	208	79.55	176.11
Panzós	648	69.09	152.96
San Cristóbal Verapaz	192	225.71	499.70
San Juan Chamelco	80	487.16	1078.53
San Pedro Carchá	1082	137.10	303.53
Santa Cruz Verapaz	48	396.08	876.89
Senahú	336	162.12	358.91
Tactic	85	288.65	639.04
Tamahú	112	113.26	250.74

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Gráfico 1. Proyección de densidad poblacional al 2020.



Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Con el gráfico anterior, se observa que la densidad poblacional es un factor que tiende a aumentar y se registrarán mayores densidades en los municipios con menores extensiones territoriales (ver Mapa 3 a Mapa 5).

En este caso para la población final se utilizaron los datos del censo de 2002 y para la población inicial los del censo 1994. El número de años es de 8, debido a que entre 1994 y 2002 hay 8 años de diferencia.

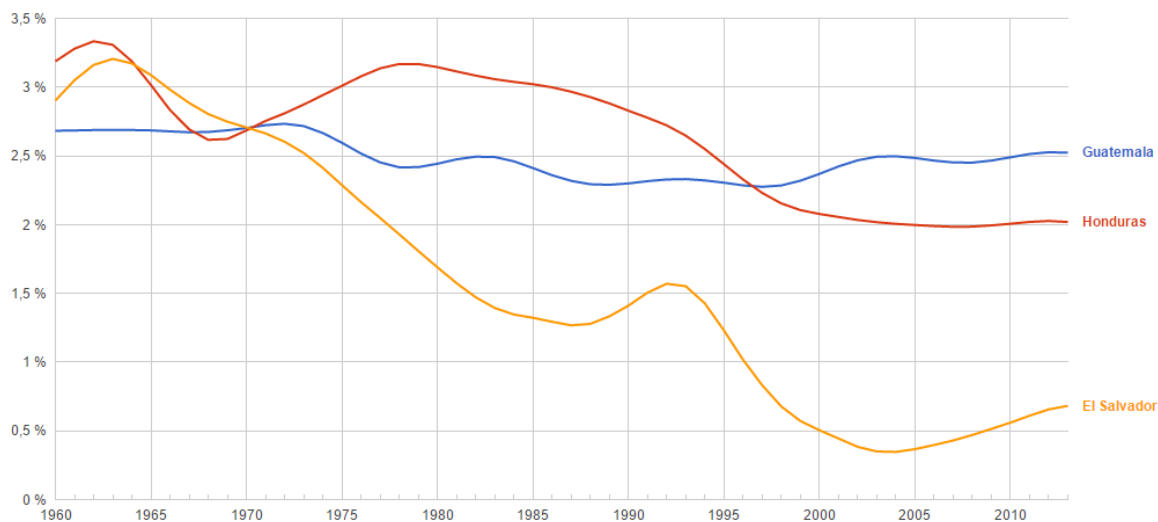
Tabla 66. Tasa de crecimiento poblacional por municipio para promedio de tasa.

<b>Municipio</b>	<b>Tasa de crecimiento poblacional por municipio (%)</b>
San Antonio Purullá	<i>7.532</i>
Santa María Cahabón	3.982
Chahal	5.210
Cobán	5.570
El Estor	<i>9.188</i>
Lanquín	4.697
Panzós	<i>-2.205</i>
San Cristóbal Verapaz	4.041
San Juan Chamelco	4.684
San Pedro Carchá	4.722
Santa Cruz Verapaz	<i>7.585</i>
Senahú	2.587
Tactic	4.289
Tamahú	5.361
<b>Promedio</b>	<b>4.514</b>

Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Luego de obtener los valores de la tasa de crecimiento poblacional se calcula el promedio para simplificar los resultados. Los valores que se encontraban en los extremos no se tomaron en cuenta para el promedio (ver Mapa 6).

Gráfico 2. Tasa de crecimiento poblacional del Triángulo Norte de Centroamérica.



Fuente: Banco Mundial, 2015.

En el Gráfico 2, se encuentran los valores para la tasa de crecimiento para Guatemala, Honduras y El Salvador. Los valores para el año 2013 aproximadamente son: Guatemala 2.5%, Honduras 2.0% y El Salvador, teniendo el dato más bajo de esta comparación, 0.68%. Estas estadísticas fueron realizadas con datos del Banco Mundial.

Comparando la tasa de crecimiento poblacional del país 2.5%, contra un 4.51% del área de estudio en la cuenca del río Cahabón, se observa que el porcentaje aumenta significativamente. Usualmente, el área rural presenta mayor número de hijos por familia y menor edad de la madre. Esto es parte de la explicación para una tasa de crecimiento poblacional mayor.

### C. Proyección de población para el año 2020.

Se realiza la proyección de población al 2020 debido a que será la población impactada por cualquier proyecto hidroeléctrico en el área.

Tabla 67. Proyección de población para 2020

Municipio	Proyección Población 2020
San Antonio Purulhá	81,184
Santa María Cahabón	95,085
Chahal	37,311
Cobán	319,823

Fuente: Elaborado con información Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Continuación Tabla 67. Proyección de población para 2020

<b>Municipio</b>	<b>Proyección Población 2020</b>
El Estor	121,021
Lanquín	36,631
Panzós	99,117
San Cristóbal Verapaz	95,942
San Juan Chamelco	86,283
San Pedro Carchá	328,420
Santa Cruz Verapaz	42,091
Senahú	120,594
Tactic	54,318
Tamahú	28,083

Fuente: Elaborado con información Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

En el año 2020 la región tendrá una población total de 1,545,904 personas, esto representando un crecimiento de 847,635 personas y siendo un 54.83% de aumento poblacional. Por lo que la densidad de población por kilómetro cuadrado se verá afectada. El promedio para la región de densidad poblacional en el año 2002 es de 164 personas por km<sup>2</sup> y para el año 2020 se espera que sea de 362 personas por km<sup>2</sup>. Visto generalmente sería como agregar 199 personas por kilómetro cuadrado. La distribución no es pareja en todo el territorio, por lo que algunos municipios tendrán una mayor densidad poblacional que otros (Mapa 7).

## **D. Características de la población.**

**1. Natalidad y mortalidad.** En Guatemala, por cada mil niños que nacen, 34 mueren antes de cumplir un año y 45 antes de llegar a los cinco. Además, casi la mitad de los niños sufre de desnutrición crónica.

Las altas tasas de mortalidad infantil están asociadas principalmente a enfermedades respiratorias y a síntomas de diarrea. De los casos que tienen una infección respiratoria aguda, únicamente el 44% recibe tratamiento, y menos del 60% de los niños con enfermedades gastrointestinales son atendidos. También es importante la cobertura de vacunación en niños para la prevención de la mortalidad y morbilidad. Casi una cuarta parte de los niños menores de dos años en el país tienen pendiente una o más vacunas.

Tabla 68. Natalidad y mortalidad por municipio.

<b>Municipio</b>	<b>Natalidad c/mil habitantes</b>	<b>Mortalidad c/mil habitantes</b>
San Antonio Purulhá	34.6	nd
Santa María Cahabón	30.84	3.57
Chahal	29.58	3.86
Cobán	36.16	5.3
El Estor	28.9	nd
Lanquín	27.21	3.56
Panzós	29.58	3.86
San Cristóbal Verapaz	34.6	4.43
San Juan Chamelco	26.57	4.26
San Pedro Carchá	25.37	3.86
Santa Cruz Verapaz	26.24	3.93
Senahú	40.11	5.41
Tactic	33.25	4.91
Tamahú	35.93	2.99

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

**2. Porcentaje de hombres y mujeres.** En la mayoría de municipios se encuentra un equilibrio entre el porcentaje de hombres y mujeres. Se presenta un 50-50 en casi todos los municipios y en los que los valores no son así, se tiene una mayoría de porcentaje de mujeres.

Tabla 69. Porcentaje de hombres y mujeres.

<b>Municipio</b>	<b>Hombres %</b>	<b>Mujeres %</b>
San Antonio Purulhá	49.61	50.39
Santa María Cahabón	49	51
Chahal	50	50
Cobán	50	50
El Estor	50.05	49.61
Lanquín	50	50
Panzós	50	50
San Cristóbal Verapaz	49	51
San Juan Chamelco	49	51
San Pedro Carchá	50	50

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Continuación Tabla 69. Porcentaje de hombres y mujeres.

Municipio	Hombres %	Mujeres %
Santa Cruz Verapaz	49.37	50.63
Senahú	50	50
Tactic	48	52
Tamahú	50	50

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

**3. Distribución de la población por edad.** La información de la población clasificada por segmentos de edad es uno de los elementos más importantes para el análisis poblacional. Conocer la distribución de edades permite comprender los aspectos relevantes de la historia de las poblaciones y su situación actual. La edad es la variable más importante cuando se analizan fenómenos de mortalidad, fecundidad, migración, etc.

Tabla 70. Porcentajes de población por rangos de edades.

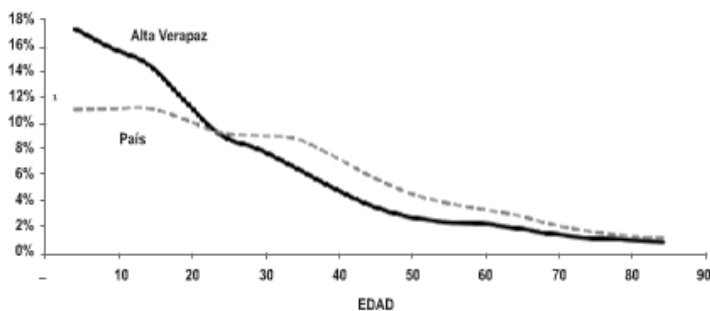
Municipio	0 -6 años	7 -14 años	15 -18 años	19 – 59 años	60 – 64 años	65 y más años
San Antonio Purulhá	nd <sup>1</sup>	nd	nd	nd	nd	nd
Santa María Cahabón	27.43	23.9	6.94	37.96	1.25	2.52
Chahal	25.57	23.54	6.99	39.78	1.48	2.63
Cobán	22.57	21.57	7.13	44.01	1.5	3.22
El Estor	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Lanquín	25.57	23.54	6.99	39.78	1.48	2.63
Panzós	nd	nd	nd	64	nd	nd
San Cristóbal Verapaz	23.8	22.29	6.66	41.89	1.71	3.65
San Juan Chamelco	22.63	20.97	6.78	43.44	1.93	4.24
San Pedro Carchá	23.15	21.55	7.49	42.23	1.52	4.07
Santa Cruz Verapaz	24.87	21.95	6.67	41.61	1.51	3.39
Senahú	26.03	21.9	6.8	40.38	1.47	3.42
Tactic	22.62	22.04	6.55	43.42	1.57	3.8
Tamahú	25.86	23.24	7.21	38.79	1.42	3.49
Promedio	<b>24.55</b>	<b>22.41</b>	<b>6.93</b>	<b>43.11</b>	<b>1.53</b>	<b>3.37</b>

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

---

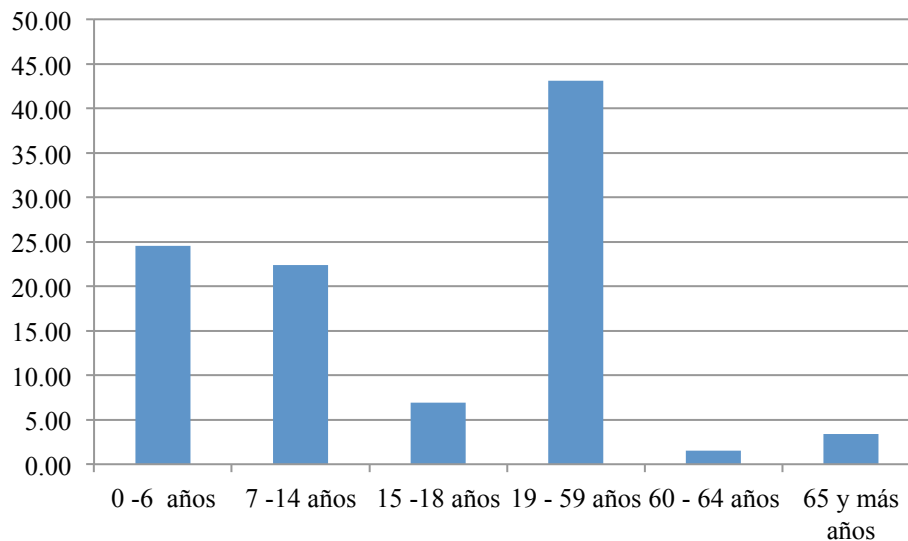
<sup>1</sup> nd: información no disponible

Gráfico 3. Población según edad.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2003.

Gráfico 4. Distribución de población por rango de edades.



Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

#### 4. Distribución de la población por área.

Tabla 71. Distribución de población por área urbana y rural.

Municipio	Urbana %	Rural %
Santa María Cahabón	18	82
Chahal	23	77
Cobán	33	67
Lanquín	10	90
Panzós	36	64
San Cristóbal Verapaz	49	51

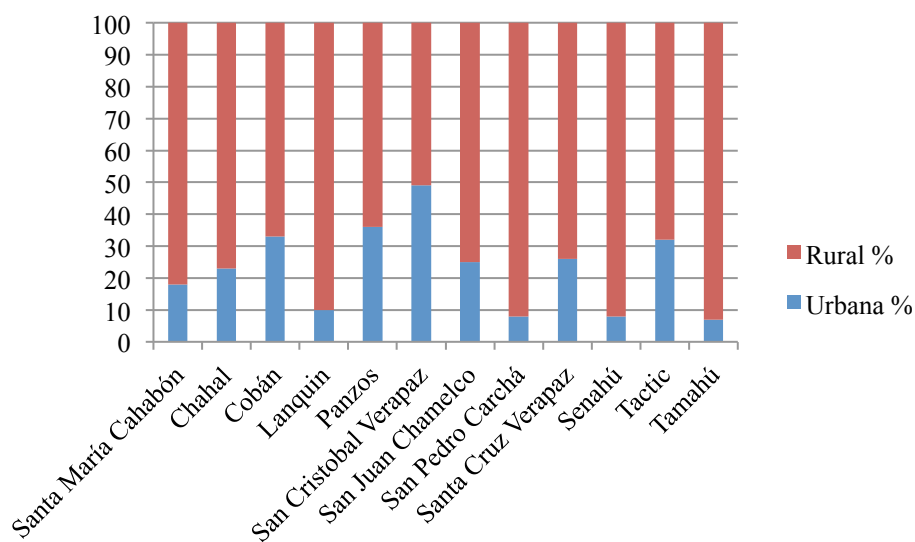
Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Continuación Tabla 71. Distribución de población por área urbana y rural.

Municipio	Urbana %	Rural %
San Juan Chamelco	25	75
San Pedro Carchá	8	92
Santa Cruz Verapaz	26	74
Senahú	8	92
Tactic	32	68
Tamahú	7	93

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Gráfico 5. Porcentajes de residencia urbana y rural para municipios de Alta Verapaz.



Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Según el Gráfico 5, se visualiza claramente que la mayoría de la población reside en el área rural. En Apéndice se incluye un mapa de porcentaje de población que habita en el área rural (ver Mapa 8).

## 5. Población indígena y no indígena.

Tabla 72. Porcentaje de población indígena y no indígena por municipio.

Municipio	Indígena %	No indígena %
Santa María Cahabón	98	2
Chahal	94	6

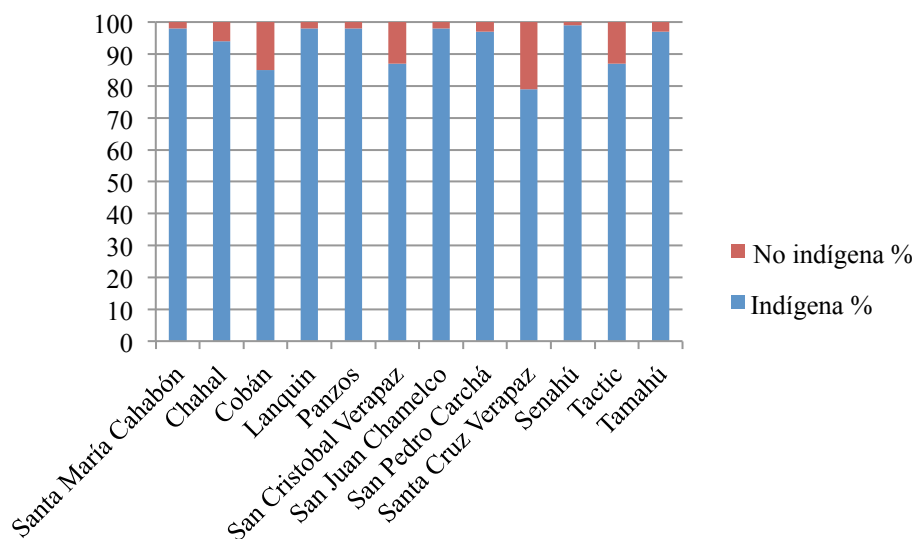
Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Continuación Tabla 72. Porcentaje de población indígena y no indígena por municipio.

Municipio	Indígena %	No indígena %
Cobán	85	15
Lanquín	98	2
Panzós	98	2
San Cristóbal Verapaz	87	13
San Juan Chamelco	98	2
San Pedro Carchá	97	3
Santa Cruz Verapaz	79	21
Senahú	99	1
Tactic	87	13
Tamahú	97	3

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Gráfico 6. Porcentajes de indígenas y no indígenas para municipios de Alta Verapaz.



Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

En el Gráfico 6, se observa que la mayoría de población de cada municipio de Alta Verapaz es indígena, ya sea de cualquiera de las cuatro etnias presentes en la región. Santa Cruz Verapaz es el municipio con menor cantidad de indígenas y Senahú es el que presenta mayor cantidad de indígenas.

## E. Características socioculturales.

**1. Hechos históricos relevantes de la zona y contexto social.** Los antecedentes históricos se entienden como el proceso de acontecimientos que permiten la comprensión de los hechos importantes del pasado.

El origen del pueblo Q'eqchi' se remonta a la edad de oro. Se considera que fue en el siglo VI que un grupo de dirigentes emigró del Peten central hacia el Sur, asentándose en la Verapaz. De esta forma el pueblo Q'eqchi' se convierte en el primer grupo maya establecido en la región.

Hasta la llegada de los españoles, los nativos se dedicaban principalmente al cultivo de la tierra, a la que amaban respetaban y reverenciaban como divinidad. Cultivaban maíz, frijol, chile, cacao, achiote y algodón. Se dedicaban a la caza y a la pesca. Al frente de cada grupo había un anciano que dirigía los trabajos, las celebraciones y les enseñaba a los más jóvenes su experiencia.

Es importante destacar que el departamento de Alta Verapaz fue uno de los más afectados durante el conflicto armado interno. Durante los años de guerra, el departamento fue afectado por la represión. Con la firma de los Acuerdos de Paz en 1996, los ex-guerrilleros se integraron de nuevo a la sociedad civil. En el año 1997 se crea una comunidad llamada Tuilá, que recibió a 110 familias de retornados que habían salido del país huyendo del conflicto. Estas familias son pertenecientes a las etnias Q'eqchi', Canjobal, Chuj, Mam y Quiché.

**2. Creencias y cosmovisión.** La filosofía indígena parte de la vida y siempre es aceptada como algo positivo en la lucha vida-muerte. El objeto de la sabiduría, de la religión y de la cultura siempre es el humano.

**a. Q'eqchi'.** La mayoría de la población de esta área pertenece a la etnia Q'eqchi'. El Q'eqchi' es introvertido y conservador en sus costumbres y tradiciones. Han sido muy reservados con las tradiciones de sus antepasados y difícilmente las muestra o cuenta. Esta elección del pueblo, se puede basar en factores del medio ecológico y al aislamiento al que hasta hace poco estaba confinada (Cabarrús, 1979). Todo tiene vida, todo tiene espíritu, todo tiene sentimientos. Por eso el hombre no puede apoderarse de las cosas, no es dueño de ellas, solo servidor. Hacer usos incorrectos de las cosas y abusar del equilibrio establecido por Dios es romper con el orden establecido en el universo (Herrera, 2006). Tienen una organización cohesionada, formalizada y muchas veces legalizada. Está representado por un Consejo de Ancianos. Facilitan el alcance del bien común debido a su tipo de organización. Buscan resolver los conflictos por la vía del consenso y es una decisión comunal debido a que se entiende como una capacidad de servicio.

«Los líderes son voceros, consejeros y facilitadores de la comunidad, ningún hombre manda a los demás, solo los dirige hacia un acuerdo» (SEGEPLAN, 2011).

El concepto de persona para los Q'eqchi' está compuesto por cuerpo, espíritu, corazón y sombra. La persona puede ser de dos dimensiones: hombre y mujer. La persona queda integrada a Dios, a los demás y a la naturaleza. La familia es uno de los más grandes valores para el mundo Q'eqchi' y las relaciones entre la familia, como dentro de la comunidad están marcadas por el respeto, la armonía y la austeridad. La educación a los hijos es más persuasiva que impositiva. La mujer es valorada por su capacidad de educar para los valores de la vida y de la comunidad. Los ancianos son los portadores de la cultura, son amados y respetados como autoridades, ejercen por medio de la palabra. Las ideas y creencias conforman el mundo de los Q'eqchi', estas obligan a cada familia y miembro a pedir perdón, ayuda y protección por medio de rituales, dirigidos a seres divinos encargados de la fertilidad de la tierra, de la lluvia y de las cosechas. La "tierra" para los Q'eqchi', es vista como prestigio social, como medio de subsistencia familiar en el ámbito económico y en el aspecto cultural como punto central de la cosmovisión y espiritualidad. Además, se considera un "elemento sagrado, madre que da vida, raíz del ser humano, entre otras" (SEGEPLAN, 2011).

Por la forma de ver este recurso, esta etnia le tiene un gran respeto al territorio y a los recursos naturales existentes. Consideran que se debe utilizar la tierra en lugar de ser propietario del territorio.

El sincretismo religioso, la relación con la naturaleza y el ser humano hacen que se identifiquen 89 lugares sagrados catalogados como importantes para la población de cada municipio. Se considera que existen otros lugares que solamente los ancianos conocen y que se van olvidando. La etnia Q'eqchi' es la que más se ha resistido a abandonar su cultura.

**b. Poqomchi'.** Los pocomchies son descendientes del tronco "nim poqom". Se caracterizan por su amabilidad y cortesía. La religión ocupa un lugar preponderante; la relación con los espíritus es el centro de su vida ceremonial. Los espíritus de los cerros son especiales para ellos, pues allí habitan los seres sobrenaturales considerados creadores y dueños del destino del hombre. La participación de los niños en las ceremonias los diferencia con respecto a otras etnias.

Mantienen relaciones de cooperación en actividades productivas en las cuales hay intercambios de mano de obra en situaciones como la siembra, cosecha y construcción de casas. Estas ayudas deben ser pagadas parcialmente en el momento con alimento. La caza es una actividad importante para la obtención de alimentos, por lo que prefieren vivir cerca de sierras y montañas. Actualmente, resaltan la elaboración de tejidos en telares de cintura, así como artesanías en plata.

### 3. Grupos étnicos.

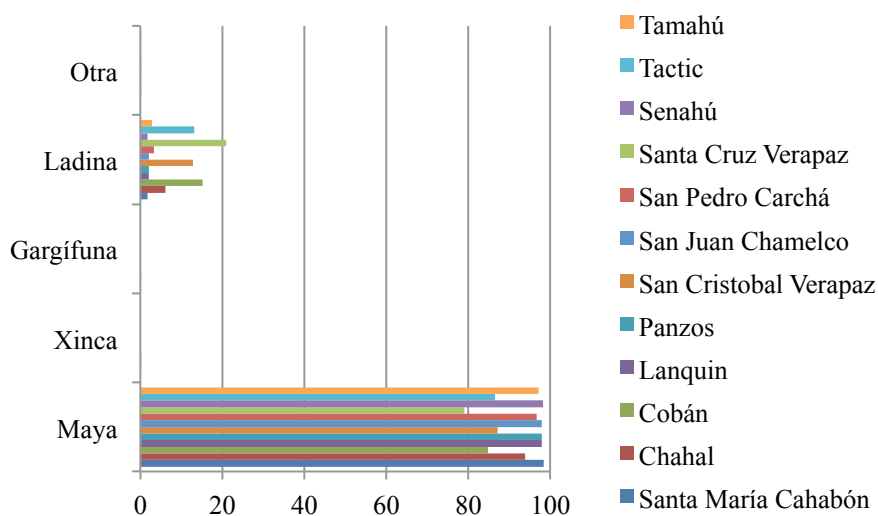
Tabla 73. Distribución de grupos étnicos en porcentaje de población.

Municipio	Maya	Xinca	Garífuna	Ladina	Otra
Santa María Cahabón	98.32	0	0	1.68	0
Chahal	93.82	0.01	0.01	6.16	0
Cobán	84.76	0.01	0	15.17	0.06
Lanquín	97.97	0.01	0	2.01	0.01
Panzós	97.85	0	0	2.14	0
San Cristóbal Verapaz	87.14	0	0	12.82	0.05
San Juan Chamelco	97.89	0	0	2.07	0.04
San Pedro Carchá	96.73	0	0	3.24	0.03
Santa Cruz Verapaz	78.97	0	0	20.9	0.14
Senahú	98.26	0	0	1.73	0
Tactic	86.53	0	0	13.21	0.24
Tamahú	97.1	0	0	2.86	0.04

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

La población Q'eqchí', basado en el censo 2002 representan el 7.6 % de la población completa del país. La comunidad Poqomchi' estaría alrededor del 0.6% de la población total. Estas dos poblaciones pertenecen a la etnia maya. Juntas ambas comunidades se alcanza el 93% de la población indígena.

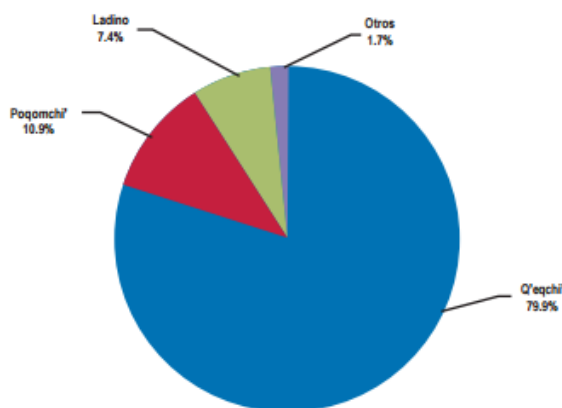
Gráfico 7. Distribución poblacional por etnia.



Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

En el Gráfico 7 se contempla que la mayoría de población que habita en Alta Verapaz, pertenece a la etnia Maya. El resto de la población se divide entre Ladinos, Xincas, Garífunas y otras. Los ladinos representan el mayor porcentaje después de los mayas, por lo que el porcentaje de Xincas y Garífunas es menor.

Gráfico 8. Composición étnica de Alta Verapaz.



Fuente: PNUD, 2011.

## F. Características socioeconómicas.

**1. Actividades económicas en la cuenca del río Cahabón.** La población económicamente activa del departamento de Alta Verapaz es del 37.2%, de cual el 30.09 son hombres y 7.23% mujeres. Tactic es el municipio con más Población Económicamente Activa (PEA) y Tamahú el municipio con menor PEA.

La mayoría de la población se ocupa en el sector primario de la economía, en actividades de tipo agrícola 69.49%, en el sector secundario el 8.81% y en el terciario el 18.4%. El sector primario comprende las actividades encaminadas a la obtención de recursos de la naturaleza. Estas actividades son agricultura, ganadería, pesca, minería y explotación forestal. El sector secundario está formado por actividades como artesanía, obtención de fuentes de energía y la industria en donde la materia prima es transformada en productos de consumo. El sector terciario reúne los trabajos consistentes en ofrecer servicios como enseñanza, medicina y hostelería.

En el sector de industria el 69.91% son mujeres. Las mujeres también participan en el comercio y en su mayoría trabajan por cuenta propia o son empleadas del sector privado.

La agricultura y la prestación de servicios son actividades en las que predominan los hombres. El café, cardamomo, achiote, cacao y palma africana son cultivos que se destinan al mercado internacional y Alta Verapaz es el mayor productor del cardamomo.

La carencia de empleo y los bajos salarios ocasionan la migración de los pobladores hacia regiones del país como Escuintla, Puerto Barrios, Petén en donde se ocupan como jornaleros. La mujeres generalmente migran hacia la capital para ocuparse de labores domésticas.

**a. Urbanismo: vías terrestres, poblaciones, distribución poblacional.** La cabecera y mayor centro urbano del departamento de Alta Verapaz, Cobán, se encuentra dentro de la cuenca del río Cahabón. Únicamente la cuenca, tiene una población aproximada de 324,000 habitantes, equivalente a cerca del 42% del total de la población de Alta Verapaz según datos del censo realizado en el año 2002 por el Instituto Nacional de Estadística. El mismo departamento, representaba una mayoría de población rural mientras que únicamente el 21% de esta se consideraba urbana. Sin embargo, los centros urbanos principales del departamento se encuentran dentro de la cuenca de estudio, que incluyen a la cabecera departamental, San Cristóbal Verapaz, San Pedro Carchá y San Juan Chamelco (INE, 2003).

Tabla 74. Población urbana de los municipios de Alta Verapaz ubicados dentro de la cuenca del río Cahabón.

<b>Municipio</b>	<b>Población (habitantes)</b>	<b>Porcentaje de población por centro urbano (%)</b>
Cobán	47,202	45.37
San Cristóbal Verapaz	16,445	15.81
San Pedro Carchá	11,941	11.48
San Juan Chamelco	9,626	9.25
Tactic	7,852	7.55
Santa Cruz Verapaz	5,004	4.81
Cahabón	4,254	4.09
Lanquín	1,714	1.65
Total	104,038	100.00

Fuente: INE, 2003.

Como se observa en la Tabla 74, la población urbana del municipio de Cobán corresponde al 45% de la población urbana de los municipios del departamento de Alta Verapaz que se encuentran dentro de los límites de la cuenca. Este porcentaje se podría añadir al 11% correspondiente a San Pedro Carchá, que en conjunto a la cabecera departamental y pueblos aledaños, representan la mayor mancha urbana observable en la cuenca. Al asumir la tasa de crecimiento del 2.4% obtenida en los resultados del censo realizado en el

2002 para toda Guatemala, la población urbana en los municipios de Alta Verapaz pertenecientes a la cuenca llegaría a un aproximado de 142,000 habitantes. De estos, cerca de 80,500 habitantes estarían en el área urbana de los municipios de Cobán y de San Pedro Carchá (INE, 2002).

De acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadística, el departamento de Alta Verapaz, al año 2013, contaba con 340 km de carreteras asfaltadas, 540 km de carreteras de terracería y aproximadamente 230 kilómetros de caminos rurales (INE, 2014). De los 340 km de carreteras asfaltadas en el departamento de Alta Verapaz, 39 km corresponden a las rutas centroamericanas y 170 km a las rutas nacionales. La carretera asfaltada de mayor importancia en el área es la ruta centroamericana CA-14 que comunica a los centros poblados de Tactic, Santa Cruz Verapaz y Cobán, en la cuenca, con la ruta centroamericana CA-9 Norte al sur en el departamento de El Progreso (ver Mapa 9). Otro trayecto de importancia incluye un tramo de la ruta nacional RN 5, que comunica los poblados al noreste de la cuenca. Además, la ruta nacional RN-6 comunica a los poblados de San Agustín Lanquín y Santa María Cahabón, donde la ruta departamental AV-29 comunica hacia Izabal. Sin embargo, se observa nula comunicación entre la zona sur de la cuenca y el lado norte a excepción de los tramos mencionados, aunque estos prácticamente rodean el río Cahabón sin atravesarlo (Dirección General de Caminos, 2014).

**b. Agricultura: tipos de cultivo, superficie agrícola.** De acuerdo a resultados del último censo poblacional efectuado en Guatemala en el año 2002, el 10% de la población se dedicaba a labores agropecuarias y de pesca. En el departamento de Alta Verapaz, cerca de 150,000 se dedicaban a dicha labor, la cual representaba al 69% de la población económicamente activa al año en que se efectuó el censo (INE, 2003).

Tabla 75. Población dedicada a la agricultura por municipio de Alta Verapaz en la cuenca del río Cahabón.

Municipio	Habitantes dedicados a la «agricultura, caza, silvicultura y pesca»	Población económicamente activa (habitantes)	Porcentaje de la población económicamente activa (%)
Cobán	24,215	44,997	53.81
Santa Cruz Verapaz	2,882	5,436	53.02
San Cristóbal Verapaz	6,424	11,516	55.78
Tactic	2,923	8,454	34.58
Tamahú	1,818	2,625	69.26
Panzós	9,231	10,854	85.05
Senahú	11,482	12,481	92.00
San Pedro Carchá	34,184	44,967	76.02

Fuente: INE, 2003:128.

Continuación Tabla 75. Población dedicada a la agricultura por municipio de Alta Verapaz en la cuenca del río Cahabón.

Municipio	Habitantes dedicados a la «agricultura, caza, silvicultura y pesca»	Población económicamente activa (habitantes)	Porcentaje de la población económicamente activa (%)
San Juan Chamelco	5,769	13,130	43.94
Lanquín	3,768	4,306	87.51
Cahabón	10,693	12,435	85.99
Chahal	3,261	3,891	83.81
Total	116,650	175,092	66.62

Fuente: INE, 2003:128.

A excepción de Tactic y San Juan Chamelco, se observa que más del 50% de la población en los municipios del departamento de Alta Verapaz ubicados dentro de la cuenca del río Cahabón se dedican a actividades agropecuarias. Inclusive, este porcentaje se incrementa arriba del 80% en los municipios de Panzós, Senahú, Lanquín, Cahabón y Chahal, los cuales se encuentran ubicados distantes de la cabecera departamental (INE, 2003). Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, al 2004, 43.71% de la superficie total de la cuenca mencionada era dedicada a algún tipo de agricultura, de la cual la mayoría correspondía a agricultura limpia anual, con 41.16% del área total, y menos del 2% del área dedicada al cultivo de café (MAGA, 2004a).

Tabla 76. Principales cultivos en los municipios de la cuenca del río Cahabón.

Municipio	Cultivos										
	Maiz	Frijol	Arroz	Aguacate	Café	Caña de azúcar	Cardamomo	Pimienta	Cacao	Plátano	Otros frutos
Purulhá (B. Verapaz)	X	X			X		X				
El Estor (Izabal)					X			X	X		X
Cahabón	X	X							X		X
Chahal										X	X
Cobán	X	X			X	X		X	X	X	
Lanquín											
Panzós	X		X		X						X

Fuente: MARN, 2011.

Continuación Tabla 76. Principales cultivos en los municipios de la cuenca del río Cahabón.

Municipio	Cultivos										
	Maíz	Frijol	Arroz	Aguacate	Café	Caña de azúcar	Cardamomo	Pimienta	Cacao	Plátano	Otros frutos
San Cristóbal Verapaz	X	X		X	X		X	X			X
San Juan Chamelco	X	X	X	X	X		X	X	X		X
San Pedro Carchá	X	X		X	X	X	X	X			X
Santa Cruz Verapaz	X	X		X	X	X		X		X	X
Senahú					X						
Tactic	X	X		X	X	X					X
Tamahú					X						

Fuente: MARN, 2011.

A pesar que representaba un área reducida dedicada a su cultivo, el café es uno de los principales cultivos de la zona, pues prácticamente se cultiva en la mayoría de municipios a menor o mayor escala. El café es el principal producto agrícola de San Pedro Carchá debido a la elevación en que se encuentra el municipio, además se ha presentado un aumento en el cultivo de papa en dicho municipio. Tactic es un importante productor de hortalizas, especialmente para los cultivos de repollo, ejote y brócoli. También es productor de frutas tales como nísperos, moras, cítricos y manzana. Además de las hortalizas, que incluyen tomate, brócoli y repollo, el té y los cítricos son cultivados en varios municipios, incluidos Panzós, San Juan Chamelco, San Pedro Carchá y Santa Cruz Verapaz. Panzós, ubicado al final de la cuenca y con áreas al nivel del mar, produce banano, coco, citronela y aceite de nuez de corozo debido a las condiciones climáticas que posee debido a su elevación (MARN, 2011).

**c. Ganadería.** En los municipios dentro de la cuenca del río Cahabón, de acuerdo a datos del MARN (2011), únicamente se reportan tres de ellos con actividades relacionadas. A pequeña escala, los municipios de Cobán, Carchá y Tactic presentan actividad ganadera. En el caso de Tactic su producción es para la industria láctea, mientras que en Carchá se reporta tanto ganado bovino como porcino (MARN, 2011).

**d. Otros: industria y minería.** Al año 2002, 10,160 habitantes de Alta Verapaz se dedicaban a la «industria manufacturera textil y alimenticia», lo cual representaba al 4.67% de la población económicamente activa (INE, 2003:128). Dentro de toda la industria de transformación en la región, o sector secundaria, se identifica al 8.81% del total de la población económicamente activa, con una mayoría femenina laborando en dicha actividad. Debido al mercado de exportación de productos como el café y el

cardamomo, su proceso previo a la exportación es considerado de carácter industrial. También el té es procesado industrialmente para consumo nacional. Estas actividades de transformación de productos agrícolas se centran especialmente en la cabecera departamental y los municipios de San Juan Chamelco y Carchá (SEGEPLAN, 2011).

Otros sectores de la industria que se desarrollan dentro los municipios de la cuenca del río Cahabón son el calzado y procesamiento de lácteos. En el municipio de Tactic se desarrolla la ganadería y es donde se concentra la industria láctea en la zona, mientras que en San Cristóbal Verapaz se destina el cuero para la producción de calzado. Otra actividad relevante es la producción artesanal e industria textilera, donde las mujeres juegan un papel importante, especialmente, pero no limitado a, los municipios de la región Poqomchí, que incluyen a los municipios de Tactic, Santa Cruz Verapaz y San Cristóbal Verapaz. Sin embargo, la zona se caracteriza por la actividad comercial, principalmente en el área suroccidental de la cuenca, donde los mayores centros urbanos se localizan. La misma se favorece por las vías de comunicación entre los principales poblados y su relativa cercanía, aunque también esto favorece el acopio del producto de exportación (SEGEPLAN, 2011).

En el departamento de Alta Verapaz, se estimó más de 26 millones de metros cúbicos de agua destinados a distintas actividades industriales, la mayor correspondiente a la industria de alimentos. Sin embargo, no se encuentra entre los mayores consumidores de agua para dicho fin en el país. A nivel nacional se calculaba al año 2005 un consumo de 929 millones de metros cúbicos, aunque el mayor consumidor era la agricultura mediante riego, con 1,886 millones de metros cúbicos anuales (Buch y Cobos, 2006).

Tabla 77. Consumo de agua anual por actividad industrial en el departamento de Alta Verapaz.

<b>Tipo de industria</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Agroindustria	1,346,995	5.15
Alimentos	19,003,103	72.62
Otras	5,816,748	22.23
Total	26,166,846	100.00

Fuente: Buch y Cobos, 2006.

En el departamento de Alta Verapaz, la minería no resulta una actividad con mayor desarrollo aun. Sí existe industria extractiva de minerales «como cobalto, cobre, cromo y níquel». Otros productos de la minería destinados a su uso en materiales de construcción incluyen «mica, sal gema y yeso», usualmente extraídos de canteras. Sin embargo, existen licencias de exploración otorgadas por el Ministerio de Energía y Minas concentradas especialmente en los municipios de Cahabón, Senahú y Panzós, que son municipios que forman parte a la cuenca del río Cahabón (SEGEPLAN, 2011:49).

Licencias de explotación otorgadas en el área, se pueden identificar 11 en los municipios de Tactic, Santa Cruz Verapaz y San Cristóbal Verapaz. Estos se dedican a la extracción de caliza, arena de río y arena cataclástica. De exploración existen dos en San Juan Chamelco y San Pedro Carchá para la extracción de minerales que incluyen plomo, plata y zinc. También, son 5 licencias de exploración para extracción de oro, plata, níquel, zinc, cobre, plomo entre otros metales y 2 de explotación para la extracción de níquel, cobalto, hierro y magnesio en los municipios de Cahabón, Senahú, Panzós y El Estor (MEM, 2015).

**e. Energía: hidroeléctricas.** Por medio de hidroeléctricas, Alta Verapaz tiene el potencial de utilizar su recurso hídrico para la generación de energía eléctrica. En el departamento, operan 4 hidroeléctricas las cuales incluyen a la mayor del país, la hidroeléctrica Chixoy en el municipio de San Cristóbal Verapaz, con generación de hasta 300 MW (SEGEPLAN, 2011). Al año 2014, se encontraban autorizados en la cuenca del río Cahabón 5 proyectos hidroeléctricos que aportarían 299.75 MW adicionales a los 68.10 MW ya instalados, para un total de 367.85 MW (MEM, 2014). A pesar de ello, Alta Verapaz únicamente cuenta con cobertura eléctrica del 30% del territorio, donde la región Poqomchí alcanza una cobertura del 72% pero los municipios de Lanquín y Cahabón en promedio únicamente tiene 33% de cobertura (SEGEPLAN, 2011).

Tabla 78. Hidroeléctricas y proyectos hidroeléctricos en la cuenca del río Cahabón.

Hidroeléctrica	Río	Municipio	Capacidad (MW)	Estado
Renace	Cahabón	San Pedro Carchá	68.10	En operación
Renace II	Cahabón	San Pedro Carchá y San Agustín Lanquín	195.00	«Pendiente de entrar en operación»
El Volcán	Chiacté	Senahú y Santa María Cahabón	26.00	«Pendiente de entrar en operación»
Entre Ríos	Lanquín y Chianay	San Agustín Lanquín	8.25	«Pendiente de entrar en operación»
Oxec	Oxec	Santa María Cahabón	25.50	«Pendiente de entrar en operación»
Oxec II	Cahabón	Santa María Cahabón	45.00	Autorizado

Fuente: MEM, 2014.

A continuación se presentan algunos datos importantes de las hidroeléctricas instaladas en Alta Verapaz, con el fin de mostrar de una manera introductoria el potencial que posee el área para proyectos de esta índole.

### 1) Central Hidroeléctrica Chixoy.

Tabla 79. Ficha de información general Hidroeléctrica Chixoy.

<b>Datos Generales</b>	
Presa	Hidroeléctrica Chixoy
Entidad propietaria	EGEE del INDE
Clasificación de la presa	Muy alta consecuencia
Ubicación - Departamento	Alta Verapaz
Ubicación - Municipio	San Cristóbal Verapaz
Coordenada geográfica - latitud	15°16'52.15°N
Coordenada geográfica - longitud	90°29'27.38''O
UTM - HUSO	15 P
Coordenada UTM (m) - Este	769461.72
Coordenada UTM (m) - Norte	1690978.7

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

Tabla 80. Ficha técnica Hidroeléctrica Chixoy.

<b>Información técnica</b>	
Caída bruta (m)	433
Crecida centenaria (m <sup>3</sup> /s)	-----
Crecida milenaria (m <sup>3</sup> /s)	5200
Caudal a turbinar (m <sup>3</sup> /s)	75
Tipo de turbina	Pelton
Potencia total placa (MW)	300
Potencia Efectiva (MW)	280.983
Fecha de entrada a operación	Noviembre de 1983
Tipo de presa	Materiales sueltos con núcleo de arcilla
Uso de la presa / embalse	Embalse regulación anual
Altura de presa (m)	110
Volumen almacenado de agua (m <sup>3</sup> )	460000000
Altitud de la corona (msnm)	815
Altitud de río aguas abajo (msnm)	0
Longitud de corona (m)	250

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

## 2) Central Hidroeléctrica Chichaic.

Tabla 81. Ficha de información general Hidroeléctrica Chichaic

<b>Datos Generales</b>	
Presa	Hidroeléctrica Chichaic
Entidad propietaria	EGEE del INDE
Clasificación de la presa	Alta consecuencia
Ubicación - Departamento	Alta Verapaz
Ubicación - Municipio	Cobán
Coordenada geográfica - latitud	15°26'37.19"N
Coordenada geográfica - longitud	90°24'40.87"O
UTM - HUSO	15 P
Coordenada UTM (m) - Este	777798.48
Coordenada UTM (m) - Norte	1709069.95

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

Tabla 82. Ficha técnica Hidroeléctrica Chichaic.

<b>Información técnica</b>	
Caída Bruta (m)	25
Crecida centenaria (m3/s)	98
Crecida milenaria (m3/s)	135
Caudal a turbinar (m3/s)	-----
Tipo de turbina	Francis eje horizontal
Potencia total placa (MW)	0.6
Potencia efectiva (MW)	0.456
Fecha de entrada a operación	Julio de 1979
Tipo de presa	Concreto estructural - gravedad
Uso de la presa / embalse	Embalse regulación diaria
Altura de presa (m)	5
Volumen almacenado de agua (m3)	36000
Altitud de la corona (msnm)	1000.75
Altitud de río aguas abajo (msnm)	995.75
Longitud de corona (m)	40

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

### 3) Central Hidroeléctrica Renace.

Tabla 83. Ficha de información general Hidroeléctrica Renace.

<b>Datos generales</b>	
Presa	Hidroeléctrica Renace
Entidad propietaria	Renace, S.A.
Clasificación de la presa	Muy baja consecuencia
Ubicación - Departamento	Alta Verapaz
Ubicación - Municipio	San Pedro Carchá
Coordenada geográfica - latitud	15°29'22.65''N
Coordenada geográfica - longitud	90°14'11.43''O
UTM - HUSO	15 P
Coordenada UTM (m) - Este	796408
Coordenada UTM (m) - Norte	1714274

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

Tabla 84. Ficha técnica Hidroeléctrica Renace.

<b>Información técnica</b>	
Caída bruta (m)	210
Crecida centenaria (m <sup>3</sup> /s)	750
Crecida milenaria (m <sup>3</sup> /s)	1200
Caudal a turbinar (m <sup>3</sup> /s)	34.5
Tipo de turbina	Francis
Potencia total placa (MW)	68.1
Potencia efectiva (MW)	66.532
Fecha de entrada a operación	marzo de 2004
Tipo de presa	Concreto estructural - gravedad
Uso de la presa/embalse	Derivación de caudal
Altura de presa (m)	7.5
Volumen almacenado de agua (m <sup>3</sup> )	120000
Altitud de la corona (msnm)	1205.1
Altitud de río aguas abajo (msnm)	1200.85
Longitud de corona (m)	26.85

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

#### 4) Central Hidroeléctrica Santa Teresa

Tabla 85. Ficha de información general Hidroeléctrica Santa Teresa.

<b>Datos generales</b>	
Presa	Hidroeléctrica Santa Teresa
Entidad propietaria	Agro Comercializadora del Agropolo chic, S.A.
Clasificación de la presa	Alta consecuencia
Ubicación - Departamento	Alta Verapaz
Ubicación - Municipio	Tucurú
Coordenada geográfica - latitud	15°17'58.15''N
Coordenada geográfica - longitud	90°9'46.91''O
UTM - HUSO	15 P
Coordenada UTM (m) - Este	804674.6
Coordenada UTM (m) - Norte	1693442.51

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

Tabla 86. Ficha técnica Hidroeléctrica Santa Teresa.

<b>Información técnica</b>	
Caída bruta (m)	-----
Crecida centenaria (m <sup>3</sup> /s)	250
Crecida milenaria (m <sup>3</sup> /s)	320
Caudal a turbinar (m <sup>3</sup> /s)	-----
Tipo de turbina	-----
Potencia total placa (MW)	16.2
Potencia efectiva (MW)	-----
Fecha de entrada a operación	junio de 2011
Tipo de presa	Francis de eje vertical
Uso de la presa/embalse	Embalse regulación diaria
Altura de presa (m)	29.4
Volumen almacenado de agua (m <sup>3</sup> )	615000

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

### 5) Central Hidroeléctrica La Perla.

Tabla 87. Ficha de información general Hidroeléctrica La Perla.

<b>Datos generales</b>	
Presa	Hidroeléctrica La Perla
Entidad propietaria	Hidrosacpur, S.A.
Clasificación de la presa	Alta consecuencia
Ubicación – Departamento	Alta Verapaz
Ubicación – Municipio	San Miguel Tucurú
Coordenada geográfica – latitud	15°18'40.52''N
Coordenada geográfica – longitud	90°3'59.97''O
UTM – HUSO	15 P
Coordenada UTM (m) – Este	815014.61
Coordenada UTM (m) – Norte	1694883.46

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

Tabla 88. Ficha técnica Hidroeléctrica La Perla.

<b>Información técnica</b>	
Caída bruta (m)	253
Crecida centenaria (m <sup>3</sup> /s)	-----
Crecida milenaria (m <sup>3</sup> /s)	-----
Caudal a turbinar (m <sup>3</sup> /s)	-----
Tipo de turbina	Pelton
Potencia total placa (MW)	3.7
Potencia efectiva (MW)	3.7
Fecha de entrada a operación	octubre de 2011
Tipo de presa	Concreto estructural - gravedad
Uso de la presa/embalse	Embalse regulación diaria
Altura de presa (m)	6.5
Volumen almacenado de agua (m <sup>3</sup> )	44454
Altitud de la corona (msnm)	602.5
Altitud de río aguas abajo (msnm)	596
Longitud de corona (m)	18

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

## 6) Central Hidroeléctrica Secacao.

Tabla 89. Ficha de información general Hidroeléctrica Secacao.

<b>Datos generales</b>	
Presa	Hidroeléctrica Secacao
Entidad propietaria	Hidroeléctrica Secacao, S.A.
Clasificación de la presa	Baja consecuencia
Ubicación - Departamento	Alta Verapaz
Ubicación - Municipio	Senahú
Coordenada geográfica - latitud	15°24'31.16''N
Coordenada geográfica - longitud	89°46'44.16''O
UTM - HUSO	16 P
Coordenada UTM (m) - Este	201717.73
Coordenada UTM (m) - Norte	1705448.95

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

Tabla 90. Ficha técnica Hidroeléctrica Secacao.

<b>Información técnica</b>	
Caída bruta (m)	524
Crecida centenaria (m <sup>3</sup> /s)	-----
Crecida milenaria (m <sup>3</sup> /s)	-----
Caudal a turbinar (m <sup>3</sup> /s)	3.9
Tipo de turbina	Pelton eje horizontal
Potencia total placa (MW)	16.5
Potencia efectiva (MW)	16.225
Fecha de entrada a operación	julio de 1998 / junio de 2009
Tipo de presa	Concreto estructural - gravedad
Uso de la presa/embalse	Embalse regulación diaria
Altura de presa (m)	7.45
Volumen almacenado de agua (m <sup>3</sup> )	56890
Altitud de la corona (msnm)	802.45
Altitud de río aguas abajo (msnm)	-----
Longitud de corona (m)	100.99

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica De Guatemala.

**2. Potencial de la zona.** La zona de las Verapaces, es reconocida por sus abundantes recursos naturales y la gran riqueza de sus cuencas hidrográficas, especialmente el departamento de Alta Verapaz. La mayoría de sus actividades productivas se basan en estos elementos. Es una zona con una cultura moral muy cimentada, la que se caracteriza por la ayuda mutua (Pape, 2011).

Esta situación se ejemplifica cuando se identifica a los ríos Cahabón y Polochic como protagonistas en cuanto a la historia y cultura de Alta Verapaz. Estos dos cuerpos de agua han funcionado históricamente como una vía de comunicación, sin mencionar la importancia que tiene esta en la diversidad biológica de la zona siendo los acuíferos y sistemas de aguas superficiales los más notables. Ha fungido como un santuario espiritual para la cosmovisión religiosa de los pobladores. Los ríos, han sido los principales responsables de ir modificando el relieve de la zona dando origen a los accidentes característicos de la zona. La importancia de los ríos Polochic y Cahabón para la zona, hace que estos se comparen con ríos del extranjero como el Colorado, el Amarillo o el Ganges, por lo que su preservación es vital para el desarrollo de la zona.

La cuenca cuenta con una gran parte de selvas montañosas, que junto a los ríos han sido un factor primordial para la proliferación de fauna, flora y asentamientos humanos. Su amplia diversidad de ecosistemas le hace ocupar el segundo lugar en cantidad de ecosistema a nivel nacional, cuentan con el mayor número de plantas endémicas en todo el departamento y con lo que respecta a vida silvestre se encuentra una gran variedad de especies de, aves, tucanes jaguares, tapires, cantiles, serpientes, peces siendo una de las zonas más ricas, en términos ecológicos. Dentro de las especies endémicas más notables son el Quetzal y la Monja Blanca, ave y flor nacional respectivamente (Pape, 2011).

La cantidad de sus recursos hídricos es tal que estudios muestran que por medio de proyectos hidroeléctricos, se abastecería de energía eléctrica a toda la región centroamericana. Durante mucho tiempo estos elementos fueron utilizados para consumo humano, riego, pesca y transporte debido a su alta calidad. Cuenta con un gran potencial petrolero y minero. Otro de los grandes atractivos de la zona es el turismo de aventura y el turismo comunitario, ya que aquí se encuentran lugares como cuevas, grutas, siguanes y sitios arqueológicos. Sin embargo en contraste con toda esta riqueza y potencial, la zona ocupa a su vez uno de los últimos lugares en cuanto a Desarrollo Humano.

**3. Importancia económica de la zona.** El departamento de Alta Verapaz es una región transcendental para la economía Guatemalteca y Centroamericana. Esta afirmación se refleja por medio de la identificación de las tres fuentes de desarrollo económico, las cuales son:

a. Cuenca del río Cahabón: es una zona donde el río ha sido el motor del desarrollo económico y el crecimiento poblacional el cual genera un dinamismo económico para los poblados de

Cobán, Carcha y Chamelco. Estimaciones indican que aproximadamente en esta zona el total de las inversiones alcanzan los 400 millones de dólares.

b. Cuenca del río Polochic: Se caracteriza por poseer tierras fértiles con altos índices de precipitaciones anuales. Esto se traduce en un escenario ideal para la siembra de café, azúcar, pala africana y otros alimentos cuya inversión ronda aproximadamente los 300 millones de dólares.

c. Franja Transversal del Norte: esta zona posee uno de los recursos naturales más codiciados hoy en día, el petróleo. Además de esto en esta misma zona se encuentran las cuencas de los ríos Sarstún, Salinas y La Pasión lugares donde se desarrolla inversiones de hasta 400 millones de dólares (Pape, 2011).

Esta zona ha experimentado transformaciones económicas, en las cuales se están cambiando los patrones tradicionales de inversión. Dentro de las principales actividades económicas actuales de la zona se encuentra la implementación de cultivos no tradicionales, palma africana caña de azúcar y piñón, destinados a la producción de aceite industrial y agro combustibles.

Simultáneamente, se han impulsado proyectos de infraestructura, producción energética por medio de hidroeléctricas, minería y agroindustria. Estos se han beneficiado de dos grandes aspectos. El primero que dentro de la cuenca habita aproximadamente un millón de sus habitantes y que estos son de suma importancia para la misma a que los cascos urbanos producen aproximadamente el 60% del PIB departamental. Así mismo se han logrado establecer alianzas estratégicas que ayudan a los proyectos a obtener la posesión de los recursos naturales (Pape, 2011).

Puesto que el las municipalidades no perciben contribuciones ni ingresos con las actividades relacionadas con el manejo de los recursos naturales de la región, estas nuevas formas de inversión no han logrado aumentar los índices de desarrollo de la región. Uno de los primeros datos alarmantes es que el PIB de Alta Verapaz es 7 veces menor a la media del país y en comparación con el PIB del departamento de Guatemala es 12 veces menor. Para marzo el 2011, 908,500 habitantes de la región (79%) viven en condiciones de pobreza y presentan altas tasas de analfabetismo, problema que aqueja principalmente al generó femenino de la población indígena del área rural (Pape, 2011).

## **XIV. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CAHABÓN**

### **A. Ubicación y características físicas.**

El río Cahabón se encuentra en la región norte de Guatemala. Se extiende entre los departamentos de Baja Verapaz, Alta Verapaz e Izabal. La mayor parte del área se encuentra en Alta Verapaz, con las partes altas de la cuenca en los dos primeros departamentos mencionados. Es parte de «la cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce», que comprende además la cuenca del río Polochic, que se extiende entre los departamentos mencionados. La cuenca del río Cahabón, según datos oficiales, tiene un área total de 2,560 km<sup>2</sup> con rangos de altura entre 50 y 2600 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente. El río pertenece a la vertiente del Atlántico o del Mar Caribe, que comprende a los departamentos del nororiente del país (MARN, 2011:15).

El río atraviesa algunos de los principales poblados del departamento de Alta Verapaz, que incluye a su cabecera. Las ciudades o poblados principales de la región incluyen San Cristóbal Verapaz, Cobán y San Pedro Carchá, todas en la parte alta de la cuenca. Otros poblados importantes incluyen a Tactic, Santa Cruz Verapaz y San Juan Chamelco, también en la parte alta. Todos los poblados mencionados se encuentran en el departamento de Alta Verapaz (ver Mapa 10). Su tipo de evacuación es endorreica ya que desemboca en el río Polochic y este a su vez al Lago Izabal. (MARN, 2011).

Para la delimitación de la cuenca se utilizó la herramienta de QGIS 2.2 Valmiera, el cual es un software de Sistema de Información Geográfica. Tiene como fin la ubicación de elementos a partir de elementos geográficos; haciendo uso de sistemas y coordenadas de este tipo. Para ingresar los datos fue necesario el uso de coordenadas geográficas basadas en el sistema mundial WGS 84, por sus siglas en inglés de World Geodetic System de 1984. La OMM dicta que dichas coordenadas deben estar dadas en grados, minutos y segundos. Sin embargo, para ingresar los datos al programa de información geográfica se utilizan las mismas coordenadas pero convertidas a decimales (ver Mapa 11).

#### **1. Zonas de la cuenca.** Las 3 zonas de la cuenca abarcan los siguientes municipios:

- a. Zona de Recolección: Cobán, San Cristóbal Verapaz, Santa Cruz Verapaz, Tactic, Purulhá, San Juan Chamelco, Senahú y parte de San Pedro Carchá.
- b. Zona de Transporte: Parte de Cobán, Tactic, Santa Cruz Verapaz, San Cristóbal Verapaz, San Juan Chamelco, San Pedro Carchá, Senahú, Lanquín, Cahabón, Chahal, El Estor, Panzós.

- c. Zona de Desembocadura: San Pedro Carchá, Lanquín, Cahabón, Parte de Senahú, Cahabón, Chahal, Panzós y El Estor.

Ilustración 142. Primera idea de división de la cuenca por zonas con base en altimetría.



Fuente: Elaborada con hojas cartográficas base de IGN, 2009.

Utilizando el MDE generado mediante el software GIS y el Plugin GRASS, se logró determinar con mayor facilidad el cambio de alturas en el área delimitada. Por lo tanto se clasificaron las zonas de la cuenca con base en 3 grupos de alturas en rangos que se consideraron acorde a la topografía del suelo de la cuenca. Para visualizar de manera más detallada la clasificación (ver Mapa 12)

Tabla 91. Clasificación de alturas para determinar las diferentes zonas de la cuenca.

<b>Alturas división de zonas (msnm)</b>		
Zona de Captación	Zona de Transporte	Zona de Desembocadura
1,928-2700	965-1,736	0-772

Fuente: Elaborado con información IGN, 2009.

Ilustración 143. Clasificación de zonas con base en la altimetría.



Fuente: Elaborado con información IGN, 2009.

**2. Resultados de área y perímetro de la cuenca.** Información según estudio de MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales) la cuenca posee las siguientes características:

- a. Área: 2,476.11 km<sup>2</sup>
- b. Drena hacia la vertiente del Caribe.

Según el polígono digital proporcionada por el MAGA de información al 2005, la cuenca posee las siguientes características:

- a. Área: 2560.25 km<sup>2</sup>
- b. Perímetro: 345.83 km

Con las capas de ríos y la delimitación de la cuenca, realizadas mediante el método tradicional con hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN 2009), la cuenca posee las siguientes características:

- a. Área: 2630 km<sup>2</sup>
- b. Perímetro: 364.88 km

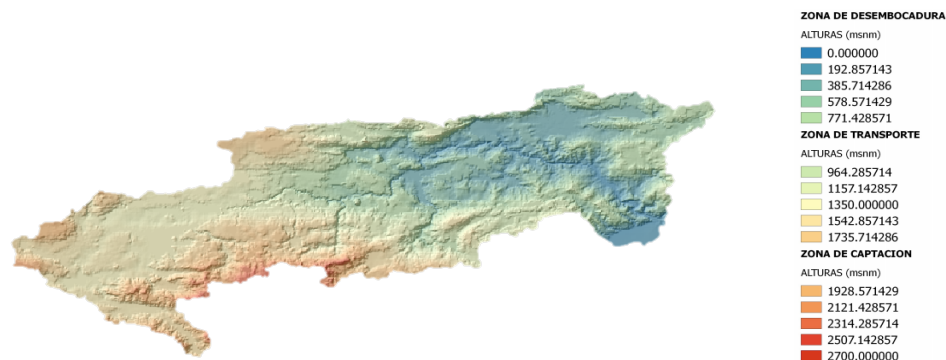
Finalmente, mediante el uso del modelo digital de elevación (MDE) realizado junto al Plugin GRASS y el software QGIS, se determinaron las siguientes características:

- a. Área: 2563.83 km<sup>2</sup>
- b. Perímetro: 391.76 km

Para visualizar las diferencias entre áreas delimitadas ver Mapa 13.

### 3. Topografía.

Ilustración 144. Topografía de la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

**4. Geología y fisiografía.** Los grupos geológicos identificados comprenden principalmente rocas sedimentarias, pero además se encuentran rocas ígneas y metamórficas por la presencia de la falla geológica del Polochic, que forma parte de la división entre las placas Norteamericana y del Caribe, al sur de la cuenca. Sin embargo, datos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2011), reportan que cerca del 60% del área de la cuenca está conformada por «rocas sedimentarias con carbonatos» cuya composición favorece la formación de «cavidades de disolución», lo que explica la presencia de cavernas, cuevas y otras formaciones similares a lo largo del trayecto del río (MARN, 2011:188).

Otro estudio realizado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, que clasificó las cuencas por regiones en Guatemala, concuerdan con el porcentaje mayoritario de presencia de carbonatos en la cuenca del río Cahabón. Su clasificación es Ksd del período Cretácico. Además, un 14% del área total presenta «sedimentos clásticos marinos [...] del [período] Cretácico-Terciario», con identificación Kts (Basterrechea y Del Valle, 1988:48).

## B. Clima.

**1. Clima en la cuenca del río Cahabón.** Debido a la región en donde está ubicada la cuenca, esta tiene temperaturas mínimas promedio de 10 a 20°C y temperaturas máximas promedio de 26 a 32°C, la humedad relativa oscila entre el 80 al 90%, así como también la evapotranspiración promedio es de 1,200 a 1,800 mm, en rango anual según el MAGA en el año 2001.

Según la clasificación de Thornthwaite, se logró clasificar el clima de los municipios de la cuenca del río Cahabón con los siguientes códigos globales:

Tabla 92. Descripción climática de los municipios de la cuenca del río Cahabón.

Municipio	Código Global	Temperatura	Alturas cercanas a la cuenca (msmm)
Purulhá	CB´	Semi Seco - Semi Cálido	1500-2200
Cahabón	BA´	Húmedo – Cálido	200-1400
Chahal	BA´	Húmedo – Cálido	400-900
Cobán	BA´	Húmedo – Cálido	1300-2000
El Estor	BA´	Húmedo – Cálido	200-1100
Panzós	AA´	Muy Húmedo – Cálido	10-900

Fuente: Elaborado con información del MAGA e IGN, 2009.

Continuación Tabla 92. Descripción climática de los municipios de la cuenca del río Cahabón.

Municipio	Código Global	Temperatura	Alturas cercanas a la cuenca (msmm)
San Cristóbal Verapaz	AB'2	Muy Húmedo - Templado	1300-2000
San Juan Chamelco	AB'2	Muy Húmedo - Templado	13000-2500
San Pedro Carchá	BA'	Húmedo – Cálido	500-2500
Santa Cruz Verapaz	AB'2	Muy Húmedo - Templado	1300-2000
Senahú	BA'	Húmedo – Cálido	500-2200
Tactic	CB'	Semi Seco - Semi Cálido	1600-2100
Lanquín	B'A	Semi cálido – Muy húmedo	500 - 1200
Tamahù	AA'	Muy Húmedo – Cálido	1,282

Fuente: Elaborado con información del MAGA e IGN, 2009.

El 34% de la superficie de la cuenca corresponde a clima Muy Húmedo - Templado y 52% corresponde a clima Húmedo - Cálido, haciendo un total de superficie representada de 86% y el 14% restante se distribuye entre los otros tipos. Con base en las clasificaciones climáticas de mayor influencia en la cuenca, es de esperar que por los tipos de húmedo y muy húmedo las precipitaciones pluviales sean frecuentes, con variación en los tipos de temperaturas (ver Mapa 14).

## 2. Parámetros meteorológicos.

**a. Temperatura.** Las temperaturas de la cuenca del río Cahabón varían según el mes del año como se observa en la tabla siguiente, por ejemplo es claro que las temperaturas más altas empiezan en abril y terminan en octubre, pues esta es la época seca o mejor conocida como verano. Las temperaturas más bajas se muestran que van desde noviembre a marzo, pues es invierno en Guatemala.

Tabla 93. Temperatura media mensual y anual en centígrados de los años 1990 al 2011 de la estación Cahabón.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	21.6	22.6	23.4	26.0	27.9	26.9	26.9	25.7	26.0	25.2	22.6	22.1	23.0
1991	22.5	22.8	22.3	29.0	26.8	25.4	26.3	24.0	23.6	23.0	23.0	22.9	23.0
1992	23.1	23.7	25.4	27.2	23.1	27.7	26.0	26.2	25.5	25.0	20.8	24.4	23.5
1993	23.5	20.4	25.2	24.1	23.8	27.5	21.9	22.5	22.6	21.7	19.9	18.7	21.0

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

Continuación Tabla 93. Temperatura media mensual y anual en centígrados de los años 1990 al 2011 de la estación Cahabón.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1994	19.8	24.1	25.4	27.0	27.5	26.9	26.0	26.5	25.0	26.2	19.7	19.7	21.7
1995	23.1	23.6	26.0	27.8	29.0	29.0	25.4	23.2	27.0	26.4	24.0	23.6	24.3
1996	21.8	23.0	24.1	26.8	27.0	27.1	27.8	26.8	26.0	26.5	24.0	24.1	23.8
1997	24.3	24.4	26.3	29.6	28.7	29.0	27.1	27.3	28.0	26.7	25.2	24.0	25.2
1998	24.4	26.3	25.8	28.8	29.1	28.2	N/D	N/D	N/D	26.3	N/D	N/D	27.0
1999	23.0	23.6	24.8	28.8	29.5	28.1	26.4	27.6	27.1	25.5	22.5	22.3	23.7
2000	22.5	22.8	26.6	27.3	27.5	26.2	26.4	25.8	27.0	24.4	25.1	21.7	23.8
2001	29.2	23.8	25.2	26.9	27.3	26.8	26.6	26.3	26.4	25.4	24.0	23.5	25.8
2002	23.0	22.5	21.7	26.6	27.1	27.4	24.2	26.6	27.9	26.2	24.6	23.8	25.1
2003	21.2	24.9	26.7	26.7	27.6	28.0	26.4	26.8	27.4	25.9	24.9	23.1	25.8
2004	22.2	24.0	24.5	26.3	26.5	26.4	26.2	26.9	26.7	26.5	24.8	22.9	25.3
2005	22.3	24.4	27.7	27.4	27.4	28.0	27.2	27.4	26.8	N/D	23.3	N/D	26.2
2006	23.2	N/D	24.5	26.3	27.9	26.3	26.0	26.7	26.9	26.7	23.9	23.5	25.6
2007	23.9	24.6	24.4	27.3	N/D	27.7	27.2	26.8	26.3	25.5	23.9	24.2	25.6
2008	23.4	25.0	25.6	26.6	28.7	26.8	26.2	27.0	26.9	24.3	23.0	22.1	25.5
2009	22.4	22.9	24.9	27.9	27.4	27.8	26.6	26.3	26.5	26.6	23.9	24.0	25.6
2010	22.2	24.0	24.7	27.9	28.0	28.3	27.2	26.8	26.9	25.0	23.5	21.4	25.5
2011	23.7	24.5	25.3	28.2	28.8	27.7	27.2	27.7	26.9	25.2	24.5	23.7	26.1

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

En la tabla anterior se presentan datos generales mensuales y anuales de la estación de Cahabón, pero las temperaturas específicas de cada municipio que conforma la cuenca del río Cahabón, se observan en la tabla siguiente.

Tabla 94. Temperatura media por municipio de la cuenca del río Cahabón.

Municipios	Temperatura (°C)
Purulhá, Baja Verapaz	15.00
Tamahú, Alta Verapaz	15.00

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

Continuación Tabla 94. Temperatura media por municipio de la cuenca del río Cahabón.

<b>Municipios</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Tactic, Alta Verapaz	16.50
Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz	18.50
San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	18.00
Cobán, Alta Verapaz	17.00
San Juan Chamelcó, Alta Verapaz	17.00
San Pedro Carchá, Alta Verapaz	19.00
Lanquín, Alta Verapaz	22.00
Santa María Cahabón, Alta Verapaz	23.50
Senahú, Alta Verapaz	22.00
Chahal, Alta Verapaz	25.00
Panzós, Alta Verapaz	25.00
El Estor, Izabal	25.50

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

En el Mapa 15 y en la tabla anterior, se observa que en la mayoría de municipios la temperatura media anual está alrededor de 16 a 22°C. Se determina que las mayores temperaturas se registran en los municipios de Cahabón, Chahal, El Estor y Panzós con una temperatura media anual entre 24 y 26°C, esto debido a su altitud, debido a que hay una relación inversamente proporcional, donde a mayor altitud se presentan menores temperaturas y viceversa.

Tabla 95. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la temperatura media mensual y anual en °C de la cuenca del río Cahabón.

<b>Mes</b>	<b>Corto Plazo</b>		<b>Mediano plazo</b>		<b>Largo Plazo</b>	
	<b>2016</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>	<b>2048</b>
Enero	23.45	23.88	23.91	24.25	24.28	24.62
Febrero	21.45	20.70	20.62	19.86	19.78	19.02
Marzo	25.61	25.99	26.03	26.41	26.44	26.82
Abril	27.55	27.72	27.73	27.90	27.91	28.08
Mayo	24.39	23.21	23.10	21.92	21.80	20.63
Junio	27.57	27.69	27.70	27.83	27.84	27.97
Julio	27.10	28.43	28.56	29.88	30.01	31.34
Agosto	28.02	29.95	30.14	32.07	32.26	34.18
Septiembre	27.92	29.70	29.88	31.66	31.84	33.62

Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

Continuación Tabla 95. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la temperatura media mensual y anual en °C de la cuenca del río Cahabón.

Mes	Corto Plazo		Mediano plazo		Largo Plazo	
	2016	2026	2027	2037	2038	2048
Octubre	23.05	22.26	22.18	21.39	21.31	20.52
Noviembre	25.03	26.80	26.97	28.73	28.91	30.67
Diciembre	20.75	20.77	20.77	20.79	20.80	20.82
Anual	27.30	29.01	29.18	30.89	31.06	32.78

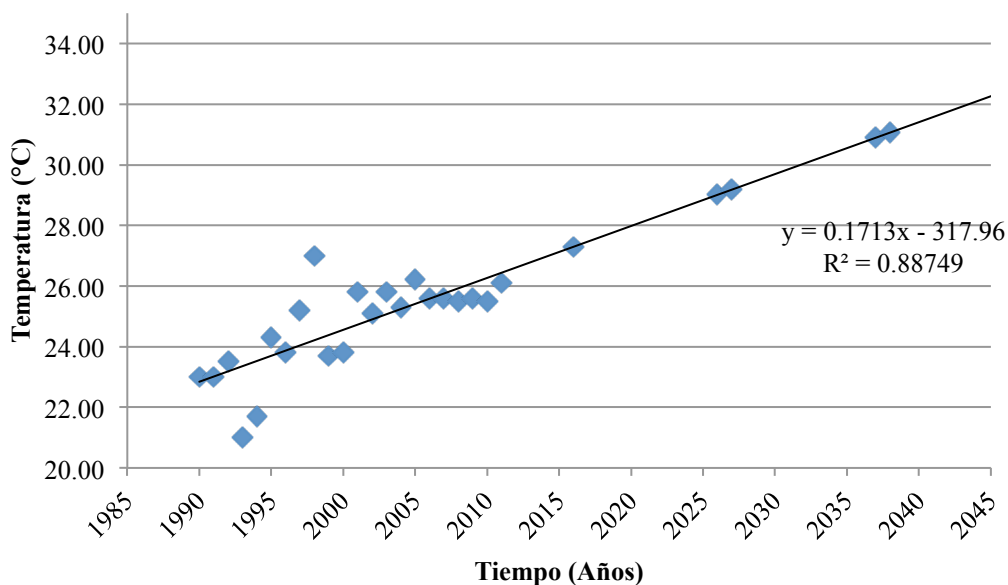
Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

En la tabla anterior, las tendencias realizadas fueron con la ayuda de la herramienta Excel por medio del método de regresión lineal simple, este método busca determinar una recta, o la ecuación que mejor represente la tendencia de observaciones históricas de una variable y permite predecir o proyectar el comportamiento de dicha variable en el futuro.

En la tabla anterior, las tendencias realizadas fueron con la ayuda de la herramienta Excel por medio del método de regresión lineal simple, este método busca determinar una recta, o la ecuación que mejor represente la tendencia de observaciones históricas de una variable y permite predecir o proyectar el comportamiento de dicha variable en el futuro.

Teniendo las tendencias de temperatura se observa que este parámetro climatológico irá aumentando conforme los años, esto se debe principalmente al cambio climático, se pronostica que la temperatura irá aumentando aproximadamente 0.17°C anuales, estos datos pueden ir variando según se vayan colocando datos certeros dados por el INSIVUMEH con el transcurso del tiempo.

Gráfico 9. Tendencias de temperatura de la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

En la gráfica anterior, se observa que la temperatura se ha mantenido cerca de la línea de tendencia, solo en años claves en donde la temperatura se elevó por encima de lo normal, esto se puede haber debido por algún fenómeno meteorológico que se dio ese año. El año con mayor temperatura en la cuenca del río Cahabón fue en 1998 con 27°C según el INSIVUMEH, ese año las temperaturas de la superficie fueron inusualmente cálidas debido a que las temperaturas globales se vieron afectados por el fenómeno del Niño-Oscilación del Sur.

**b. Precipitación.** Para estimar las precipitaciones de una zona, se debe contar con un pluviógrafo, en donde se analiza una banda que está incorporada a este y obtener así el registro continuo. Las representaciones pluviales presentadas por municipio en el tabla siguiente, son representativas que reflejan la influencia de factores como la orografía, latitud, altitud, fuente de humedad, etc.

Tabla 96. Precipitación mensual y anual en la cuenca del Río Chabón.

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUAL</b>
1990	217.7	90.9	209.9	62.0	71.5	230.1	209.9	390.4	346.0	178.2	262.1	298.0	2566.7
1991	155.5	45.0	0.4	44.0	106.1	194.9	351.1	265.0	499.7	364.8	134.3	296.4	2457.2
1992	38.2	31.2	72.5	69.9	166.0	381.9	410.2	211.7	289.5	227.1	220.7	104.9	2223.8
1993	206.0	7.1	67.7	82.9	189.3	332.2	324.3	407.7	293.7	262.2	202.1	48.8	2424.0
1994	90.3	43.1	35.2	124.4	80.8	203.0	214.0	142.2	383.0	132.9	139.1	102.9	1690.9
1995	65.1	72.1	42.7	187.2	47.6	358.7	408.3	412.4	248.7	257.8	121.0	161.8	2383.4
1996	82.9	62.4	90.3	63.6	248.1	176.9	447.6	200.0	164.6	393.4	322.8	84.0	2336.6
1997	110.8	123.5	148.0	118.9	128.2	287.1	561.0	406.6	198.7	266.0	296.5	5.4	2650.7
1998	53.4	27.9	33.1	31.2	51.7	377.4	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	1.8	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	576.5
1999	37.5	78.4	37.1	134.0	21.0	294.8	221.5	147.9	488.3	247.8	46.6	91.4	1846.3
2000	84.9	106.7	0.0	52.0	316.6	297.5	248.1	412.9	207.8	378.2	111.8	213.2	2429.7
2001	92.9	258.2	68.9	56.2	152.8	147.9	193.4	255.9	169.9	343.2	100.7	96.9	1936.9
2002	62.3	57.3	68.0	32.2	406.6	327.3	390.0	213.5	312.4	292.1	191.3	114.5	2467.5
2003	163.2	118.1	137.5	<i>N/D</i>	115.5	183.0	486.8	322.8	230.9	216.4	337.4	118.8	2430.4
2004	146.0	86.5	62.5	168.2	199.8	300.8	290.5	164.0	161.2	129.9	120.4	126.0	1955.8
2005	81.3	0.5	50.3	139.5	141.2	456.9	252.3	337.3	239.9	<i>N/D</i>	290.5	<i>N/D</i>	1989.7
2006	209.3	<i>N/D</i>	175.0	120.4	105.8	587.4	400.0	218.1	222.4	343.3	217.3	242.7	2841.7
2007	195.0	51.8	140.0	80.9	<i>N/D</i>	227.2	235.6	419.6	334.3	232.4	208.1	39.7	2164.6
2008	89.8	23.3	132.7	49.4	182.8	200.4	597.8	190.2	340.0	385.0	47.6	130.5	2369.5
2009	72.8	69.9	7.0	22.7	106.1	183.6	269.5	294.4	185.8	87.7	195.2	111.7	1606.4
2010	38.0	27.7	36.8	44.7	232.5	158.0	388.9	411.0	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	126.2	106.5	1570.3
2011	435.5	62.4	207.2	54.0	159.6	742.5	569.1	660.3	669.5	61.5	127.7	111.1	3860.4

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

Las mayores precipitaciones que se registran en la cuenca del río Cahabón, se dan en los meses de junio a septiembre, que son los meses en donde en Guatemala por lo general se presentan los mayores datos de precipitación, por ser un época lluviosa.

Tabla 97. Precipitación pluvial media anual por municipio de la cuenca del río Cahabón.

<b>Municipios</b>	<b>PP (mm/año)</b>
Purulhá, Baja Verapaz	2,200
Tamahú, Alta Verapaz	2,500
Tactic, Alta Verapaz	2,300
Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz	2,200
San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	2,300
Cobán, Alta Verapaz	2,500
San Juan Chamelcó, Alta Verapaz	2,700
San Pedro Carchá, Alta Verapaz	2,800
Lanquín, Alta Verapaz	3,000
Santa María Chabón, Alta Verapaz	2,600
Senahú, Alta Verapaz	3,100
Chahal, Alta Verapaz	2,700
Panzós, Alta Verapaz	3,500
El Estor, Izabal	3,400

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

Con la información de la tabla anterior y el Mapa 16, se determina que los municipios que muestran mayores registros de precipitación son Senahú, Panzós y El Estor con una precipitación promedio de 3000 a 3500 mm en el año 2012. En general toda la cuenca del río Cahabón se visualiza una precipitación media anual entre 2000 a 3500 mm.

Tabla 98. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la precipitación media mensual y anual en mm de la cuenca del río Cahabón.

<b>Mes</b>	<b>Corto Plazo</b>		<b>Mediano plazo</b>		<b>Largo Plazo</b>	
	<b>2016</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2037</b>	<b>2038</b>	<b>2048</b>
Enero	167.75	195.97	198.79	227.01	229.83	258.05
Febrero	57.03	51.48	50.92	45.37	44.82	39.27
Marzo	109.45	126.61	128.33	145.49	147.21	164.37
Abril	59.86	47.50	46.26	33.90	32.66	20.31
Mayo	178.10	198.30	200.32	220.52	222.54	242.73
Junio	382.19	433.76	438.91	490.49	495.64	547.21
Julio	421.77	474.82	480.12	533.17	538.48	591.53
Agosto	375.68	427.90	433.13	485.35	490.57	542.80

Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

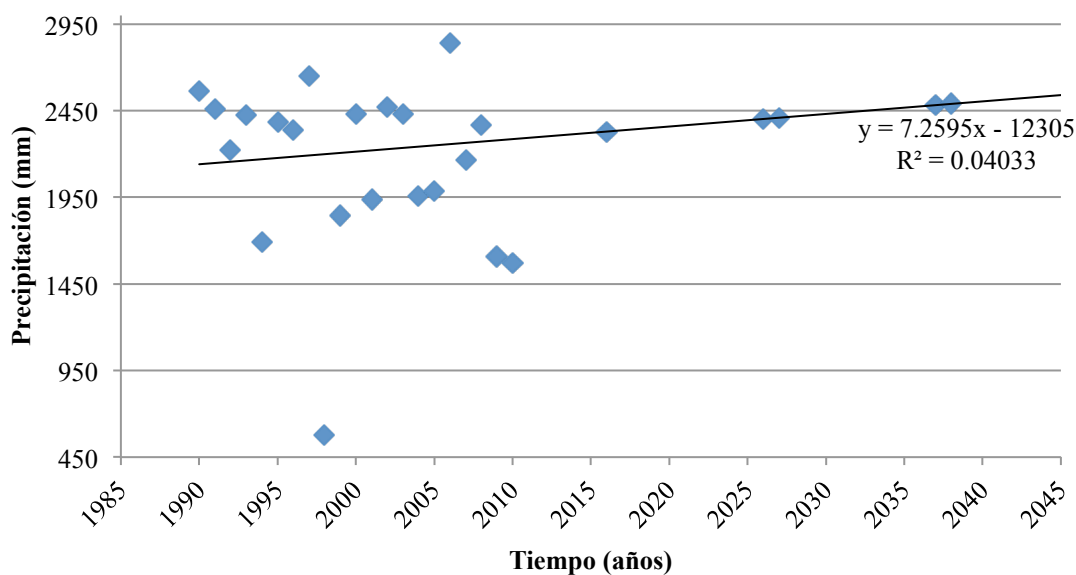
Continuación Tabla 98. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la precipitación media mensual y anual en mm de la cuenca del río Cahabón.

Mes	Corto Plazo		Mediano plazo		Largo Plazo	
	2016	2026	2027	2037	2038	2048
Septiembre	239.83	219.01	216.93	196.11	194.02	173.20
Octubre	146.17	105.53	101.47	60.82	56.76	16.12
Noviembre	145.74	127.76	125.96	107.98	106.18	88.21
Diciembre	70.38	39.39	36.29	5.30	2.20	-28.79
Anual	2105.27	2061.58	2057.21	2013.51	2009.14	1965.45

Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

En la tabla anterior se ve claramente que la precipitación ira disminuyendo con los años en alrededor de 4.37 mm anuales, lo cual representará serios problemas de sequía en Guatemala, esto implicará daños en la agricultura del país y también se reducirá la recarga hídrica por la falta de agua.

Gráfico 10. Tendencias de precipitación anual en la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

En la Tabla 98 y en la Gráfico 10 se ve que la precipitación irá aumentando con los años en alrededor de 4.37 mm anuales, lo cual representará serios problemas de exceso de agua en Guatemala, esto implicará daños en la agricultura del país y también en la infraestructura del país, debido a que puede ocasionar deslaves.

**c. Evapotranspiración.** Los registros promedios de evapotranspiración para los municipios de la cuenca del río Cahabón varían entre valores de 1400 a 1800 mm, pero los municipios que muestran los menores valores son Lanquín junto con San Pedro Carchá, ya que están alrededor de 800 a 1000mm, como se observa en la tabla siguiente y en el Mapa 17. La altitud en este caso también forma parte importante, ya que a mayor altitud se espera menor evapotranspiración potencial y viceversa, lo que significa que es inversamente proporcional la evapotranspiración a la altitud.

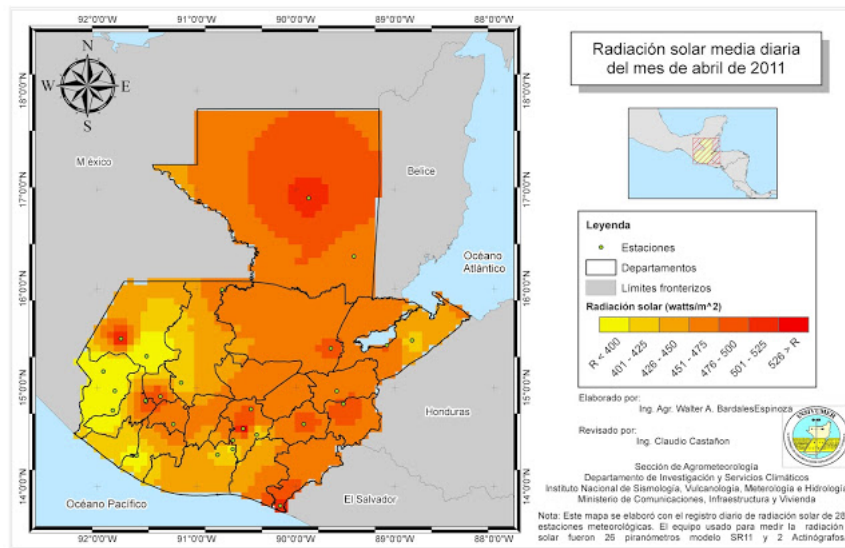
Tabla 99. Evapotranspiración media anual en la cuenca del río Cahabón.

<b>Municipios</b>	<b>ETP media(mm/año)</b>
Purullá, Baja Verapaz	600
Tamahú, Alta Verapaz	600
Tactic, Alta Verapaz	630
Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz	670
San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz	660
Cobán, Alta Verapaz	640
San Juan Chamelco, Alta Verapaz	640
San Pedro Carchá, Alta Verapaz	680
Lanquín, Alta Verapaz	740
Santa María Chabón, Alta Verapaz	760
Senahú, Alta Verapaz	700
Chahal, Alta Verapaz	790
Panzós, Alta Verapaz	790
El Estor, Izabal	790

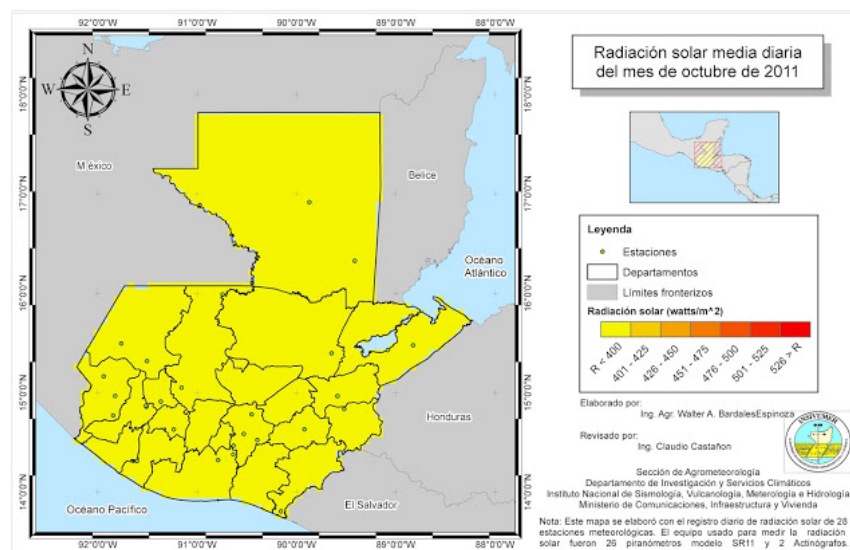
Fuente: INSIVUMEH, 2012.

**d. Radiación solar.** En la cuenca del río Cahabón no se cuentan con estaciones meteorológicas que tengan los instrumentos necesarios para medir la radiación solar de la zona, el INSIVUMEH cuenta únicamente con este instrumento en la estación central en la zona 13, por lo que los datos son generales para todo el país.

A continuación se presentan unos mapas elaborados por Bardales (2012) con registros del INSIVUMEH, en la que se observa claramente la parte de la cuenca del río Cahabón.

Ilustración 145. Radiación solar media diaria para el mes de abril, 2011 ( $W/m^2$ ).

Fuente: Bardales, 2012.

Ilustración 146. Radiación solar media diaria del mes de octubre de 2011 ( $W/m^2$ ).

Fuente: Bardales, 2011.

Con las ilustraciones de radiación solar anteriores se determina que dependiendo los meses del año, variará la radiación del sol, en el mapa 10 se observa que es del mes de abril, esto quiere decir época de verano en Guatemala, por lo que la radiación en la cuenca del río Cahabón está entre  $426 - 500 W/m^2$  y en época de invierno o época fría esta alrededor de  $400 W/m^2$  o menos. El mes de octubre, se observa que la radiación solar media diaria durante el año en la cuenca del río Cahabón se encuentra entre  $400 - 425 W/m^2$ .

**e. Humedad.** La humedad que es analizada se refiere a la humedad relativa que es la cantidad máxima posible de vapor de agua en el aire. En la siguiente se observa los porcentajes de humedad relativa media mensual y anual de la estación Cahabón, ubicada dentro de la cuenca del río Cahabón.

Tabla 100. Humedad Relativa Media mensual de los años 1990 al 2011 de la estación Chabón.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	91	84	84	82	78	88	82	89	83	82	84	87	85
1991	88	83	65	68	77	85	82	89	87	86	88	89	82
1992	85	78	77	74	75	85	81	81	85	85	87	93	82
1993	84	79	78	76	77	82	86	86	85	87	88	89	83
1994	87	85	74	74	75	79	83	83	86	85	86	89	82
1995	86	84	79	76	74	81	89	84	85	88	90	89	84
1996	90	86	83	78	84	87	86	86	85	89	90	88	86
1997	85	85	82	80	84	87	91	91	90	89	90	91	87
1998	89	78	83	80	80	85	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	93	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	84
1999	94	85	85	87	83	90	89	86	87	87	89	89	88
2000	88	88	83	84	86	91	86	89	91	93	89	94	89
2001	89	88	87	82	82	84	85	86	85	88	87	90	86
2002	82	83	80	77	80	83	84	84	85	86	85	87	83
2003	87	85	78	77	75	81	85	87	89	90	90	91	85
2004	91	89	87	82	85	84	84	83	82	84	86	89	86
2005	90	88	88	88	87	87	89	88	89	<i>N/D</i>	92	<i>N/D</i>	89
2006	91	<i>N/D</i>	86	82	84	87	88	88	87	87	89	90	87
2007	89	86	78	74	<i>N/D</i>	80	82	83	84	84	88	87	83
2008	84	81	77	77	74	83	86	86	88	90	87	89	84
2009	88	87	79	77	84	83	88	87	87	85	85	88	85
2010	87	85	82	79	81	82	87	86	87	90	90	91	86
2011	88	86	84	78	84	84	88	89	88	90	84	87	86

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

En la tabla anterior, se muestra que la humedad relativa de la cuenca del río Cahabón no varía significativamente entre mes y mes, debido a la relación que existe entre la humedad y la temperatura, se observa que los mayores registros de humedad se dan en los meses en donde las temperaturas aumentan, como es en el caso de la época de verano. La humedad relativa promedio de la cuenca se encuentra entre 82% a 90% anuales.

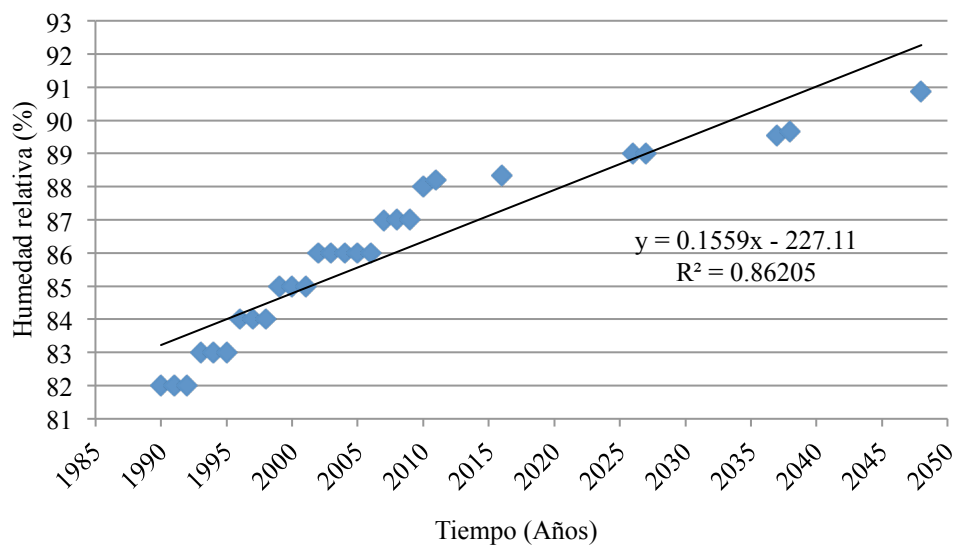
Tabla 101. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la humedad relativa mensual y anual en mm de la cuenca del río Cahabón.

Mes	Corto Plazo		Mediano plazo		Largo Plazo	
	2016	2026	2027	2037	2038	2048
Enero	88	89	89	89	89	89
Febrero	76	72	72	69	68	65
Marzo	85	88	89	91	92	95
Abril	81	83	83	85	85	87
Mayo	72	69	68	65	65	62
Junio	83	82	82	81	81	80
Julio	88	92	92	96	97	101
Agosto	86	89	89	92	92	9
Septiembre	88	91	91	95	95	98
Octubre	78	75	75	71	71	68
Noviembre	88	90	90	93	93	95
Diciembre	78	75	75	73	72	70
Anual	87	88	88	90	90	91

Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

Con los datos de la Tabla 101, se pueden realizar tendencias de la humedad relativa, para saber cuál será su comportamiento conforme los años vayan pasando.

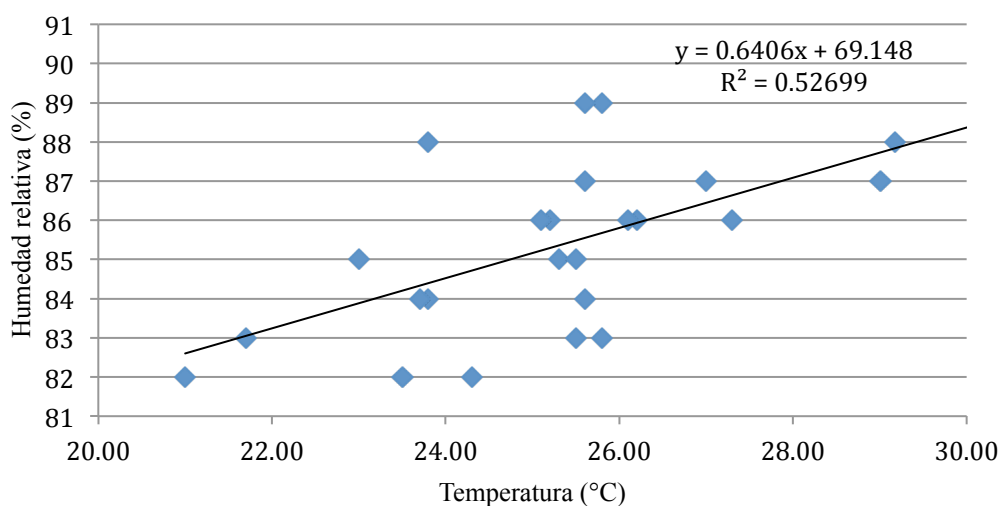
Gráfico 11. Tendencias de humedad relativa en la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH.

En la gráfica anterior, se observa que los datos se encuentran un poco alejados de la línea de tendencia pero si existe una cierta relación entre las variables ya que el  $R^2$  es de 0.5573. La humedad relativa anual de la cuenca del río Cahabón según la Tabla 101, se encuentra entre un rango de 82% y 89%, por lo que las tendencias de la tabla anterior muestra que con el pasar de los años la humedad relativa irá aumentando, debido a que la temperatura en la cuenca del río Cahabón, también irá aumentando y como estas dos variables son directamente proporcionales, es decir si la temperatura aumenta, éste es capaz de contener más humedad.

Gráfico 12. Relación entre temperatura y humedad relativa de la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información de INSIVUMEH, 2012.

Con la gráfica anterior, se observa que si existe una relación entre la temperatura y la humedad relativa, puede que este caso no se demuestre con un coeficiente  $R^2$  alto, sino que medio ya que no se tiene datos de humedad relativa de varios meses de diferentes años, por lo que eso podría variar esta gráfica. La humedad de la cuenca del río Cahabón varía entre 80 a 95% aproximadamente, esto quiere decir que contiene aproximadamente 4/3 del agua que podría tener en esas condiciones de temperatura.

**f. Presión atmosférica.** La presión atmosférica varía dependiendo la altura, a mayor altura menor presión atmosférica y a menor altura, mayor será la presión atmosférica. Debido a que la altura sobre el nivel del mar de la mayoría de los municipios de la cuenca del río Cahabón no varía significativamente, la presión atmosférica tampoco varía tanto.

Tabla 102. Presión atmosférica en mm de mercurio de la estación de Cobán en la cuenca del río Cahabón.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	654	654.4	653.8	653	654	652.9	653.9	653.9	652.7	653.3	653	654	653.6
1991	653.8	653.9	651.8	651.6	651.7	652.2	651.1	652.6	652.7	651	-----	-----	652.2
1992	655.2	652.4	653.1	652.7	652.8	651.6	653.9	653.9	652.3	653.3	652.5	653.6	653.1
1993	654	653.6	653.9	652.5	658	655	653.1	651	651.3	652	653.2	653.3	653.4
1994	653.6	653.3	653	652.3	651	652	654	652.8	-----	651.4	-----	-----	652.6
1995	651	654.2	652.4	-----	-----	-----	-----	-----	652.9	-----	654.2	-----	652.9
1996	-----	650.3	653.3	670.3	653	652.7	654.3	650.5	651	-----	652.5	653.8	654.2
1997	-----	-----	-----	651.1	652.3	651.1	653.1	653.2	651.5	651.8	652.2	652.1	652
1998	651.9	651.5	652.1	651.9	652.6	652.4	652.9	652.6	650	653	631	654.4	650.5
1999	653.2	653.1	651.8	651.7	651.6	651.4	652.7	651.9	650.4	650.8	651.4	652.9	651.9
2000	653	653.6	651.4	651.7	651.1	652.1	652.6	652.2	650.6	652.3	652	654	652.2
2001	653.3	653.2	651.8	652.3	651.4	652.2	653.3	653.9	651.6	652.3	652.9	652.5	652.6
2002	653.4	653.6	652.5	652.1	651.4	651.3	653	652.2	650.5	651.4	653.5	653.4	652.4
2003	654.6	650.9	651.1	651.7	651.4	650.9	652.5	-----	652.5	652.6	653.9	654.9	652.5
2004	653.4	653.6	653.7	652.7	652.7	652.7	-----	653.1	651.6	650.5	651.9	654	652.7
2005	654.4	653.6	651.9	652.4	652.4	-----	-----	652.2	652.1	-----	-----	-----	652.7
2006	653.8	653.8	656.6	652.3	652.2	652.5	653.3	652.7	652.2	651.7	652.8	654	653.2
2007	653.2	652.6	652.8	652	652.1	652	652.7	651.7	652	651	653.6	653.5	652.4
2008	645	-----	652.5	651.4	650.7	651.9	652.2	651.5	650.7	652.4	653.4	654.2	651.4
2009	654.1	654.1	652.9	652.5	651.9	651.4	652.9	652.7	652	651.7	652.2	652.4	652.6
2010	653	652	652	652	652	652	652	651.7	650.7	653.5	653.1	-----	652.2

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

La presión atmosférica a nivel del mar es de 760 mm hg y esto relacionado a lo dicho anteriormente y con la tabla anterior, es obvio que la cuenca del río Cahabón se encuentra en un área montañosa, por lo que los registros muestran una presión atmosférica menor a la presión a nivel del mar. Las presiones en estas zonas varían desde 650- 655 mm hg.

La temperatura hace que la presión atmosférica varíe, ya que le calor varia la agitación de las moléculas de aire y por eso, la densidad del aire también varía. Cuando las masas de aire se calientan, las moléculas se agitan, se separan y el conjunto se vuelve menos denso. Lo que genera esto es que, en un mismo volumen, se encuentren menos moléculas, pesen menos y presionen menos contra el suelo. Por eso en épocas de verano, es que la presión atmosférica disminuye, y en la cuenca del río Cahabón no se ve mucha la diferencia, ay que por lo general mantiene un clima constante.

**g. Viento.** Se puede expresar la dirección del viento con mayor exactitud que la que permite la rosa de viento de 8 a 16 rumbos, esto mediante el uso de instrumentos y métodos que dan medidas angulares precisas. Por lo que la dirección del viento se expresaría entonces por el azimut del punto del horizonte de donde viene (Brenes, 1995).

Tabla 103. Dirección del viento en la cuenca del río Cahabón mensual de los años 2000 al 2011.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2000	E	VAR	VAR	N	VAR	VAR	VAR	VAR	E	N	N	N	VAR
2001	VAR	VAR	W	VAR	N	VAR	E	VAR	VAR	W	W	W	VAR
2002	W	E	W	E	E	W	VAR	E	W	W	E	VAR	VAR
2003	E	E	VAR	E	E	VAR	N	E	VAR	N	N	VAR	VAR
2004	N	E	VAR	N	E	N	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N
2005	N/D	N/D	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	N/D	N	N/D	VAR
2006	N	N/D	N	NW	VAR	N	N	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
2007	VAR	SE	VAR	VAR	N/D	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
2008	VAR	SE	S	VAR	VAR	VAR	N	VAR	VAR	VAR	VAR	SUR	VAR
2009	VAR	SE	N	N	VAR	N	N	VAR	VAR	N	VAR	VAR	VAR
2010	N	N	N	N	VAR	VAR	N	VAR	N	N	VAR	N	N
2011	VAR	VAR	VAR	S	VAR	VAR	N	VAR	VAR	N	N	VAR	VAR

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

La falta de viento, es decir, cuando el aire se encuentra sensiblemente en reposo, se llama “calma”. En estos casos no se define ninguna dirección. Los instrumentos meteorológicos comunes de medición del viento no registran velocidades inferiores a 1 m/seg., por esta razón, en meteorología, velocidades inferiores a ésta se consideran como calmas (Brenes, 1995).

Tabla 104. Velocidad del viento en la cuenca del río Cahabón en km/h mensual del 2000 al 2011.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2000	2.0	2.3	10.6	15.7	12.2	12.7	15.9	13.8	12.0	13.7	13.2	18.2	11.1
2001	14.0	12.7	12.8	14.4	11.7	12.0	2.1	5.4	6.3	6.2	7.5	7.1	9.8
2002	10.2	11.0	10.0	10.2	9.9	11.0	12.3	11.7	2.8	9.6	10.1	10.5	9.9
2003	10.9	9.5	11.4	12.5	11.1	12.7	12.2	9.5	12	9.4	9.2	11.3	11.0
2004	10.0	12.1	9.0	8.6	7.0	7.6	9.1	12.0	11.0	11.0	11.0	10.0	9.9
2005	9.5	11.0	11.4	10.0	10.8	9.4	10.8	11.8	9.9	N/D	7.9	N/D	10.3
2006	6.8	N/D	7.8	5.5	8.5	6.2	5.9	4.0	3.3	2.7	2.0	2.0	5.0

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

Continuación Tabla 104. Velocidad del viento en la cuenca del río Cahabón en km/h mensual del 2000 al 2011.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2007	2.4	2.5	2.4	2.5	N/D	3.0	2.6	1.8	1.7	1.8	1.6	1.5	2.2
2008	2.2	2.6	2.4	2.6	2.2	2.3	2.0	2.5	3.1	3.1	2.8	3.1	2.6
2009	3.0	2.9	3.0	3.5	3.3	3.4	2.8	2.4	2.3	2.6	2.9	2.5	2.9
2010	2.6	2.3	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.8	2.7	3.0	2.7	2.8	2.7
2011	2.5	2.6	2.4	2.6	2.5	2.4	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.7

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

Con relación a la velocidad del viento, entre más cerca este del suelo, la velocidad es baja, aumentando con la altura. Cuanto más accidentes presente la superficie del terreno, más frenara ésta al viento. Es por esta razón por la que sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y más sobre las colinas. Sin embargo, el viento sopla con mucho más fuerza sobre el mar que en tierra (Brenes, 1995).

Tabla 105. Tendencias a corto, mediano y largo plazo de la velocidad del viento mensual y anual en km/h de la cuenca del río Cahabón.

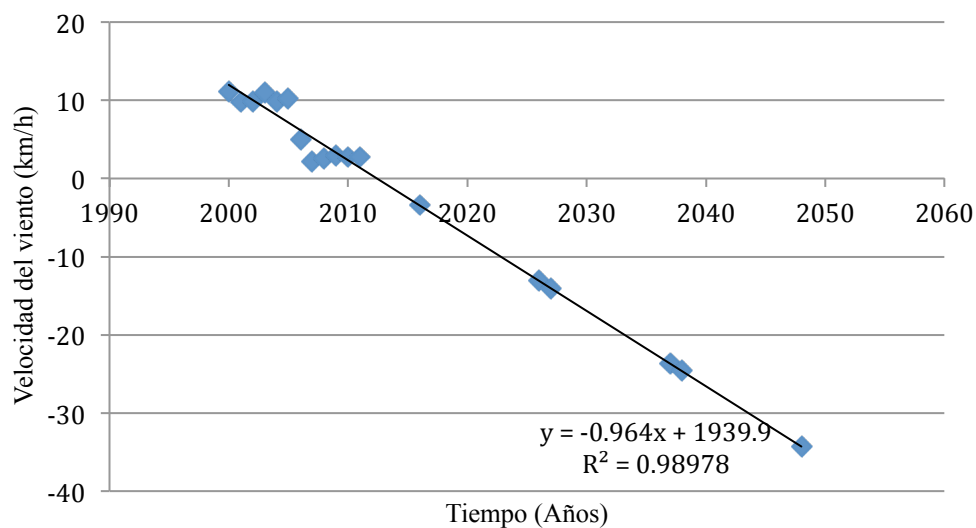
Mes	Corto Plazo		Mediano plazo		Largo Plazo	
	2016	2026	2027	2037	2038	2048
Enero	-1.61	-9.18	-9.93	-17.50	-18.26	-25.83
Febrero	-2.17	-9.90	-10.68	-18.42	-19.19	-26.93
Marzo	-3.80	-14.24	-15.28	-25.72	-26.76	-37.20
Abril	-5.97	-18.85	-20.14	-33.03	-34.32	-47.21
Mayo	-4.25	-14.80	-15.86	-26.40	-27.46	-38.01
Junio	-4.64	-15.84	-16.96	-28.15	-29.27	-40.46
Julio	-3.72	-13.68	-14.68	-24.63	-25.63	-35.59
Agosto	-3.58	-13.40	-14.38	-24.19	-25.17	-34.99
Septiembre	-2.01	-9.49	-10.24	-17.72	-18.47	-25.94
Octubre	-3.74	-12.55	-13.43	-22.24	-23.12	-31.92
Noviembre	-3.82	-13.33	-14.28	-23.79	-24.74	-34.25
Diciembre	-5.98	-17.40	-18.54	-29.95	-31.09	-42.50
Anual	-3.45	-13.09	-14.05	-23.69	-24.65	-34.29

Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

Los vientos en la cuenca del río Cahabón se encuentran entre la velocidad media que es entre 10.8 km/h y 25.2 km/h los primeros años pero con el tiempo se ve que baja de una manera impresionante debido a la fricción, el efecto que este tiene sobre la velocidad del viento es aparente solo cerca de la superficie de

la Tierra. Las irregularidades de superficie como montañas y colinas afectan a la velocidad del viento a su paso por estas superficies, y esto disminuye su velocidad. Por lo que el motivo por el cual se espera que se disminuyan los vientos conforme pasen los años es porque el cambio climático hará que haya escases de agua, por lo tanto las cuencas se verán afectadas y como el viento circula con mayor velocidad cerca del agua, este efecto ya no se logrará con el tiempo.

Gráfico 13. Tendencias de la velocidad del viento en la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012,

En la gráfica anterior, se observa que el coeficiente  $R^2$  es muy cercano a 1 por lo que sí existe una alta relación entre las variables, es visible que con el tiempo la velocidad de los vientos disminuirá. Una posible razón a la reducción de la intensidad de los vientos puede ser el cambio de la repoblación forestal y el clima.

Las cantidades cada vez mayores de vegetación pueden causar hasta un 60% en una reducción de la velocidad del viento. Varios estudios que analizaron los datos de Estados Unidos, Australia, China, partes de Europa y Centro América han mostrado la disminución de las velocidades del viento sobre la superficie del planeta (Vautard, 2010).

Roberto Vautard (2010), de la Universidad de Saint Quentin, estudio áreas extensas para demostrar que las velocidades en los vientos aumentaban en algunas áreas y que disminuían en otras. Las velocidades del viento anuales han disminuido en el 73% de varias estaciones de donde recopilamos datos.

Un importante factor es la rugosidad de la superficie terrestre, la prospera vegetación, zonas plantadas más abundantes y más altas absorben algo de la energía del viento y la reducen. La rugosidad

superficial crea una fricción el cual hace que a los vientos se les dificulte pasar por ciertas zonas, por lo que su velocidad baja (Vautard, 2010).

**h. Nubosidad.** El problema que se encuentra con la nubosidad, es la forma en la que se mide este parámetro, ya que es completamente visual por medio de octas. Este método puede generar diferencia en los resultados ya que se ve afectado por las bajas condiciones de visibilidad, por ejemplo cuando existe neblina, o por la dificultad de estimar la correcta cobertura fraccional del cielo.

Tabla 106. Nubosidad en la cuenca del río Cahabón en Octas del año 1990 al 2011.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	6	5	6	5	7	8	8	8	8	7	8	7	7
1991	7	7	4	5	6	6	7	7	7	7	7	7	6
1992	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7
1993	7	6	5	6	6	6	7	6	6	7	6	6	6
1994	6	5	4	5	6	5	6	6	6	5	6	6	6
1995	6	5	5	5	4	6	7	6	6	6	6	7	6
1996	6	6	5	5	6	7	7	6	6	6	6	7	6
1997	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	6
1998	6	5	5	6	6	6	N/D	N/D	N/D	8	N/D	N/D	6
1999	7	6	6	5	6	7	7	6	6	8	8	7	7
2000	6	6	5	5	7	7	6	7	7	7	7	8	7
2001	7	7	7	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
2002	7	7	6	7	6	7	7	5	7	7	5	8	7
2003	8	6	4	4	6	6	7	7	7	7	8	7	6
2004	8	7	8	5	8	7	8	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7
2005	N/D	N/D	4	7	6	7	7	7	7	N/D	8	N/D	7
2006	7	N/D	6	4	5	7	8	6	7	5	8	7	6
2007	6	4	6	5	N/D	6	6	6	6	6	7	6	6
2008	5	5	4	5	4	6	6	5	5	6	6	6	5
2009	6	6	5	4	5	4	4	5	5	5	8	5	5
2010	6	6	5	6	6	6	6	7	6	6	5	4	6
2011	4	5	5	5	6	7	6	5	6	7	6	7	6

Fuente: INSIVUMEH, 2012.

Como se observa en la tabla anterior, la nubosidad en la cuenca del río Cahabón, se determina que en promedio esta entre nuboso y muy nuboso, siendo entre 0 – 2 octas cielo despejado o poco nuboso, de 3 – 5 octas cielo parcialmente nuboso, 6 octas nuboso, 7 octas muy nuboso y 8 cielo completamente cubierto.

**3. Estaciones meteorológicas en la cuenca del río Cahabón.** Para determinar las mejores ubicaciones para la implementación de estaciones en la cuenca es importante contar con información general de las estaciones con la que diferentes entidades cuentan. Cada una de las organizaciones tiene un fin distinto, por lo que implementan diferentes tipos de estaciones en varias zonas para obtener los datos que se necesitan según los proyectos que tengan que desarrollar. Con la información general anterior de las redes de estaciones con que cuenta cada institución se tiene una idea de cómo está la cobertura del país. Toda persona tiene el derecho de abocarse a cualquier institución pública para solicitar información que poseen, en donde una buena parte de la información es recolectada a través de estaciones que han sido implementadas por ellos. Sin embargo, existen organizaciones que son de carácter privado que también cuentan con estaciones para la recolección de datos. Al decir que son privadas, brindan información por un costo mayor o bien, mantienen su información para uso único de la misma.

Para fines de investigación se solicitó información actualizada sobre las estaciones instaladas por las distintas entidades, con enfoque a la región de estudio de la cuenca del río Cahabón. Esto con el fin de determinar si cuentan con estaciones instaladas dentro del área y si son suficientes para cubrir la zona de la cuenca. Se conoce que una estación, bajo condiciones estándares ideales, cubre un área de 10 km<sup>2</sup>; por lo que es necesario realizar un estudio localizando las estaciones de cada organización para determinar la cantidad de estaciones que existen activas y luego visualizar el área de influencia que éstas tengan. Además, con la agrupación de todas las estaciones se determina si la cuenca está cubierta por una cantidad de estaciones suficientes o no; y si éstas son capaces de cubrir toda su área.

En base a la delimitación de la cuenca del río Cahabón fue posible identificar las estaciones dentro de sus límites. Sin embargo fue indispensable ubicar todas las estaciones que se encuentren dentro de los departamentos con los que colinda la cuenca o de todo el país. Con esta información se procede a realizar una clasificación según los instrumentos que las estaciones tienen, la ubicación y si están activas o no. Como se observa en Mapa 18 se delimitó el área para conocer las estaciones que se encuentran dentro o fuera de ésta y así tener un dato más exacto de las estaciones implementadas por cada institución. Para la recolección de datos se realizó visitas a las distintas entidades para conocer sobre los tipos de estaciones, su clasificación y ubicación.

**a. INSIVUMEH.** De los distintos tipos de estaciones con que cuenta el INSIVUMEH, meteorológicas, hidrológicas y climatológicas; únicamente cuentan con estaciones meteorológicas dentro de la zona de estudio. Poseen 2 estaciones de tipo convencional y fácilmente se observa que tienen una cantidad insuficiente de estaciones activas dentro de esta zona; siendo ésta una de las que tienen más potencial para la implementación de proyectos (ver Mapa 19).

Tabla 107. Estaciones meteorológicas dentro de la cuenca, activas al año 2015.

No.	Estación	Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Tipo
1	Cahabón	Cahabón	Alta Verapaz	15.608333	-89.810556	Meteorológica convencional
2	Cobán	Cobán	Alta Verapaz	15.466667	-90.407500	Meteorológica convencional

Fuente: Elaborado con información de INSIVUMEH, 2015.

**b. INDE.** El INDE tiene estaciones cercanas a los proyectos que monitorean como la hidroeléctrica RENACE, por lo que sus puntos de interés actuales se encuentran alrededor de dichos proyectos. Sin embargo piensan implementar mayor cantidad de estaciones meteorológicas para estudiar con mayor detalle la zona y así conocer el comportamiento de los parámetros que influyen en sus trabajos. Actualmente cuentan con 3 estaciones meteorológicas, las cuales miden principalmente la precipitación y temperatura. La estación llamada San Cristóbal además de medir los parámetros anteriores también mide la evaporación, evaporación piché, humedad relativa y velocidad del viento (ver Mapa 20).

Tabla 108. Estaciones meteorológicas dentro de la cuenca, activas al año 2015.

No.	Estación	Cuenca	Latitud	Longitud	Tipo
1	El Volcán	Cahabón	15.48250	-89.87444	Meteorológica
2	San Cristóbal	Cahabón	15.36528	-90.47583	Meteorológica
3	Sepamac	Cahabón	15.50444	-89.69306	Meteorológica

Fuente: Elaborado con información de INDE, 2015.

Para complementar la información, el INDE también posee estaciones que recolectan datos enfocados en la Hidrología. Las estaciones hidrometeorológicas, hidrométricas e hidrológicas se encargan de obtener datos de caudales. Esto lo realizan a partir de limnímetros y limnógrafos. Las estaciones de este tipo situadas dentro de la zona de estudio y que se encuentran en estado activo usan limnógrafos. Son usadas para medir los caudales de los afluentes que se encuentran cercanos a los proyectos implementados por esta institución, sin embargo, cuentan únicamente con 2 estaciones de este tipo. Para conocer mejor el comportamiento de los ríos y determinar si afectan las condiciones dentro de un proyecto, es importante contar con mayor número de estaciones que generen estos datos para que sean más representativos; ya que un río tiende a cambiar drásticamente en un período corto de tiempo (ver Mapa 21).

Tabla 109. Estaciones hidrometeorológicas, hidrométricas e hidrológicas dentro de la cuenca, activas al año 2015.

No.	Estación	Departamento	Municipio	Latitud N	Longitud O	Elevación (msnm)
1	Chajcar	Alta Verapaz	San Pedro Carchá	15.485278	-90.186111	1049
2	Bethania	Alta Verapaz	San Pedro Carchá	15.482500	-90.242222	1205

Fuente: Elaborado con información de INDE, 2015.

**c. ANACAFÉ.** Por ser una organización que se especializa en temas de café, han implementado estaciones meteorológicas en el departamento de Alta Verapaz; dentro del área de estudio. Tienen como fin implementar un mayor número de estaciones no solo dentro de este departamento, sino que alrededor de todo el país para tener una cobertura densa y completa. Ellos usan los datos recolectados por estas estaciones para hacer análisis de las condiciones actuales del clima y también para realizar proyecciones. Para ellos es importante generar este tipo de información, ya que de esta forma están preparados para fenómenos que afecten su producción. Al mismo tiempo, les permite zonas de interés para futuras cosechas o para encontrar en qué mejorar a partir de las condiciones de cada lugar. Al día de hoy cuentan con 5 estaciones únicamente meteorológicas para recolectar datos de parámetros básicos como la temperatura, precipitación, evaporación, radiación solar y otros (ver Mapa 22).

Tabla 110. Estaciones meteorológicas dentro de la cuenca, activas al año 2015.

No.	Estación	Departamento	Latitud N	Longitud O	Tipo
1	San Cristóbal Verapaz	Alta Verapaz	15.36453	-90.50202	Meteorológica
2	San Pedro Carchá	Alta Verapaz	15.52512	-90.22278	Meteorológica
3	Senahú	Alta Verapaz	15.47198	-89.76158	Meteorológica
4	San Cristóbal Verapaz	Alta Verapaz	15.371972	-90.456453	Meteorológica
5	Cobán	Alta Verapaz	15.465239	-90.386539	Meteorológica

Fuente: Elaborado con información de ANACAFE, 2015.

## C. Hidrología.

La cuenca del río Cahabón pertenece a la vertiente del Atlántico (mar Caribe) de Guatemala. Para tener idea del aprovechamiento del agua a nivel industrial de la cuenca, se conoce que en la cuenca existe la planta hidroeléctrica Chichaic con la función de complementar la energía producida por la hidroeléctrica de Chixoy, también la hidroeléctrica del río Chajcar se encuentra en funcionamiento en el municipio de San Pedro Carchá. En San Cristóbal Verapaz existe la planta para curtir cueros drenando sus aguas residuales a un afluente del río Cahabón, al Sur de la ciudad de Cobán funciona la planta de agua potable que abastece a la población del área urbana y en el municipio de San Juan Chamelco existe la planta de embotellamiento de agua potable Chabil Ha' con mercado de demanda distribuido en Alta y Baja Verapaz. Así también, el agua que abastece a los poblados que se encuentran en la cuenca proviene de los afluentes y río principal (Cotto, 2006).

El caudal promedio de la cuenca del río Cahabón se estima que esta alrededor de 140 m<sup>3</sup>/s. Este caudal se puede dividir en dos partes, los primeros 70 m<sup>3</sup>/s para la parte alta de la cuenca y los otros 70 m<sup>3</sup>/s para la parte baja, con el fin de determinar más detalladamente lo que sucede en cada uno de los

pueblos que conforman cada una de las subcuencas. Por lo que la distribución del caudal por actividades se observa en la Tabla 111, tomando en cuenta que alrededor del 70% de la población es agrícola y el resto industrial y artesanal (Rodas, 2014).

Tabla 111. Distribución de caudales de acuerdo a la actividad económica desarrollada en cada subcuenca del río Cahabón.

Subcuenca	Municipio	Disponibilidad hídrica	Sector Agrícola (m <sup>3</sup> /s)	Sector industrial y artesanal (m <sup>3</sup> /s)
Cuenca alta	Tactic	70 m <sup>3</sup> /s	2,641	1,132
	Santa Cruz Verapaz		2,910	1,247
	San Cristóbal Verapaz		4,546	1,948
	Cobán		17,814	7,635
	San Juan Chamelcó		4,374	1,874
	San Pedro Carcha		16,715	7,164
Cuenca baja	Lanquín	70 m <sup>3</sup> /s	6,871	2,945
	Senahú		18,192	7,797
	Cahabón		16,456	7,091
	Chahal		7,390	3,167

Fuente: Rodas, 2014.

Como se observa en la tabla de Rodas (2014), los caudales de cada sector son grandes y es más de lo que necesitan para realizar sus actividades, por lo que el potencial hídrico de la región es alto y suple todas las actividades que se desarrollen dentro de la cuenca, razón por la que empresas hidroeléctricas buscan estas zonas para colocar sus hidroeléctricas y así generar energía.

**1. Resultados morfométricos de la cuenca** Con las capas de ríos y la delimitación de la cuenca, realizadas mediante el método tradicional con hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN 2009), la cuenca posee las siguientes características:

- a. Longitud de cuenca: 97.662 km
- b. Longitud del cauce principal: 200.076 km
- c. Coeficiente de compacidad:  $K_c = 2$

- d. Coeficiente de forma:  $K_f = 0.275$
- e. Densidad de drenaje  $D=L/A=0.076 \text{ km/km}^2$
- f. Orden total del río Cahabón= 5 \*

\*Para visualizar las ramificaciones y el orden de los ríos individuales, ver Mapa 23.

Finalmente, mediante el uso del modelo digital de elevación (MDE) realizado junto al Plugin GRASS y el software QGIS, se determinaron las siguientes características:

- a. Longitud de cuenca: 97.495 km
- b. Longitud del cauce principal: 200.76 km<sup>39</sup> \*
- c. Coeficiente de compacidad:  $K_c = 2.18$
- d. Coeficiente de forma:  $K_f = 0.27$
- e. Densidad de drenaje  $D=L/A=0.078 \text{ km/km}^2$

\*Se utilizó la longitud de cauce calculada con IGN 2009.

**a. Resultados análisis de cuenca mediante MDE y plugin r.watershed.** Utilizando el software GIS y el Plugin de GRASS (r.watershed) se logró realizar un análisis de la cuenca, tomando los datos almacenados en el modelo de elevación, MDE, generado.

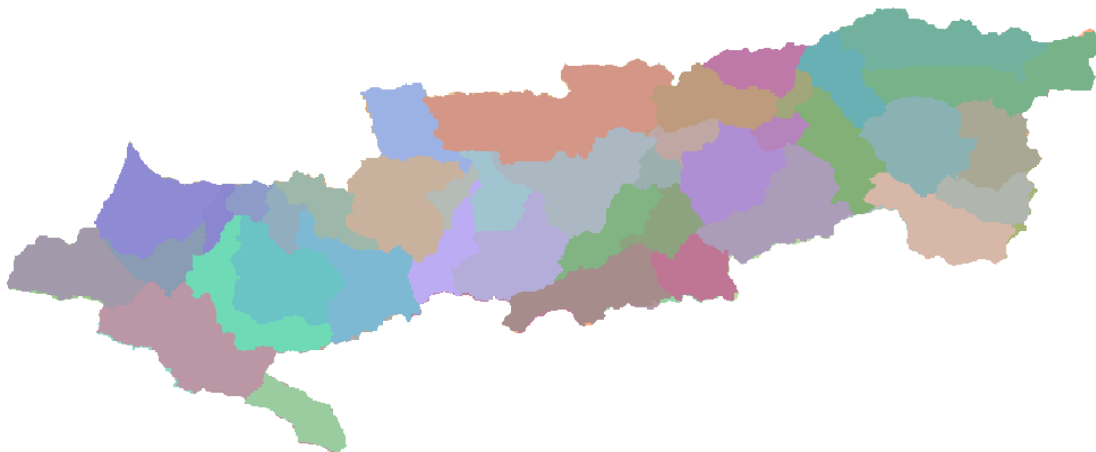
El uso de la digitalización de información geográfica y cartográfica se ha vuelto un estándar en las prácticas básicas en diferentes ramas científicas, por lo tanto es importante tomar en cuenta los procedimientos para conocer las áreas de estudio de una mejor manera. Para ello tanto la cantidad como la calidad de la información disponible (escala del mapa, ríos visibles, curvas de nivel confiables) afecta a todos los métodos análisis de forma manual o digital. Si la información de entrada es confiable, el resultado lo será.

Es importante que el proceso de digitalización de curvas de nivel se realice lo más preciso posible, ya que la calidad del trabajo de digitalización que se logre obtener impactará positiva o negativamente el planeamiento y ejecución del proyecto a realizar. Otro factor que afecta los datos finales de digitalización de ríos existentes dentro de la cuenca es la escala a la que se encuentre representada la hoja cartográfica, ya que si la escala es muy pequeña algunos ríos no se visualizarán y obviarse. Esto afecta directamente a la determinación del orden de número de los ríos, por lo tanto el orden de río podría ser mayor al determinado.

Del modelo de elevación generado, se determinaron los siguientes resultados:

### 1) Mapa raster de cuencas / subcuencas.

Ilustración 147. Mapa de salida que representa la delimitación sugerida de microcuencas dentro del MDE de la cuenca Cahabón.



Fuente: Elaborado con MDE obtenido de hojas cartográficas IGN, 2009.

Para una mejor visualización ver Mapa 25.

### 2) Mapa de dirección de drenaje.

Ilustración 148. Mapa de salida que representa la dirección sugerida del paso de los ríos, encontrados en el MDE de la cuenca Cahabón.



Fuente: Elaborado con MDE obtenido de hojas cartográficas IGN, 2009.

### 3) Mapa de segmentos de corriente.

Ilustración 149. Mapa de salida que representa el paso sugerido del cauce principal de los ríos encontrados en el MDE de la cuenca Cahabón.



Fuente: Elaborado con MDE obtenido de hojas cartográficas IGN, 2009.

### 4) Mapa de acumulación.

Ilustración 150. Mapa de salida que representa los ríos y sus ramificaciones sugeridas encontrados en el MDE de la cuenca Cahabón.



Fuente: Elaborado con MDE obtenido de hojas cartográficas IGN, 2009.

Para una mejor visualización ver Mapa 25.

### 5) Mapa consolidado del análisis.

Ilustración 151. Mapa consolidado de acumulación y subcuencas sugeridas con base en MDE de la cuenca Cahabón.

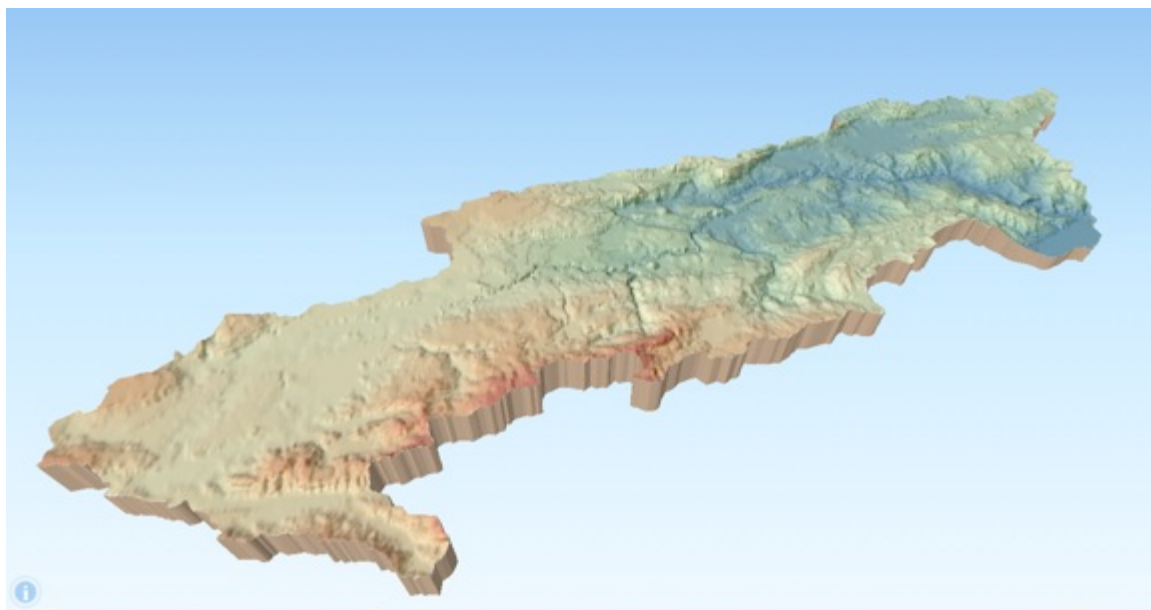


Fuente: Elaborado con MDE obtenido de hojas cartográficas IGN, 2009.

Para una mejor visualización ver Mapa 26.

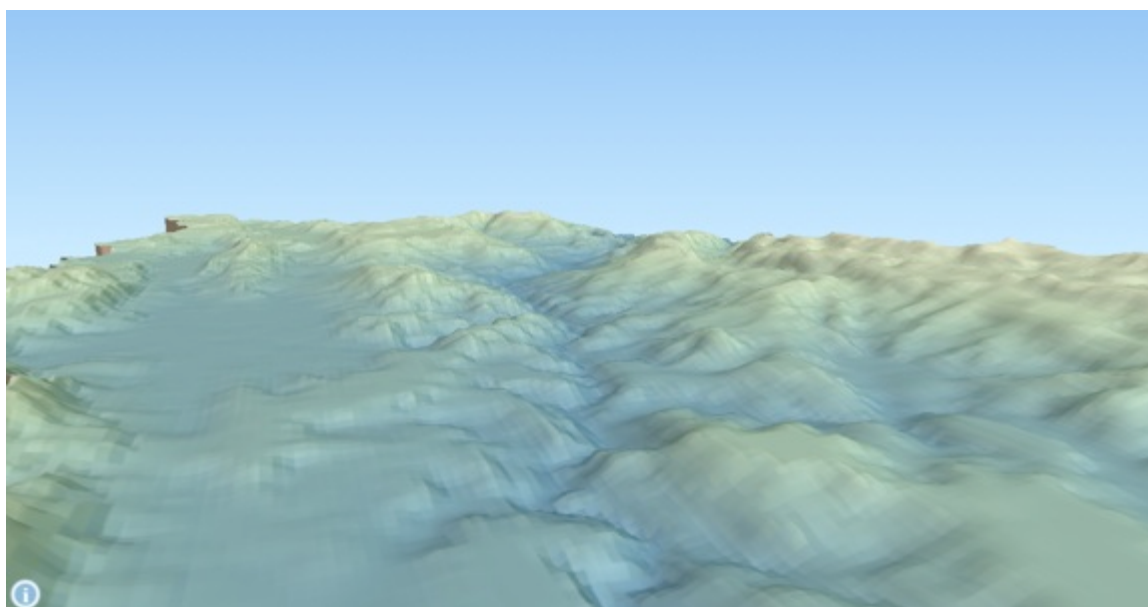
### 6) Visualización 3D de la cuenca.

Ilustración 152. Área de la cuenca Cahabón visualizada en 3D.



Elaborado con Threejs para QGIS.

Ilustración 153. Vista aérea de la cuenca del río Cahabón en 3D.



Elaborado con Threejs para QGIS.

**2. Recarga hídrica en la cuenca del río Cahabón.** La hidrología es la ciencia que estudia todos los aspectos que están relacionados con el agua. Los estudios acerca del origen del agua han revelado que el 97% pertenece al mar; 2% se encuentran en los polos en forma de hielo; y solamente el 1% se considera agua aprovechable que es agua dulce, que están presentes en los ríos, lagos y corrientes subterráneas (Cotto, 2006).

El agua es un elemento que la naturaleza nos provee, esta se encuentra en tres estados: líquido, sólido y gaseoso. El estado líquido se encuentra en ríos, lagos, lluvia y mares; el estado sólido en el hielo, la nieve y el granizo; y el estado gaseoso en el vapor y las nubes.

El ciclo hidrológico es el recorrido que realiza el agua todo el tiempo, pasando por sus tres estados. El ciclo hidrológico funciona de la siguiente manera, la lluvia al caer al suelo, proporciona cierta cantidad de agua a los nacimientos y ríos, los cuales después alimentan a otros ríos, lagos y mares. Una porción de todos los cuerpos de agua, por el calor, se evapora, ósea se convierten en pequeñas gotas de agua que suben a la atmósfera, luego estas al reunirse, forman las nubes. Cuando las nubes se condensan, debido a los cambios de temperatura, el vapor se convierte de nuevo en agua cayendo al suelo en forma de lluvia, granizo o de nieve.

La zona de captación hídrica, es la parte más importante de la cuenca hidrográfica, pues recibe el agua de lluvia y la absorbe, así alimenta las corrientes de agua subterráneas. Generalmente las zonas de

captación se encuentran en las zonas boscosas de las partes altas de la cuenca. Su función es proveerle al hombre del agua que utiliza en sus distintas actividades (Cotto, 2006).

Porque una zona de recarga es mejor que este ubicada en zonas boscosas, debido a que cuando llueve sobre estas zonas, las gotas no caen directamente al suelo, sino que se deslizan por las hojas, ramas y troncos, entonces así disminuyen su fuerza. Cuando estas gotas llegan al suelo, encuentran un “colchón” de plantas menores, hojas y material orgánico, así como también una mayor porosidad en el suelo, lo que beneficia a las gotas para que se infiltren. Otro factores es que también ayudan a evitar que el suelo se erosione, ya que disminuye las corrientes superficiales y, por lo tanto las crecidas de los ríos y las inundaciones (Cotto, 2006).

La cuenca del río Cahabón cuenta con 11 Subcuenas y el Área de Captación de la cuenca, como se presenta en la Ilustración 154 y en la

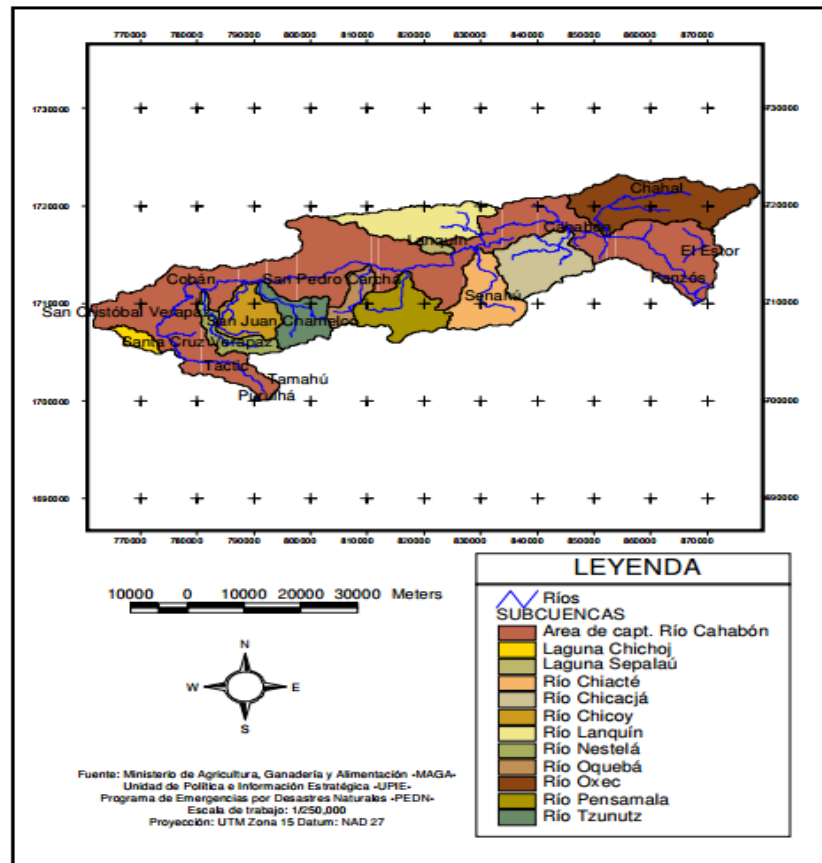
Tabla 112 que presentan en forma resumida información por cada unidad que influye en la cuenca, de acuerdo a datos oficiales. La cuenca del río Cahabón presenta alta recarga, en aproximadamente 75% del total, siendo baja recarga el restante 25% en los municipios de Panzós, Cahabón y El Estor (Cotto, 2006).

Tabla 112. Unidades hidrológicas con influencia en la cuenca del río Cahabón.

<b>Unidad Hidrológica</b>	<b>Área por Unidad Hidrológica (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Río Oxec	267.08	10.89
Área de Captación del Río Cahabón	1,211.29	49.40
Río Lanquín	158.17	6.45
Laguna Sepalaú	14.76	0.60
Río Chiacté	142.49	5.81
Río Oquebá	51.21	2.09
Río Pensamala	138.12	5.63
Río Tzunutz	98.54	4.02
Río Chicoy	97.27	3.97
Río Mestela	81.78	3.33
Laguna Chicoj	25.21	1.05
<b>TOTAL</b>	<b>2,451.67</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Cotto, 2006.

Ilustración 154. Unidades hidrológicas que conforman la cuenca del río Cahabón.



Fuente: MAGA, 2006.

Se observa la existencia de 9 subcuencas que se distribuyen en toda la cuenca del río Cahabón como se presenta en la ilustración anterior, así también en la cuenca existen dos lagunas y el área de captación en la cual los afluentes que se presentan en esta área no forman parte de ninguna subcuenca aunque podrían presentarse como microcuencas, en tal sentido, se considera que los afluentes drenan directamente a la corriente principal del río Cahabón.

Tabla 113. Zonas de recarga y carga de agua en Cahabón (km<sup>2</sup>).

	<b>Cahabón</b>
<b>Código Departamento y Municipio</b>	<b>1612</b>
Zona de carga con cobertura boscosa	128.8
Zona de recarga sin cobertura boscosa	346.22
Zona de recarga con cobertura boscosa	53.42
Zona de recarga sin cobertura boscosa	73.45

Fuente: MAGA, 2001.

## D. Uso de suelo y cobertura forestal.

**1. Uso de suelo del departamento de Alta Verapaz y cuenca del río Cahabón.** En Guatemala, la agricultura ha constituido una de las principales actividades económicas a lo largo de su historia, inclusive considerada la principal actividad en ciertas regiones del país. Alta Verapaz no es la excepción, donde el uso de la tierra se ha destinado a dicho fin productivo. Sin embargo, debido a la creciente población se ha aumentado la demanda de alimento y por lo tanto la cobertura de área destinada a los cultivos, tanto con fines económicos como para subsistencia. Al año 2012 el 30% del territorio del departamento se destinaba para algún tipo de cultivo, donde la agricultura anual abarca el 45% del área cultivada (ver Mapa 27). Sin embargo, esta área de cultivos no siempre estuvo destinada a dicha actividad. Entre el año 2001 y el 2010, cerca del 8% del territorio que era ocupado por bosque se transformó en área agrícola (ver

Mapa 28). En menor escala, áreas de humedales también fueron ocupadas por agricultura o pastos. Esto contrasta con las áreas que se transformaron en asentamientos. A nivel departamental el cambio de áreas forestales, áreas agrícolas y otras a asentamientos representan menos del 0.5% del territorio total. Algunos cultivos que se pueden identificar, en orden de cobertura territorial, incluyen: café, dentro y alrededor de las cuencas del río Cahabón y río Polochic; palma africana, en la parte oriental de la Franja Transversal del Norte y cuenca del río Polochic; caña de azúcar, en la cuenca del río Polochic, y banano-plátano en mucha menor proporción.

En cuanto al área de la cuenca del río Cahabón, se afirma que el impacto del cambio de uso de suelo es mayor pues sus dimensiones totales son menores a aquellas del departamento de Alta Verapaz. Sin embargo, comparativamente, la proporción de área destinada a la agricultura dentro de la cuenca es mayor.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, publicó al año 2005 el uso de suelo en el país. En la cuenca del río Cahabón, dicho informe se identificaron once usos. En dicho análisis, se identificó que cerca del 40% del área era destinada a actividades agrícolas.

Tabla 114. Uso suelo en la cuenca del río Cahabón, al año 2005.

Uso	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Agricultura anual	1,019.46	41.17
Agricultura perenne	67.28	2.72
Otros bosques	285.32	11.52
Áreas construidas	8.94	0.36
Bosques coníferos	9.4	0.38
Pastizal	13.46	0.54

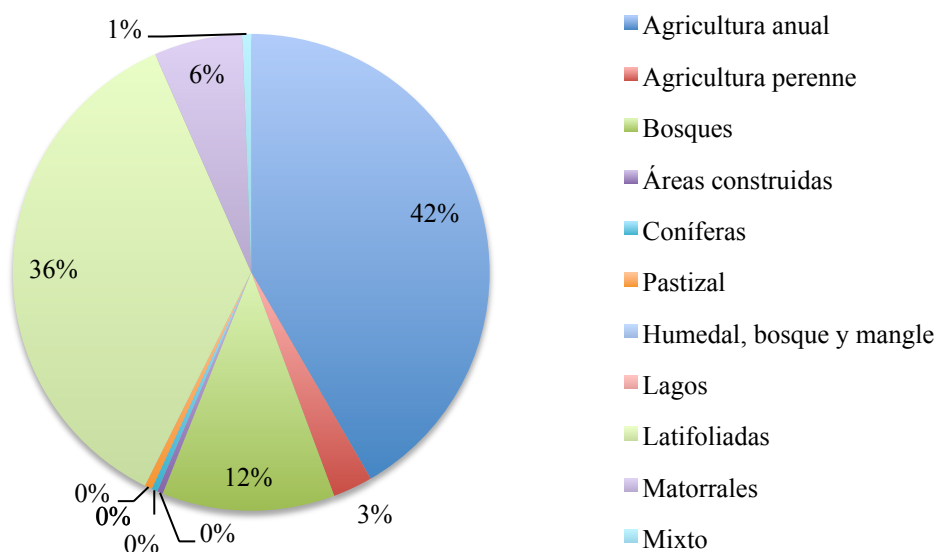
Fuente: Chinchilla, Andrade y Sic, 2011.

Continuación Tabla 114. Uso suelo en la cuenca del río Cahabón, al año 2005.

Uso	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Humedal, bosque y mangle	0.40	0.03
Lagos	0.98	0.04
Bosques latifoliados	882.41	35.64
Matorrales	147.50	7.05
Mixto	13.66	0.55
Total	2476.11	100

Fuente: Chinchilla, Andrade y Sic, 2011.

Gráfico 14. Uso de la tierra en la cuenca del río Cahabón, para el año 2005.



Fuente: Chinchilla, Andrade y Sic, 2011.

Al año 2012, cerca del 40% de ocupación corresponde con alguno de los cultivos identificados (ver Mapa 29). Entre ellos, sobresale la agricultura anual, cultivos herbáceos y de tallos. El café es cultivado a menor escala que el resto de cultivos, pero abarca un 4% del territorio de la cuenca, distribuido principalmente en la parte alta de la misma, en los alrededores de San Cristóbal Verapaz y Santa Cruz Verapaz, parte media y otros puntos repartidos a lo largo de la cuenca.

Entre los años 2001 al 2010, se estima que la cuenca perdió alrededor del 9% de su cobertura forestal debido a la agricultura (ver Mapa 30). En combinación las tierras agrícolas, pastos y otras coberturas vegetales que no caen en la clasificación de bosque debido al espaciamiento entre árboles, ocuparon cerca del 60% del territorio, en comparación a un 54% que las mismas categorías representan dentro del departamento. Los asentamientos urbanos, en cambio, únicamente ocupaban el 1% del territorio

en el año 2012, los cuales desplazaron principalmente tierras agrícolas para el desarrollo urbanístico, como el caso de la cabecera departamental Cobán.

## 2. Cobertura forestal del departamento de Alta Verapaz y cuenca del río

**Cahabón.** La pérdida de cobertura forestal ha sido una constante a nivel nacional durante el último medio siglo, con diferentes frentes de deforestación ante el avance de la frontera agrícola, crecimiento urbano y cambio de uso de suelo hacia actividades tales como la ganadería. Al año 2010, el municipio de Cahabón fue el municipio que más pérdida de bosque tuvo en el departamento de Alta Verapaz, con una tasa neta anual del 2.59%. A pesar de ello, dentro del mismo departamento, Cobán y Chisec presentaron ganancias netas en el período entre los años 2006 y 2010, con una ganancia de más de 3,000 hectáreas cada uno. Lanquín también se encontraba entre los diez municipios con mayores ganancias netas a nivel nacional, aunque con cerca de 2,000 hectáreas, pero con mayor tasa neta anual de reforestación, del 12.66%, contra 0.90% y 2.47% de los municipios anteriores (Gálvez, López y Sandoval, 2012).

Además de los frentes de deforestación por las razones previamente mencionadas, también cabe destacar que la cobertura forestal se ve disminuida por otras causas como los incendios forestales y también por la dependencia de la leña como recurso energético a nivel doméstico. Alta Verapaz es uno de los departamentos que más consume leña, con un total anual de 1,305,293 m<sup>3</sup> al año 2006, del cual el 92.77% se utiliza en el área rural, y a nivel departamental se consume 1.5 m<sup>3</sup> per cápita anuales. En el departamento, el año 2000 fue un año crítico en cuanto a incendios forestales. En dicho año, se reportaron 1,243 hectáreas afectadas por incendios forestales. El siguiente año en impacto, le siguió el año 2003 con 244 hectáreas afectadas, y durante el año 2008 se reportaron 153 hectáreas. Al comparar con otros departamentos, no representa una amenaza, aunque al considerar el ritmo de recuperación de masa boscosa, cualquier pérdida es significativa (Tuy, *et. al.*, 2009).

Tabla 115. Cobertura forestal de los municipios de la cuenca del río Cahabón para el período 2001-2006.

Municipio	Cobertura forestal al año 2001 (ha)	Cambio neto (ha)	Cobertura forestal al año 2006 (ha)
Cahabón	23,852	-2,977	20,875
Cobán	107,833	1,513	109,346
San Agustín Lanquín	3,528	1,053	4,581
Panzós	22,201	-1,442	20,759
San Cristóbal Verapaz	14,551	4,332	18,883
San Juan Chamelco	4,719	2,010	6,729
San Pedro Carchá	33,489	7,960	41,449

Fuente: Castellano, *et. al.*, 2011.

Continuación Tabla 115. Cobertura forestal de los municipios de la cuenca del río Cahabón para el período 2001-2006.

<b>Municipio</b>	<b>Cobertura forestal al año 2001 (ha)</b>	<b>Cambio neto (ha)</b>	<b>Cobertura forestal al año 2006 (ha)</b>
Santa Cruz Verapaz	2,946	752	3,698
Senahú	18,350	-1,459	16,891
Tactic	2,822	1,086	3,908
Purulhá	20,805	3,023	23,828
El Estor	83,076	-9,527	73,549

Fuente: Castellano, *et. al.*, 2011.

Tabla 116. Cobertura forestal de los municipios de la cuenca del río Cahabón para el periodo 2006-2010.

<b>Municipio</b>	<b>Revisión de la cobertura forestal al año 2006 (ha)</b>	<b>Cambio neto (ha)</b>	<b>Cobertura forestal al año 2010 (ha)</b>
Cahabón	27,324	-3,839	23,485
Cobán	102,508	3,282	105,791
San Agustín Lanquín	3,132	2,031	5,164
Panzós	22,657	-2,311	20,346
San Cristóbal Verapaz	13,786	1,751	15,537
San Juan Chamelco	4,479	265	4,744
San Pedro Carchá	30,960	884	31,844
Santa Cruz Verapaz	2,796	234	3,030
Senahú	19,706	-3,237	16,469
Tactic	2,544	335	2,879
Purulhá	20,941	-27	20,914
El Estor	84,526	-8,090	76,436

Fuente: Regalado, *et. al.*, 2012.

Debido a diferentes metodologías de evaluación de imágenes satelitales y ortofotos empleados para los análisis de cobertura forestal nacional, ejecutados periódicamente por el conglomerado de instituciones de educación superior e instituciones gubernamentales como el INAB y CONAP, los datos de cobertura forestal por municipio del año 2006 difieren con los presentados para el informe del período 2006-2010, con datos revisados. Por dicha razón, no se muestran en una misma tabla para compararlos con los datos para el año 2001, los cuales se estimaron a partir del cambio neto indicado en el informe del período 2001-2006. Sin embargo, a nivel departamental, el informe para el período 2006-2010 presenta

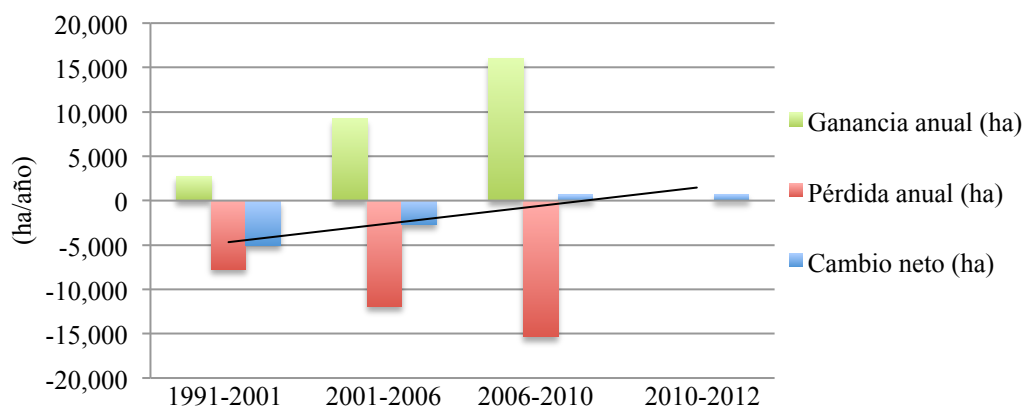
datos de tendencia de la dinámica forestal para Alta Verapaz, así como datos en hectáreas de cada período para su comparación (Regalado, *et. al.*, 2012).

Tabla 117. Dinámica de cobertura forestal de Alta Verapaz.

Año	Cobertura forestal (ha)	Cambio neto (ha)	Cambio porcentual (%)
1991/93	511,140	-	-
1996	444,619	-66,521	-13.01
2001	377,950	-66,669	-14.99
2006	372,588	-5,362	-1.42
2010	375,345	2,757	0.74
2012	376,354	1009	0.27

Fuente: Regalado, *et. al.*, 2012; INAB-CONAP, 2015.

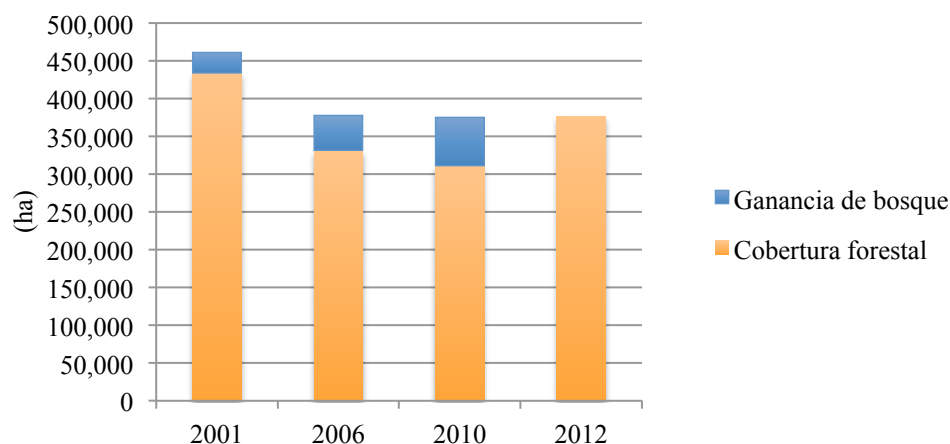
Gráfico 15. Dinámica de cobertura forestal de Alta Verapaz para el período 1991-2012.



Fuente: Regalado, *et. al.*, 2012; INAB-CONAP, 2015.

Para Alta Verapaz, la última década del siglo XX representó una elevada tasa de pérdida de cobertura forestal. Se redujo cerca del 28% de su cobertura forestal original de inicios de los 90, que equivale a más de 130,000 hectáreas en pérdidas al año 2001. Sin embargo, el inicio del siglo XXI marcó un cambio gradual hacia un aumento neto en cobertura forestal para el año 2010, aunque con algunos municipios como Cahabón con pérdidas netas representativas, es decir que el área deforestada era mayor al área con nueva cobertura forestal, indicado en la diferencia de ambos. A pesar que los resultados netos departamentalmente se muestran ligeramente optimistas, los municipios al norte de Alta Verapaz y en especial Cobán presentaban altas pérdidas brutas de bosque de hasta 10,000 y 25,000 hectáreas para dicho municipio. Sin embargo, estos municipios obtuvieron ganancias brutas entre 500 y 6,000 hectáreas, además Cobán, San Juan Chamelco y San Pedro Carchá tuvieron ganancias brutas en cobertura forestal de hasta 16,000 hectáreas en el período entre los años 2006 y 2010 (Regalado, *et. al.*, 2012).

Gráfico 16. Cobertura forestal de Alta Verapaz para los años 2001 al 2012



Fuente: Regalado, *et. al.*, 2012; INAB-CONAP, 2015.

En el último informe de cobertura forestal elaborado por el INAB y el CONAP (2015) para el año 2012, se reportan por tipo de bosques presentes en los departamentos del país. Alta Verapaz la mayor parte de bosque es del tipo latifoliado, que cubre un 31% del territorio y abarca el 87% del total de cobertura forestal. La cobertura forestal del departamento, estimada en 376,345 hectáreas al año 2012, incluye plantaciones forestales que comprenden 7,637 hectáreas distribuidas en el departamento. Sin embargo, a nivel departamental la mayor parte del territorio no cuenta con bosque, lo que representa el 64% del área (INAB-CONAP, 2015).

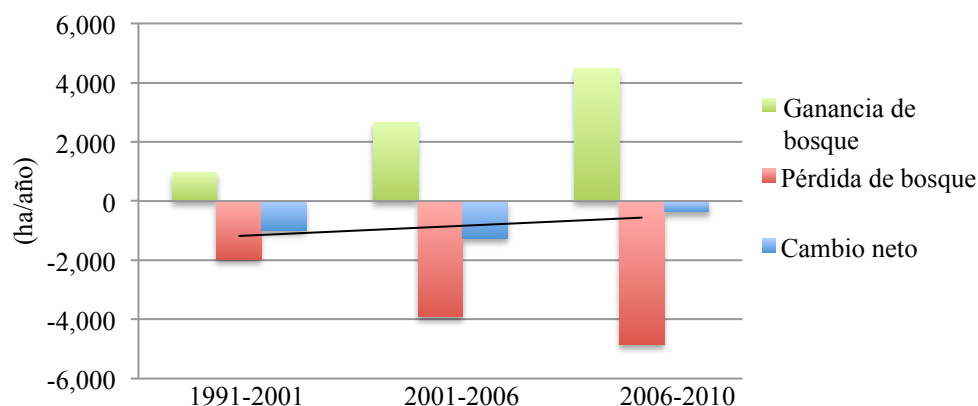
Tabla 118. Cobertura por tipo de bosque de Alta Verapaz.

Tipo de cobertura	Área (ha)	Area (%)
Bosque Conífero	12053.00	1.14
Bosque Latifoliado	327933.00	30.95
Bosque Mixto	23290.00	2.20
Bosque Seco	1479.00	0.14
Humedales	1150.00	0.11
Hule	971.00	0.09
No Bosque	673629.00	63.58
Plantaciones Forestales	7637.00	0.72
Bosque de Galería	3962.00	0.37
Nubes	2644.00	0.25
Humedal con Bosque	564.00	0.05
Cuerpos de Agua	4133.00	0.39
Cobertura forestal total	376354.00	35.52

Fuente: INAB-CONAP, 2015.

La cuenca del río Cahabón ha visto cambios, al final del siglo XX e inicios del siglo XXI de su cobertura forestal, donde han dominado las pérdidas. En los más recientes años, las pérdidas han ido en aumento. Sin embargo, se compensan con ganancias en cobertura, ya sea por el crecimiento de plantaciones forestales o por la regeneración de cobertura en tierras sin uso. Desde 1991 al 2010 se ha observado una tendencia a que la pérdida neta se disminuya, similar al caso del departamento de Alta Verapaz. Sin embargo, este último ya ha reportado ganancias netas hacia el año 2010. A pesar de ello, la cuenca del río Cahabón no alcanza la cobertura forestal de hace dos décadas, estimada en cerca de 120,000 hectáreas, equivalente al 45% del territorio. Para el año 2010, se estimaban únicamente alrededor de 71,000 hectáreas, representadas con el 27% del área total, lo que indica que se han perdido en dos décadas aproximadamente 49,000 hectáreas a un ritmo promedio de 2,575 hectáreas al año. Sin embargo, este promedio no se asemeja a la realidad pues la pérdida de masa boscosa anual se ha incrementado y acelerado, aunque se ha compensado con el aumento de cobertura forestal en el mismo período con el fin de llegar al balance y eventualmente alcanzar cambios netos positivos en la cobertura forestal, como sucede a nivel departamental.

Gráfico 17. Dinámica de cobertura forestal en la cuenca del río Cahabón para el período 1991-2010.



Fuente: Regalado, *et. al.*, 2012; INAB-CONAP, 2015.

Para el año 2012 se estimó una cobertura forestal que alcanza el 32% del territorio (ver Mapa 31). Este incluye clasificaciones de bosque como bosque mixto y bosques de galería, que se encuentran en los márgenes de los ríos, además de plantaciones forestales. El bosque latifoliado representa la mayor parte de cobertura forestal, con un 22% del área total de la cuenca y 70% del área boscosa total. De acuerdo a INAB-CONAP (2015) este tipo de bosque es importante pues comprende las especies de vegetación que más captura de carbono realiza debido a sus características foliares de hoja ancha. Este tipo de bosque está repartido por toda la cuenca, aunque se encuentra principalmente en las zonas altas de sus límites, tanto al norte como al sur, al este, y esparcido en menor proporción al oeste, donde se ubican los principales centros urbanos. Le sigue en proporción, el bosque mixto donde se encuentran tanto especies de bosque latifoliado

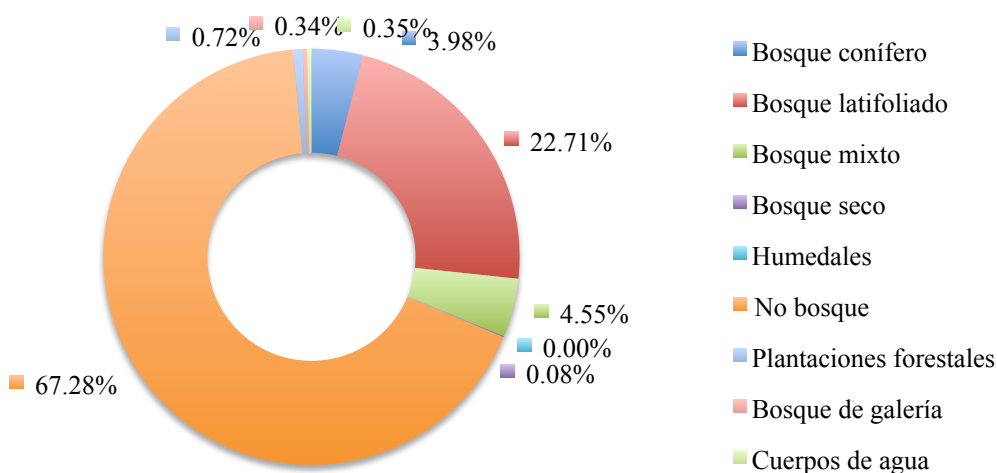
como de coníferas, y se extiende principalmente en la parte central de la cuenca. Resalta mencionar el caso de plantaciones forestales, que a pesar que no representan una proporción considerable de masa boscosa dentro de la cuenca, se hallan áreas extensas con dicho fin principalmente en la parte baja de la cuenca. A pesar de los distintos grupos de bosque dentro de la cuenca, y que el porcentaje de cobertura forestal se asemeja al 35% alcanzado a nivel departamental, esto sólo indica que la mayor parte del territorio está desprovisto de bosque, aunque dentro de dicha clasificación se puede encontrar guamil, además de las actividades agrícolas y manchas urbanas, pero por sus características de cobertura vegetal no se considera dentro de la masa boscosa.

Tabla 119. Cobertura por tipo de bosque en la cuenca del río Cahabón.

Tipo de cobertura	Área (ha)	Area (%)
Bosque conífero	10337.90	3.98
Bosque latifoliado	59023.03	22.71
Bosque mixto	11813.50	4.55
Bosque seco	200.26	0.08
Humedales	11.86	0.00
No bosque	174844.95	67.28
Árboles dispersos	0.00	0.00
Plantaciones forestales	1859.29	0.72
Bosque de galería	895.14	0.34
Cuerpos de agua	906.61	0.35
Cobertura forestal total	84129.11	32.38

Fuente: INAB-CONAP, 2015.

Gráfico 18. Proporción de cobertura forestal en la cuenca del río Cahabón.



Fuente: INAB-CONAP, 2015.

El Instituto Nacional de Bosques ha catalogado a los bosques del país de acuerdo a su «capacidad y regulación hidrológica [que] ocupan el 28% de la superficie nacional». Corresponde a las áreas cuyas características de suelo y vegetación permite la infiltración y reducen la erosión, a pesar de su topografía quebrada. Aunque son áreas de importancia, únicamente el 39.72% correspondía a zonas forestales a nivel nacional al año 2003, pero el 81.71% sí correspondía a algún tipo de vegetación de carácter permanente. El departamento de Alta Verapaz es el departamento con más área de «tierras forestales de [...] captación y regulación hidrológica (TFCRH)». Dentro del mismo, la cuenca del río Cahabón en su parte central comprende la mayor parte de tierras forestales de muy alta y alta captación y regulación hidrológica, al menos tres cuartos de su territorio, por lo que resulta importante la preservación de dichas áreas para la protección del recurso hídrico (Carrera, Gálvez y López, 2012:132).

### **3. Clasificación agrológica de USDA para Alta Verapaz y la cuenca del río**

**Cahabón.** En Alta Verapaz, la mayor parte del territorio se clasifica como tipo VII, es decir que dichas áreas no son aptas para el desarrollo de la agricultura, por lo que se debe destinar a manejo de bosques (ver Mapa 32). De igual forma, dentro de la cuenca del río Cahabón, esta clasificación corresponde al 79% del área (ver Mapa 33). Sin embargo, esto no corresponde con la realidad y la necesidad de los cultivos en la región, tanto como para consumo como para fines económicos. Tanto en el departamento como dentro de la cuenca no se encuentra la categoría I la cual indicaría que las tierras no tienen limitantes para la agricultura. Sin embargo, sí existen tierras aptas para la agricultura con pocas limitantes, que corresponden al tipo II, pero se limitan al 2% del departamento y de la cuenca, ubicados en la parte alta de la cuenca donde se encuentran zonas urbanas importantes, así como en la parte final de la cuenca, donde limita con el río Polochic al sureste del departamento (MAGA, 2005).

Debido a las discrepancias entre la capacidad de la tierra y su uso, se maneja el término de intensidad de uso, el cual indica cómo se está aprovechando la tierra de acuerdo a la situación actual de uso y a cómo se debería utilizar. De esta manera, al año 2005 se encuentra que el 42% de la extensión de la cuenca del río Cahabón se utiliza de manera adecuada (ver Mapa 34). Sin embargo, otro 40% de la misma se encuentra sobre utilizada. Es decir que las actividades realizadas en dicha área sobrepasan la capacidad de uso de la tierra de acuerdo a sus características de topografía y suelo. A pesar de ello, existe un 17% del territorio que permanece subutilizado, lo que indica que no se han desarrollado actividades en ella o que las actividades que se desarrollan no aprovechan al máximo el potencial del área. Todo esto presenta el impacto que genera no contar con planificación de acuerdo a las características de una zona, pues perjudica áreas que no son aptas para el uso que se le da en la actualidad, mientras que otras permanecen ociosas y podrían destinarse a actividades sostenibles y productivas (MAGA, 2005).

## E. Recursos Naturales.

**1. Ecosistemas.** Alta Verapaz se encuentra ubicado en parte del bioma de selva tropical lluviosa y especialmente en el bioma de selva de montaña. Ambos se caracterizan por elevados rangos de precipitación y humedad que permiten el crecimiento de exuberante vegetación. Además, por las características geográficas y topográficas se ha favorecido el endemismo en bosques mixtos. Dentro de estos biomas, se identifican cuatro ecorregiones con características similares, que se distinguen por diferencias de altura y de precipitación, que permite el crecimiento de distinto tipo de vegetación. Estas ecorregiones son los bosques húmedos de Petén-Verapaz, que abarca la mayor parte del departamento; bosques de pino-encino de Centroamérica, que coincide con el bosque pluvial subtropical (ver Mapa 35). Finalmente, la ecorregión de bosques húmedos del Atlántico de Centro América corresponde a un corredor que sigue la cuenca del río Polochic, bordeado por el bosque montano de Centroamérica (Santizo, *et. al.*, 2004).

La cuenca del río Cahabón presenta las mismas características que el departamento, aunque la proporción de cada clasificación varía. En la parte alta se encuentra el bioma de selva de montaña, mientras que la baja se caracteriza por el bioma de selva tropical lluviosa. Sin embargo, esta división no corresponde a los límites de las ecorregiones. Los bosques húmedos de Petén-Verapaz corresponden a la mayor parte del territorio de la cuenca. Las montañas al centro-sur de la cuenca cuentan con características de los bosques montanos de Centroamérica. La parte oriental de la cuenca, que representa la parte baja de la misma, incluye el parche de bosque de pino-encino del municipio de Senahú, además del bosque húmedo del Atlántico a medida que el río Cahabón se aproxima a su desembocadura al río Polochic (Santizo, *et. al.*, 2004).

Tabla 120. Zonas de vida de Alta Verapaz.

Zona de vida	Código	Área (ha)	Porcentaje (%)	Distribución
Bosque muy húmedo subtropical cálido	bmh-S(c)	779,325	72.37	Abarca la mayor parte del departamento a lo largo del lado norte y la mitad oriental.
Bosque muy húmedo subtropical frío	bmh-S(f)	172,460	16.01	Se extiende por el área suroccidental del departamento.
Bosque pluvial subtropical	bp-S	71,694	6.66	Se encuentra en el límite entre Cobán y el departamento de Quiché, además de una porción en el municipio de Senahú

Fuente: SEGEPLAN, 2011:21.

Continuación Tabla 120. Zonas de vida de Alta Verapaz.

Zona de vida	Código	Área (ha)	Porcentaje (%)	Distribución
Bosque pluvial montano bajo	bp-MB	39,774	3.69	Comprende una franja territorial al sur del departamento, entre los municipios de «Tamahú, Tukurú, Panzós, Senahú,» Santa María Carchá, San Juan Chamelco y La Titna.
Bosque húmedo subtropical templado	bh-S(t)	13,679	1.27	Abarca el límite con los departamentos de Quiché y Baja Verapaz al suroccidente de Alta Verapaz, en la región Poqomchí.

Fuente: SEGEPLAN, 2011:21.

Al identificar la cuenca del río Cahabón dentro del departamento, se reconocen cuatro zonas de vida dentro de la misma (ver Mapa 36). Estas corresponden a las principales zonas de vida del departamento. La parte alta de la cuenca, que corresponde a los municipios de Tactic, Santa Cruz Verapaz, San Cristóbal Verapaz y Cobán, se encuentra en la zona de bosque muy húmedo subtropical frío, mientras que la parte baja se clasifica como bosque muy húmedo subtropical cálido. Otras zonas de considerable elevación, ubicadas en la parte sur de la cuenca, corresponden a las clasificaciones de bosque pluvial montano bajo, porción que pertenece mayoritariamente al municipio de Senahú (SEGEPLAN, 2011).

La zona de vida de bosque muy húmedo subtropical cálido corresponde a la mayor extensión de la cuenca, así como a nivel nacional, con temperaturas usualmente superiores a los 20 °C. Las condiciones de temperatura y de alta precipitación anual permite que se desarrolle una amplia variedad de flora, en las que se incluyen la ceiba, el pino, palma de corozo, roble, árbol de ramón, entre otros, y de acuerdo a la fertilidad de los suelos, permite fácilmente el cultivo de «caña de azúcar, banano, café, hule, cacao, cítricos, maíz, frijol, arroz, citronela y otros» (MARN, 2011:186).

El bosque muy húmedo subtropical frío sigue en cobertura sobre la cuenca del río Cahabón, a pesar que a nivel nacional no representa una mayoría. Con temperaturas menores a la zona de vida cálida, aún se reportan altas precipitaciones a lo largo del año. Una de las especies indicadoras más reconocida de la región es el liquidámbar. Además, se puede encontrar el aguacatillo, por lo que la zona resulta ideal para la supervivencia del ave nacional de Guatemala: el quetzal. Permite el cultivo de cardamomo, café, maíz, frijol, aguacate y pimienta, entre otros, aunque también se aprovecha en la zona como recurso maderero el pino (MARN, 2011).

Con menores coberturas, los bosques pluvial montano bajo subtropical y pluvial subtropical deben su nombre al alto régimen pluvial a lo largo del año, estimado alrededor de 4000 mm al año, con temperaturas moderadas. La flora de dichas zonas se caracteriza por algunos árboles angiospermas, además que se consideran bosques reguladores de agua, por lo que su protección es primordial (MARN, 2011).

Tabla 121. Características físicas y climáticas de las zonas de vida de Alta Verapaz.

<b>Zona de vida</b>	<b>Precipitación anual (mm)</b>	<b>Biotemperatura (°C)</b>	<b>Rango de elevaciones (msnm)</b>	<b>Relación de evapotranspiración promedio</b>
Bosque muy húmedo Subtropical (cálido)	1587-2066	21-25	80-1600	0.45
Bosque muy húmedo Subtropical (frío)	2045-2514	16-23	1100-1800	0.5
Bosque húmedo Subtropical (templado)	1100-1349	20-26	650-1700	1
Bosque pluvial montano Bajo Subtropical	4100-4100	12-19	1500-2700	0.25
Bosque pluvial Subtropical	4410-6577	16-24	460-1400	0.25

Fuente: MAGA, 2005.

Debido a las características de las zonas de vida del departamento de Alta Verapaz, tres de ellas se consideran de importancia para la conservación. Particularmente el bosque pluvial montano bajo subtropical el uso adecuado sería el de protección, mientras que los bosques húmedo subtropical templado y pluvial subtropical se pueden dedicar a actividades de manejo forestal. Por otro lado, el bosque muy húmedo subtropical frío se puede combinar con otras actividades como la «ganadería en pequeña escala» además del manejo forestal. Tanto esta zona de vida como el bosque muy húmedo subtropical cálido permiten el desarrollo de cultivo de manera sostenida (MAGA, 2005).

Alta Verapaz, junto al departamento de Huehuetenango, es el segundo departamento a nivel nacional con mayor número de ecosistemas, 29 en total, inclusive ecosistemas agrícolas. También, es el cuarto departamento con «mayor diversidad y cobertura de ecosistemas de bosques [...] con 15 que cubren el 43%» de su territorio (Santizo, *et. al.*, 2004:116-118). Dentro de él, se puede encontrar «los cuatro ecosistemas de más amplia distribución [que] son los bosques latifoliados húmedos y muy húmedos de bajuras y colinas» característicos del área norte del país. Otros ecosistemas incluyen áreas agrícolas con

segmentos de bosque, en la cuenca del río Cahabón y al norte de Alta Verapaz. En la misma cuenca, se puede encontrar un área de bosque de coníferas, así como bosques mixtos y en menor escala, pero con alta diversidad, herbazales al sur del departamento. Los arbustales representan otro ecosistema esparcido por el departamento, principalmente en la cuenca del río Polochic. Otro sistema productivo pero sin presencia de bosque natural corresponde a una porción de la cuenca del río Polochic (Santizo, *et. al.*, 2004).

Debido a que las zonas de vida dependen de las características pluviales y de temperatura para el desarrollo de la vegetación característica, estas son susceptibles al cambio climático. Por dicha razón, pronósticos climáticos que varían en optimismo en cuanto a la humedad presente en cada zona que puede provocar la expansión de algunas zonas de vida y la disminución en extensión de otras. Los escenarios A2 y B2 han sido aplicados a nivel nacional para mostrar los posibles impactos del cambio climático en las zonas de vida. En ellos se estima la cobertura de cada zona de vida para los años 2020, 2050 y 2080, a partir de su estado en el año 2000. En el primero, una tendencia de sequía predominaría que provocaría la reducción de las zonas de vida consideradas como húmedas y muy húmedas, la extensión de zonas de categoría seca y la desaparición de dos zonas montanas húmedas y pluviales. El segundo escenario, que incluye acciones a favor de la conservación, pronostica resultados similares que difieren en los porcentajes de cobertura de cada zona de vida. En ambos casos, el bosque seco tropical sería la zona de vida más extensa del país al año 2080. La misma tendencia de sequía aplica al departamento de Alta Verapaz, que presentará una reducción en sus bosques húmedos y muy húmedos (Rosito, *et. al.*, 2012).

Tabla 122. Evolución de la extensión de las zonas de vida en Alta Verapaz de acuerdo a los escenarios del cambio climático.

Bosque según humedad	Cobertura al año 2000 (%)	Cobertura de acuerdo al escenario A2 (%)			Cobertura de acuerdo al escenario B2 (%)		
		2020	2050	2080	2020	2050	2080
Seco	0.00	0.02	0.51	23.63	0.51	0.00	15.48
Húmedo	44.45	60.45	72.63	74.73	72.63	54.87	79.67
Muy Húmedo	55.50	39.54	26.86	1.54	26.86	45.13	4.85
Pluvial	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Rosito, *et. al.*, 2012:284.

De acuerdo al escenario A2, para el año 2020 se espera la desaparición completa del bosque pluvial montano bajo y del bosque pluvial subtropical para dar paso al bosque muy húmedo montano bajo tropical, de acuerdo a la distribución de zonas de vida presentada por el MAGA (2005). Bajo este panorama, dentro de la cuenca del río Cahabón, para el año 2020, la mayor zona de vida será el bosque muy húmedo pre montano tropical, ubicado en la parte media de la cuenca, que se extenderá por 49% del territorio. No obstante, esta zona de vida tendrá una menor extensión al año 2050, del 42% del área total,

debido a un incremento de la zona de vida de bosque húmedo tropical en la parte baja de la cuenca (ver Mapa 37 y Mapa 38). Sin embargo, es posible que los cambios en las extensiones de zonas de vida no sean tan drásticos debido a la tendencia observada en la relación de pérdidas-ganancias de masa boscosa. Esto se justifica con que el escenario A2 no contempla esfuerzos de protección y conservación de las masas boscosas para minimizar el impacto del cambio climático, contrario a la tendencia hacia la ganancia neta observada dentro de la cuenca y en el departamento de Alta Verapaz.

**2. Flora.** Las características de las zonas de vida del departamento de Alta Verapaz han permitido un importante desarrollo de la flora en la región. Por ejemplo, el bosque de pino-encino presenta gran variabilidad de especies de pino y provee fuentes de información genética, por lo que es primordial su conservación. Además, los bosques latifoliados abarcan una región importante dentro del departamento, e incluyen varias especies vegetales. En este tipo de bosque, además de los bosques mixtos, existe un elevado endemismo, colocándolo a la cabeza del país con 37 especies de plantas endémicas y la segunda región tras la cadena volcánica al sur (Santizo, *et. al.*, 2004).

La humedad de la región y el período de lluvia permite la supervivencia de musgos. Alta Verapaz presenta 321 especies de musgos, por lo que ocupa el tercer puesto a nivel nacional en variedad de musgos, tras Huehuetenango e Izabal. También, se favorece el crecimiento de orquídeas y helechos, al pertenecer a la franja ubicada «entre la Sierra de las Minas y Maxbal» con alto endemismo en ambas clasificaciones de plantas, área conocida como el «Arco Húmedo del Norte» (Véliz, 2008:284).

De acuerdo a Véliz, *et. al.*, (2013:508), la parte sur-occidental del departamento de Alta Verapaz, catalogada como Cobán para propósitos de endemismo y que comprende «cinco cuadrantes [...] equivalente a 1720 km<sup>2</sup>», es un área de alto endemismo de orquídeas que distintos estudios indican números variables «entre 17 y 67 especies» entre las que sobresale la *Lycaste virginialis f alba* o Monja Blanca, flor nacional. Sin embargo, únicamente se ubican seis reservas naturales, de las cuales cuatro son privadas (Véliz, *et. al.*, 2013).

Como se ha discutido, Alta Verapaz y la cuenca del río Cahabón cuenta con una gran variedad de productos agrícolas que incluyen productos frutales. Uno de estos es el aguacate, que presenta gran diversidad genética en el país, especialmente en el departamento en la zona que corresponde al «bosque pluvial montano bajo». En este sentido, el departamento también es rico en especies de anona, además de otras especies vegetales de importancia genética cultivadas en los huertos familiares, donde predominan las plantas tipo herbáceo (Azurdía, 2008:429).

Los bosques de los municipios que pertenecen a la cuenca del río Cahabón contienen varias especies de árboles. Algunos de los árboles presentes en la mayoría de municipios incluyen el cedro, caoba

y pino, en los municipios de Purulhá, Cahabón, San Juan Chamelco y Tactic. Purulhá, de acuerdo al MARN (2011), es el municipio que más especies de árboles reporta, entre los que se incluyen el matiliguete, hormigo, liquidámbar, conacaste, nogal, encino y ciprés. El liquidámbar también es posible encontrarle en los municipios de Tactic, Cobán y Santa Cruz Verapaz. En San Juan Chamelco se mencionan el palo blanco y el conacaste. Cahabón también cuenta con mayor variedad que incluye el hormigo, jocote de fraile, palo blanco y matiliguete, los últimos con su característico floreado. El árbol madre cacao también se reporta en el municipio de Tactic, donde además de las especies forestales mencionadas se puede encontrar chipilín utilizado como condimento en la cocina tradicional, leguminosa que también crece en San Cristóbal Verapaz (MARN, 2011).

**3. Fauna.** Debido al régimen pluvial del departamento, Alta Verapaz es una región que presenta varias especies de reptiles y anfibios (Santizo, *et. al.*, 2004). Esta variedad incluye serpientes, tales como la serpiente de coral, especies de salamandra como de O'donnell, de Müller, de frente blanca, además de lagartos “escorpión” y otras especies de lagartijas. Sin embargo, las especies mencionadas se reportan principalmente en el área de la Laguna Lachuá al noroeste del departamento y en áreas colindantes a la Sierra de las Minas al sureste. Otros anfibios encontrados en el departamento incluyen los sapos de bosque y la «rana montañera enmascarada» (Campbell, 1998:96).

El departamento ha sido escogido para el monitoreo de especies de aves, tanto locales como migratorias. Dos de los sitios de monitoreo se encuentran dentro de la cuenca del río Cahabón, correspondientes a la región de la montaña Sacranix, al noroeste de la cabecera departamental, y la montaña Yalijux, al sur de la cuenca, limítrofe con la cuenca del río Polochic. El monitoreo efectuado sirve como una evaluación del estado de los bosques presentes en dichas regiones, especialmente bosque latifoliado y bosque nuboso, respectivamente. En la región de Sacranix únicamente se reportaron 320 especies en total, que incluyen 53 especies de aves migratorias. Las aves con mayor distribución del área incluyen al chinchinero común, colibrí de garganta verde, *Henicorhina leucophrys*, clarín unicolor, *Wilsonia pusilla*, *Myioborus miniatus*, y el trepatroncos manchado. En la montaña Yalijux, aparte de las especies mencionadas, se reportan otras especies de colibríes, trepatroncos, chipes, pájaros carpinteros, y el quetzal (PROEVAL RAXMÚ, 2012).

Entre los mamíferos que se encuentran en los municipios de la cuenca del río Cahabón, se mencionan al venado de cola blanca, tepezcuintle, armadillo y otros roedores como conejos y ardillas. En Purulhá y Senahú se han reportado, además, coches de monte, micoleones, tigrillos y mapaches. En Cobán se reportan otros mamíferos, sin embargo, el municipio se extiende hacia el área noroccidental del departamento, por lo que incluye el área de la Reserva Natural Laguna Lachuá (MARN, 2011).

**4. Problemas medioambientales y ejes de acción.** Los movimientos y el dinamismo de la zona han concebido una serie de nuevos problemas que ponen a la economía del departamento de Alta Verapaz en un alto grado de vulnerabilidad. Esta vulnerabilidad ha hecho que este departamento afronte una serie de problemas, los cuales se presentan en las principales áreas económicas del área, que tiene injerencia directa en su desarrollo generando amenazas socioeconómicas para los pobladores (Pape, 2011).

Una de las principales amenazas económicas que se presentan en la zona es el tráfico de recursos naturales, ya que se transportan hacia México grandes cantidades de madera las cuales son pasadas en puntos ciegos donde no existen aduanas y por ende no pagan ningún tipo de impuestos de exportación. De acuerdo con proyecciones del Instituto Nacional de Bosques (INAB) de seguir con esta tasa de deforestación clandestina, en 15 años se habrá consumido entera la masa boscosa de Alta Verapaz. De igual manera, la utilización de los ríos para la generación energética produjo sequías y por ende reducción en el abastecimiento de agua. En contraste con su gran potencial para generación de energía hidroeléctrica se sabe que tan solo el 18% de los pobladores de este departamento cuentan con servicio de flujo eléctrico.

En Alta Verapaz, las amenazas contra la biodiversidad en los últimos años han alcanzado niveles elevados, debido al avance de las tierras para cultivo. El cambio de uso de suelo ha generado una pérdida y fragmentación de hábitat de un sin número de especies lo que se refleja principalmente en la pérdida de la masa boscosa. La sobreexplotación de recursos de la flora y fauna ha afectado especies madereras endémicas por su alto valor para su uso y comercialización, lo que también ha puesto en riesgo a especies de aves.

En el departamento, la contaminación en la cuenca de río Polochic ha influido en pérdidas en la flora y gran parte de las comunidades rurales se han tenido que desplazar debido al crecimiento de la industria hidroeléctrica, minera y agroindustrial. En la Franja Transversal del Norte se ha generado un fenómeno interesante, pues se ha aumentado la plusvalía debido al arribo de muchos compradores, los cuales utilizan las tierras para siembra de palma africana y ganadería, que ha provocado la merma de los humedales en la zona norte. A todo esto se le une un crecimiento en la construcción de comercios y servicios en el área de Cobán, la cual ha generado un alza en el crecimiento poblacional urbano y en la generación de desechos contaminantes. Simultáneamente, negocios como beneficios de café y de cardamomo, además de constructoras, se han beneficiado de la falta de regulación sobre el manejo de recursos, lo que ha contribuido al deterioro del cauce del río Cahabón. Por último, la extracción petrolera en Rubelsanto, Caribe y Chinajá bajo ninguna normativa ambiental son un atentado contra la diversidad biológica de la zona (Pape, 2011).

El crecimiento de la población y la falta de organización urbanística de las zonas han generado un aumento de hasta 3 veces la densidad poblacional de la cuenca del río Cahabón en los últimos 20 años. Es

aquí donde se genera una gran demanda de servicios de básicos y vivienda, trayendo como consecuencia la generación de grandes cantidades de desechos sólidos y líquidos los cuales son desechados hacia los ríos, siendo los ríos contaminados la principal causa de enfermedades gastrointestinales. Una mayor vulnerabilidad social implica mayor presión sobre el uso de los recursos naturales (Pape, 2011).

**a. Contaminación en suelos.** En Guatemala, uno de los mayores problemas relacionados a la contaminación de suelos es la acumulación de desechos sin tratamiento. Estos residuos sólidos traen implicaciones tanto en la calidad del suelo como a la calidad del agua superficial y subterránea, además de contribuir a la emisión de gases perjudiciales para la salud. Esto se debe a la disposición sin control de los desechos, aún cuando se tienen sistemas de recolección, pero que únicamente son utilizados por el 35% de la población nacional. El daño recae en que aun en los botaderos designados, los otros métodos de desechar afecta las vertientes hidrográficas. A pesar que la producción de residuos por habitantes es considerada baja a nivel internacional, por ejemplo Alta Verapaz presenta 0.31 kg per cápita diarios de desechos, es una fuente importante de contaminación por todos los recursos afectados debido a la falta de tratamiento (Tuy y Vargas, 2009).

Los desechos sólidos no contemplan únicamente los de origen domiciliario, también se incluyen desechos de origen industrial y de otras actividades productivas que incluyen servicios, cuya disposición final debería incluir una fase de tratamiento para minimizar los impactos en el medio ambiente. A pesar que el departamento de Alta Verapaz no presenta una fuente importante de desechos de sus centros urbanos, sí es uno de los departamentos con mayor producción de desechos en el área rural, que equivale a 174 toneladas diarias contra 59 toneladas diarias en las zonas urbanas. Otro dato preocupante es que a nivel departamental, únicamente el 35% de los desechos urbanos era recolectado al año 2002, similar al promedio nacional, y solamente el 1% del área rural emplea dicho servicio (Carrera, 2006). A nivel departamental, esto equivalía únicamente a cerca del 12% del total de la basura con algún tipo de recolección, por lo que el 58% de los desechos eran quemados y el 30% se tiraba en cualquier lugar (Tuy y Vargas, 2009). Esto se suma a la tendencia nacional en zonas rurales donde la basura es depositada en cualquier área o quemada, lo que representaba el destino final de la basura para dichas áreas del 41 y 37% respectivamente del total generado, y el 20 y 13% en zonas urbanas. El departamento, al año 2002, únicamente contaba con 12 botaderos a cielo abierto y dos botaderos controlados, por lo que se explicaría el bajo índice de recolección de desechos municipales como una fuente menos de contaminación (Carrera, 2006).

La disposición de desechos sólidos representa una problemática departamental, la cual afecta también la cuenca del Río Cahabón. El daño que esta ocasiona no es únicamente a nivel suelo sino que también al recurso hídrico debido a los procesos de infiltración y escorrentía, además que los desechos sólidos también pueden ser depositados directamente en las fuentes de agua o arrastrados a ellas. En el área,

algunos de los desechos que se mencionan incluyen plásticos, vidrio, papel, chatarra y desechos orgánicos. Los últimos provienen de actividades productivas como la agricultura y la ganadería, principalmente de los beneficios de café, plantaciones de cardamomo, así como los desechos que se producen en los rastros municipales (MARN, 2011).

**b. Contaminación en aguas.** Prando (1996), define la contaminación como la polución que produce efectos nocivos para los seres humanos por toda la materia o sustancias, derivados químicos o biológicos, vibraciones, ruido que se incorpora a la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, altera su composición y afecta la salud humana. Para el año 2004, la situación de fuentes puntuales de contaminación de agua en Guatemala era preocupante debido al poco o nulo tratamiento que representaba las aguas residuales e incluso el agua potable. De las 24 plantas de tratamiento existentes en todo el país únicamente el 62% se encontraba operacional, para suministro de agua potable. Por otro lado, existían 43 plantas de tratamiento de aguas residuales en funcionamiento, aunque no en su total capacidad. Lamentablemente, «23 de las plantas de tratamiento de aguas servidas se encuentran en el área metropolitana». A esto se suma el hecho que la mayoría de agua sin tratamiento era dirigida a los ríos (Cobos, *et. al.*, 2004:156).

El efecto de la contaminación ha llegado a degradar la calidad de agua de varios de los ríos y otros cuerpos de agua. De los «38 ríos principales [...] al 2009, al menos 14 ríos principales y cuatro lagos presentaron altos porcentajes de contaminantes» (Castañeda, Gálvez y Tuy, 2012:138). Uno de dichos lagos con problemas de contaminación es el lago de Izabal. Su degradación se ha debido principalmente a la descarga de aguas residuales provenientes de las cuencas que lo alimentan, que incluye la cuenca del río Cahabón y principalmente al río Polochic como fuente de sedimentos y contaminantes. A pesar que no se menciona el impacto directo de actividades agrícolas en la contaminación de dicha fuente de agua, es evidente a nivel nacional que el uso de fertilizantes y pesticidas químicos contribuye a empeorar la calidad del agua. Únicamente entre los años 2007 y 2008 se reportó que los fertilizantes y pesticidas químicos eran utilizados por el 79 y 95% de las fincas respectivamente, que cubren el 90 y 96% de las superficies destinadas a las actividades agropecuarias a nivel nacional (Castañeda, Gálvez y Tuy, 2012).

Con respecto al acceso de agua, cerca del 42% de los hogares en Alta Verapaz contaba con abastecimiento de agua potable mediante algún tipo de red de suministro, aunque únicamente la mitad de dicho porcentaje dentro de vivienda. A pesar de ello, al año 2006 aun un 15% del departamento recurría directamente a cuerpos superficiales de agua para consumo. Esto se puede considerar como una fuente de problemas de salud si el agua consumida tiene algún grado de contaminación. Lamentablemente, al mismo año, cerca del 75% de los hogares empleaba letrina o pozo ciego, lo que también representa una fuente de contaminación por material orgánico al no contar ningún tipo de tratamiento y de carácter puntual (Tuy y Vargas, 2009).

En la actualidad el río Cahabón se encuentra muy contaminado. Hace varias décadas, este se utilizaba como fines recreativos, pero debido al nivel de contaminación que se tienen, este ha dejado de usarse con este fin. Durante su recorrido por diferentes municipios, este recibe desechos de las poblaciones, así como también desperdicios de plaguicidas agrícolas. El municipio que vierte directamente sus desechos sólidos sobre el río es Tactic, con base a estudios realizados por Bran Solares (2,003). El basurero del municipio de Cobán, no se encuentra sobre el río Cahabón, pero debido a su ubicación topográfica y la formación cárstica sobre la que está, genera la infiltración de contaminantes que de igual manera paran llegando al río (Solares, 2003).

Un caso específico de fuentes de agua contaminada dentro de la cuenca del río Cahabón corresponde a la Laguna Chichoj dentro del municipio de San Cristóbal Verapaz. La degradación se debe principalmente a la contaminación por aguas residuales. Principalmente del área urbana, dirigidas a sus aguas y a los ríos tributarios Paná y Chijuljá, donde también la industria de calzado desecha aguas servidas. También el rastro municipal presenta una fuente directa de contaminación mediante desechos orgánicos depositados al cuerpo de agua en mención (MARN, 2011).

Debido a la contaminación por nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo, la laguna presenta eutrofización debido a una disminución en la cantidad de oxígeno. El elevado contenido de nitrógeno se encuentra en compuestos tales como el amonio y nitritos cuyos niveles, de 0.06 mg/L y 0.46 mg/L respectivamente, en puntos de medición sobrepasan los niveles adecuados para la vida. También las cantidades de plomo sobrepasan los niveles aptos para el agua potable. Debido a la descarga de aguas residuales, además de aguas y desechos provenientes del rastro y de las actividades industriales, se han encontrado patógenos tales como la *e. coli* y otras bacterias coliformes que son un riesgo para la salud de la población. La importancia de la contaminación de la Laguna Chichoj en la cuenca del río Cahabón recae en que es una de las microcuencas ubicadas en la parte alta, por lo que cualquier contaminante presente aún es drenado hacia el cauce principal del río Cahabón (MARN, 2011).

**c. Degradación de suelos.** La degradación de los suelos constituye un riesgo para la seguridad alimentaria del país. Mediante el uso de la tierra a nivel nacional, Sales, *et. al.*, (2004:67) presenta un «índice del estado del ambiente con relación al uso de la tierra». De acuerdo a ello, la franja central del país que se extiende de Huehuetenango a Chiquimula tiene un alto índice de degradación de la tierra. El área con un alto nivel de degradación abarca cerca del 18% de la superficie territorial. A esto, se le debe añadir el área con un mediano nivel de degradación que en total representa el 50% del territorio. Lamentablemente, la situación se desarrolla en las partes altas de varias cuencas del país, principalmente en el área occidental y central de Guatemala (Sales, *et. al.*, 2004).

Respecto al departamento de Alta Verapaz, ocho son los municipios con un alto índice de deterioro del suelo, que corresponden a Tactic, Santa Cruz Verapaz, San Cristóbal Verapaz, Tamahú, San Juan Chamelco, San Pedro Carchá, Lanquín y Santa María Cahabón. Únicamente dos municipios, Panzós y Fray Bartolomé de las Casas, muestran una baja degradación de tierras, el resto corresponde a un mediano índice de deterioro del suelo. Resulta evidente que la cuenca del río Cahabón presenta un alto deterioro de la tierra pues los municipios con un alto índice pertenecen a la misma, a excepción de Tamahú. Esto se refleja en que el 72% de la parte alta de la cuenca cuenta con un alto nivel de degradación, y el resto del área dentro de dicha zona tiene un moderado nivel de degradación (Sales, *et. al.*, 2004).

**d. Riesgos en cuencas.** En Guatemala, la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia realizó el Atlas Nacional de Riesgo que contempla los efectos de amenazas naturales para los municipios del país. Estos efectos incluyen el efecto de la erosión, inundaciones y deslizamientos. Además, se mencionan otros como incendios forestales y contaminación. La vulnerabilidad además es un índice de la seguridad que ofrece las viviendas, además de otras consideraciones socioeconómicas. Los municipios que representan mayor riesgo en Alta Verapaz son Panzós y Cahabón. Le siguen Senahú, Tucurú, Tamahú y Tactic, en la parte sur del departamento, y Raxruhá al norte. Algunos de los municipios con vulnerabilidad crítica y muy crítica se ubican en la parte baja de la cuenca del río Cahabón. El resto del departamento está considerado con muy alto riesgo (SEGEPLAN, 2011).

Uno de los riesgos relacionados con los afluentes son las inundaciones. A nivel nacional, se reportan inundaciones anualmente especialmente en las zonas planas o con pocos cambios de pendiente. También tiene relación con el caudal que lleva los afluentes, principalmente en la época lluviosa, que tiende a afectar las partes bajas de las cuencas. En el departamento de Alta Verapaz el municipio con mayores riesgos de inundación corresponde a Panzós, debido a que en él se ubican las partes bajas de las cuencas del río Polochic y río Cahabón. Algunos municipios que presentan mediano riesgo incluyen San Cristóbal Verapaz, Cobán y San Juan Chamelco, dentro de la cuenca del río Cahabón. Esto se debe a la ubicación de los centros urbanos con respecto a los cuerpos principales de agua de la zona (Duro, 2004).

**e. Ejes de acción en ejecución.** Desde el año 2009, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales ha realizado esfuerzos encaminados a la recuperación de la cuenca del río Cahabón. Esto surgió de la necesidad de enfrentar la creciente contaminación de sus afluentes, entre los cuales se encuentra la Laguna Chichoj. Además, el río Cahabón comprende una de las subcuencas de la cuenca del lago de Izabal y Río Dulce que desemboca en el Mar Caribe y es el cuerpo de agua dulce más grande de Guatemala. Los primeros esfuerzos se dirigieron a la extracción de ninfa de la Laguna Chichoj, acciones que abrieron el camino para la formación del «Comité para el manejo sustentable de la Subcuenca del río Cahabón» (MARN, 2011:12).

El comité comprende distintas instituciones que dependen de la cuenca y sus recursos, que incluyen a las distintas municipalidades que conforman el área por la cual se extiende la cuenca. A partir de la participación de los distintos sectores involucrados surgió en el año 2011 el «Plan Estratégico para el Manejo Sostenible de la Subcuenca del Río Cahabón» (MARN, 2011:13). La finalidad principal del plan contempla la recuperación de la calidad del agua de los afluentes por medio de soluciones a la contaminación y sus fuentes, así como una mejor utilización de los recursos. Lo anterior se planteó a partir de la identificación de los problemas que más perjudican el área, que incluyen el mal uso del suelo, deforestación y crecimiento demográfico (MARN, 2011).

El plan de manejo para la cuenca del río Cahabón pretende proporcionar alternativas y soluciones a los problemas identificados. Así, se priorizan acciones para mejorar el uso que se le da a las tierras mediante prácticas agrícolas responsables y sostenibles, además de prácticas agroforestales, sin que se limite el desarrollo económico de las comunidades. Para la ganadería también se realizan sugerencias para que el impacto de dicha actividad no perjudique el medio ambiente mediante la instalación de plantas de tratamiento de aguas, y mejoras que incluyen áreas forestales en las zonas destinadas al pastoreo. Debido a la necesidad que presenta Alta Verapaz en cuanto a sanidad y distribución de agua, también se realizan sugerencias de cuales sistemas sanitarios se deben instalar dadas las limitaciones y características de los sitios donde se concentra la población (MARN, 2011).

Además de las acciones correctivas contempladas en el plan de manejo, se proponen actividades enfocadas en el diagnóstico y monitoreo para poder medir los avances de la puesta en acción. De esta manera, se incluye el «catastro, demarcación y registro de tierras en áreas protegidas» para tener un mejor control sobre estas. También, se contempla el «monitoreo de la calidad de agua» a partir de puntos de muestreo desde los cuales se pueden realizar análisis a cargo de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Izabal y Río Dulce, AMASURLI, ya que pertenece a la misma cuenca. Entre otros aspectos que se pretenden abarcar mediante el plan se incluyen el manejo de desechos, educación ambiental, producción de energía de fuentes renovables y la seguridad alimentaria (MARN, 2011:225-227).

**1) Priorización de problemas y alternativas de solución.** Por su gran tamaño, posición geopolítica y diversidad biológica, la cuenca del río Cahabón es una de los elementos hidrográficos más importantes para Guatemala en el área norte. Siendo esta un punto estratégico para desarrollar las áreas rurales del país ya que cuenta con una diversidad de problemas al igual que oportunidades y recursos para desarrollar un manejo sostenible (Pape, 2011).

Los problemas existentes necesitan de la implementación gradual de las soluciones propuestas. Para plantear propuestas de acción ambiental que ayuden a la gestión de la cuenca es necesario la

priorización de los problemas, oportunidades y soluciones. Se logró por medio de la aplicación de instrumentos y en colaboración de los actores principales de la cuenca, determinar que los principales problemas para los que se deben priorizar acciones de mitigación son los siguientes:

- a) Deforestación.
- b) Sobrepoblación.
- c) Uso inadecuado de suelo.
- d) Erosión de los suelos.
- e) Malas prácticas agropecuarias y forestales.

El primer tema a abordar es el relacionado con las prácticas agropecuarias y uso del suelo, en este sentido la primera acción es fomentar la siembra en contorno para disminuir la velocidad de la escorrentía y controlar las inundaciones además de ayudar a la erosión de los suelos. Otra medida para el control de la erosión del suelo es no remover grandes cantidades de suelo al momento de sembrar. Se debe plantear el manejo y reutilización de los desechos naturales producidos en las granjas, como el estiércol de los animales y la pulpa de café como abonos orgánicos, con esto se evita que gran parte de estos desechos lleguen y contaminen los ríos. También se debe fomentar, la siembra de cultivos verdes o plantas que ayudan a fijar nutrientes al suelo para que este mantenga sus propiedades. Por último el manejo de agroquímicos y plaguicidas orgánicos que no dañen los recursos hídricos (Pape, 2011).

**2) Reconversión de ganadería tradicional a sistema de ganadería ambiental.** La industria ganadera, tiene una cuota alta de responsabilidad de contaminación de las aguas de la cuenca de esta zona, ya que desechan gran cantidad de sólidos con altos contenidos de nitratos a los cuerpos de agua además de contaminantes provenientes de los procesos de creación de lácteos. Dentro de los efectos atribuidos a esta industria se encuentran:

- a) Deterioro de la calidad del agua debido a transporte de sedimentos por erosión de suelos.
- b) Disminución de la calidad de los suelos debido a erosión y compactación.
- c) Contaminación de agua por heces animales.
- d) Bajos ingresos debido a la poca competitividad en el mercado.
- e) Contaminación por químicos utilizados dentro del proceso de la industria.
- f) Disminución de los hábitats naturales para la vida silvestre.

De acuerdo a este contexto, los impactos producidos por la ganadería tradicional son severos para el medio ambiente y es por eso que estas se deben cambiar y pasar a ser «Sistemas de Ganadería Ambiental». Con esto se busca resguardar la erosión y compactación de los suelos, mantener la calidad del agua y mejorar el paisaje y la biodiversidad de las zonas. (Pape, 2011)

Para evitar y/o disminuir los efectos en los cuerpos de agua debido a los subproductos de desechos provenientes de la industria láctea, se plantea que toda planta de lácteos debe contar una planta de tratamiento para el mejoramiento y reutilización de las aguas utilizadas. El plan presenta la implementación de la ganadería mixta o en pastoreo para la cual se deben de cumplir con varios aspectos:

- a) Planificación espacial de la finca: el tener un mapa en el cual se ubiquen las distintas áreas con las que cuenta la finca, es útil para determinar cuál es la capacidad de la finca. Los mapas ayudan a identificar el cuidado que se le debe dar a cada zona y evitar que esta se deteriore.
- b) Registros: están ligados a la toma de decisión conforme a la producción de la finca.
- c) Establecimiento y manejo de pastos mejorados: un buen manejo de pastos ayuda a mejorar los productos pecuarios y la cobertura del suelo.
- d) Carga animal: delimitar la cantidad de animales que se encontrará en una zona, para evitar el sobrepastoreo y el deterioro de la calidad del suelo.
- e) División y Rotación de Potreros: La finca debe contar con la cantidad suficiente de potreros y este debe de estar de acuerdo a la cantidad de pastos con la que se cuenta.
- f) Diseño y construcción de abrevaderos: el ganado debe contar en todo momento con agua, con facilidad de acceso y calidad.
- g) Protección de bosques de galería y zonas de pastoreo de la finca: se debe alejar al ganado de las riberas de los ríos, para que siempre existan una parte de la masa boscosa en estas zonas.
- h) Técnicas de producción más limpias: establecer maneras en las cuales se reduzca la utilización de agua y se promueva la reutilización de los productos, para minimizar los desperdicios, contaminación y por ende costos (Pape, 2011).

**3) Prácticas sanitarias para conservar la calidad del agua.** Siendo una zona con una elevada cantidad de habitantes, el acceso a los servicios como drenajes se limita de sobre manera. Tan solo un 20% de las familias que habitan en la cuenca del río Cahabón cuentan con este servicio, lo que día a día representa un foco de descarga de aguas residuales sobre los cuerpos de agua más cercanos y posteriormente desembocan en el Río Dulce y el lago de Izabal. A esta gran cantidad de desechos se le unen una serie de vertederos municipales los cuales no llevan ningún control ni manejo, que actúan como una barrera a las zonas de recarga hídrica y como generadores de lixiviados (Pape, 2011).

Conforme al panorama presentado anteriormente, el plan promueve una serie de propuestas que ayudan a conservar la calidad del agua y a la mejora de los distintos servicios básicos para los pobladores; las propuestas son las siguientes:

a) Letrinas: la implementación de este sistema se plantea para evitar que las aguas grises lleguen directamente a los ríos que drenan hacia la cuenca. El buen diseño de este garantiza la reducción de la contaminación y a mejorar la salud de las familias. Para una buena construcción se debe considerar el tipo de suelo para determinar el efecto de infiltración en este (Pape, 2011).

b) Fosas sépticas: ofrecen un tipo de tratamiento para las aguas residuales. En estas la retención de los sólidos ayuda a la degradación de los desechos y por ende salvaguarda la calidad del agua (Pape, 2011).

c) Lagunas de oxidación: esta dinámica se implementa para tratar las aguas que provienen de sistemas de drenajes, las cuales se hacen pasar por una excavación poco profunda en la cual se descartan todos los sólidos que están suspendidos o sedimentados en la laguna, lo cual ayuda a eliminar gran parte de contaminantes generadores de enfermedades (Pape, 2011).

d) Manejo de basura doméstica: se debe proveer a todos los pobladores de la cuenca servicio de recolección, disposición y manejo de la basura. En su implementación, se debe determinar tanto la ubicación de un vertedero como la clasificación que se le dará a los desechos. Para ello se deben emitir una serie de acuerdos institucionales y municipales que garanticen un buen manejo (Pape, 2011).

**4) Sistema de pago por servicios ambientales para la protección de zonas productoras de agua.** La conservación de la calidad y cantidad de agua de la cuenca del río Cahabón es fundamental en base a sus características ecológicas, siendo la precipitación una de las más importantes. Esto indica que la producción de agua en la cuenca es una actividad biológica primordial, recurso utilizado de diversas maneras. Esto obliga a realizar actividades que ayuden a la conservación de este recurso. El desarrollo de estas actividades son de beneficio, no solo para generar mejoras en la calidad del agua sino también, en reducir los niveles de contaminación y sedimentación en los cuerpos de agua, lo cual evitaría inundaciones, sequías en la zona y potencializaría la belleza natural de la región apta para las actividades turísticas y recreacionales (Pape, 2011).

Para lograr que se cuiden los recursos de la zona, el plan contempla implementar un módulo de pago por servicios ambientales. Estos pagos se harían a algunos propietarios de bosques naturales, que se encuentran en zonas de recarga hídrica importantes para la región, como incentivo para que se mantenga, como mínimo, o incluso mejore la calidad de los bosques de estas zonas.

Previo a la implementación de estos pagos se debe identificar y cuantificar el valor de los recursos de la cuenca. Con esto se puede establecer un esquema, en el que se determinen quienes son los oferentes y

la demanda de estos servicios. Todo esto debe de estar enmarcado en un contexto institucional en el cuál se deje en claro cuáles son las medidas que se van a implementar y como se van a efectuar (Pape, 2011).

**5) Monitoreo de la calidad de agua.** Analizando las principales actividades de la zona, se ha registrado efectos sobre los recursos naturales. Muestra de esto es que una parte de la erosión de los suelos de la zona se debe a la explotación minera. Además, la contaminación de cuerpos de agua es un efecto del sobreuso de agroquímicos en la producción de diversos productos agrícolas (Pape, 2011).

Esta situación es la que origina que se proponga un sistema de monitoreo ambiental para la calidad del agua, con el que se genera información sobre el estado del agua en los diferentes puntos de la cuenca y establecer tanto causas como medidas, preventivas o correctivas, para cada situación. Estos sistemas deben estar conformados por los siguientes elementos que describen a su vez el proceso que debe seguir el sistema de monitoreo:

- Indicadores ambientales de la calidad de agua.
- Medios para la recopilación y transmisión de la información.
- Puntos de muestreo.
- Laboratorios para análisis de muestras.
- Normas y procedimientos para el monitoreo y análisis de las muestras.
- Base de datos.
- Reportes

**5. Áreas protegidas en Alta Verapaz y cuenca del río Cahabón.** Alta Verapaz cuenta con un número y extensión reducidos de zonas protegidas. La mayor parte del área protegida en el departamento corresponde a la zona que atraviesa de la Reserva de la Biósfera Sierra de las Minas, al sur. Además, en la parte nororiental se encuentra el Parque Nacional Laguna Lachuá en la zona de la Franja Transversal del Norte. Alta Verapaz cuenta con tres Parques Nacionales, un monumento natural, dos reservas forestales municipales, un parque recreativo natural municipal, una reserva de la biósfera, y hasta inicios del año 2015, 12 reservas naturales privadas. Estas últimas suman aproximadamente 4,600 hectáreas (SIGAP, 2015b).

Tabla 123. Áreas protegidas de Alta Verapaz.

Tipo	Categoría	Área protegida	Extensión (ha)	Año de declaración
I	Parque Nacional	Grutas de Lanquín	11.00	1955
		Las Victorias	82.00	1980
		Laguna Lachuá	14,301.26	1996

Fuente: SIGAP, 2015b.

Continuación Tabla 123. Áreas protegidas de Alta Verapaz.

Tipo	Categoría	Área protegida	Extensión (ha)	Año de declaración
II	Monumento Natural	Semuc Champey	1,714.00	2005
III	Reserva Forestal Municipal	San Lucas Secanté	39.39	2005
		San Agustín Chahal	119.11	2005
IV	Parque Recreativo Natural Municipal	Las Conchas	38.28	2005
V	Reserva Natural Privada	Cataljí o Sacataljí	180.00	1996
		K'anti Shul	1,366.00	1999
		Chinajaux y Sechinaux	685.00	2000
		Chajumpec	976.50	2001
		Entre Ríos	451.00	2001
		Chelemhá	321.60	2002
		Chicacnab	47.60	2002
		El Anexo del Capuchino	27.50	2010
		Xucaneb	7.00	2010
		Centro de Conservación Orquigonía	1.05	2012
		San Andrés Rocjá	214.00	2013
		Santa Isabel	16.45	2015
VI	Reserva de la Biósfera	Sierra de las Minas	240,803.00* 45,752.57**	1990

\*Extensión total

\*\*Extensión dentro de Alta Verapaz

Fuente: SIGAP, 2015b.

Entre las áreas protegidas en Alta Verapaz, se pueden identificar ocho de importancia dentro de la cuenca del río Cahabón. Dos de ellas corresponden a la categoría de Parque Nacional, Grutas de Lanquín y Las Victorias, además del Monumento Natural Semuc Champey, que representa un atractivo turístico en la región. Existen también reservas naturales privadas que en conjunto cubren un área estimada de 2,420 hectáreas, donde se protege la parte alta de la montaña Yalijux. Su importancia recae en que dichas reservas permiten la conservación del bosque pluvial montano bajo subtropical, ubicado en la parte sur de la cuenca, cuyo uso apropiado es precisamente el de conservación. De dicha área nacen afluentes que alimentan al río Cahabón de sur a norte, además que por ser limítrofe con la cuenca del río Polochic también impacta en la calidad del agua que drena hacia dicha cuenca. A pesar de la contaminación de la laguna Chichoj en San Cristóbal Verapaz cabe mencionar su clasificación como área de protección especial para su consideración

en acciones de rescate del manto lacustre y su importancia dentro de la cuenca del río Cahabón al ubicarse en la parte alta de la misma (MAGA, 2005).

**a. Turismo en la cuenca del río Cahabón.** Las áreas turísticas se caracterizan por tener algo singular que los diferencian de otros sitios. Así sea por paisajes, cuerpos de agua, cultura, especies de plantas y animales, existen distintas razones por las cuales los turistas se interesan por algún lugar en particular. La zona norte del país, que corresponde a los departamentos de Petén, Alta Verapaz y parte de Izabal, caracterizan una zona extensa de material cárstico. Esta característica geológica es la razón de la existencia de cuevas, dolinas y particulares riveras que hacen a la zona atractiva. Dentro de esta categoría, particularmente en el departamento de Alta Verapaz, sobresalen como áreas de interés turístico las cuevas de Lanquín y del Rey Marcos. Adicionalmente las pozas formadas en sitios como Semuc Champey. Estos atractivos se complementan con zonas que aun resguardan bosques representativos de la zona (Bundschuh, *et. al.*, 2007).

De los sitios turísticos mencionados, las grutas de Lanquín y el Monumento Nacional Semuc Champey son de los más reconocidos. Se encuentran relativamente próximos entre sí y se ha facilitado la infraestructura para su exploración. Semuc Champey se caracteriza por estar conformado por una serie de piscinas naturales y pequeños saltos que las comunican entre sí. Debido al suelo kárstico, el río Cahabón pasa por debajo de dicho sistema. Cercana al sitio se encuentran las cuevas de K'an Ba, donde se proveen algunos servicios de turismo de aventura (Bundschuh, *et. al.*, 2007).

En la cabecera departamental, Cobán, se encuentran algunos atractivos turísticos de carácter cultural y natural. La iglesia de El Calvario es conocida por su ubicación sobre un cerro, donde fue construida a inicios del siglo XIX. Al norte de la cabecera, se encuentra el Parque Nacional Las Victorias, donde se conservan 84 hectáreas de bosque. Cercano a la cabecera, en San Cristóbal Verapaz, se encuentra la Laguna Chichoj que resulta atractiva por sus paisajes y cercanía a los centros poblados. Sin embargo ha sido afectada por la contaminación proveniente del casco urbano del municipio (MARN, 2011).

En los otros municipios de Alta Verapaz, dentro de la cuenca del río Cahabón, existen sitios turísticos de distinto tipo. Estos incluyen balnearios, como Las Islas en San Pedro Carchá, y varias formaciones de cuevas y grutas, entre las cuales se encuentran las Cuevas del Rey Marcos en San Juan Chamelco. El Pozo Vivo es uno de los atractivos del municipio de Tactic, mientras que en otras áreas se encuentran reservas naturales privadas que ofrecen servicios de hospedaje (MARN, 2011).

**b. Cobertura forestal en las áreas protegidas de la cuenca del Río Cahabón.** En base a la definición de bosque de galería del INAB (1997), se identificaron las áreas comprendidas a la orilla de los afluentes de la cuenca del río Cahabón con un margen de 15 metros y 30 metros. Esto con el fin de

analizar la cobertura forestal a lo largo de dichas franjas de tierra debido a su importancia en la calidad del agua y control de caudales. Para ambos casos, se estimó que existen masas boscosas en un 30% del total del área de cada franja, aunque a nivel de cuenca estas áreas no representan una fracción significativa de bosque (ver Mapa 39). De igual forma, se identificó la cobertura forestal dentro del área de las zonas protegidas en la cuenca. Se estimó que un 67% de las zonas de conservación es área boscosa, donde lamentablemente el área de Semuc Champey es la que se encuentra más desprovista de vegetación. A pesar de ello, sobresalen las áreas protegidas extendidas por la montaña Yalijux que representan una zona boscosa considerable además de protectora de los inicios de algunos ríos tributarios a afluentes principales de la cuenca que nacen en la parte sur de la misma. Bajo estas primicias, los bosques de galería servirían de corredores a lo largo de los ríos que descienden de dicha montaña protegida hacia el Monumento Natural Semuc Champey y contribuir a la conservación de especies de flora y fauna.

## **XV. GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS ENFOCADA AL DESARROLLO HIDROELÉCTRICO**

Guatemala, es un país que afronta una gran cantidad de conflictos sociales, políticos, económicos, ambientales, etc. Hoy en día la interacción de los conflictos de diferentes ámbitos ha generado una serie de problemas, problemas que se han vuelto muy complejos para que el gobierno intervenga. Un claro ejemplo de esto es controversial tema del desarrollo hidroeléctrico (Global Water Partnership; International Network of basin Organizations, 2009).

Guatemala tiene una gran demanda energética, la cual suple con productos derivados del petróleo, que generan una gran contaminación (problema económico-ambiental); como respuesta a este problema desde la década de los ochentas, se ha buscado implementar diversas alternativas energéticas como lo son las hidroeléctricas, para generar energía de este tipo se necesita hacer intervenciones en ríos o lagos, intervención que en ocasiones es invasiva y puede llegar a afectar a personas que viven cerca de estos cuerpos de agua (problema social-ambiental), como lo sucedido con la hidroeléctrica de Chixoy. Para el desarrollo de esta hidroeléctrica, fue necesario la movilización de varios poblados que se encontraban donde se desarrolló el proyecto. Para ello en 1975 el entonces presidente, el general Kjell Laugerud García, declaró 50 kilómetros a lo largo del río como zonas donde se contempló la inundación que generaría la presa a construir y por lo tanto era necesario movilizar a unas 3500 personas. La mayoría de poblados aceptaron esto, sin embargo la comunidad de Río Negro se negó al traslado y fueron movilizados a la fuerza.

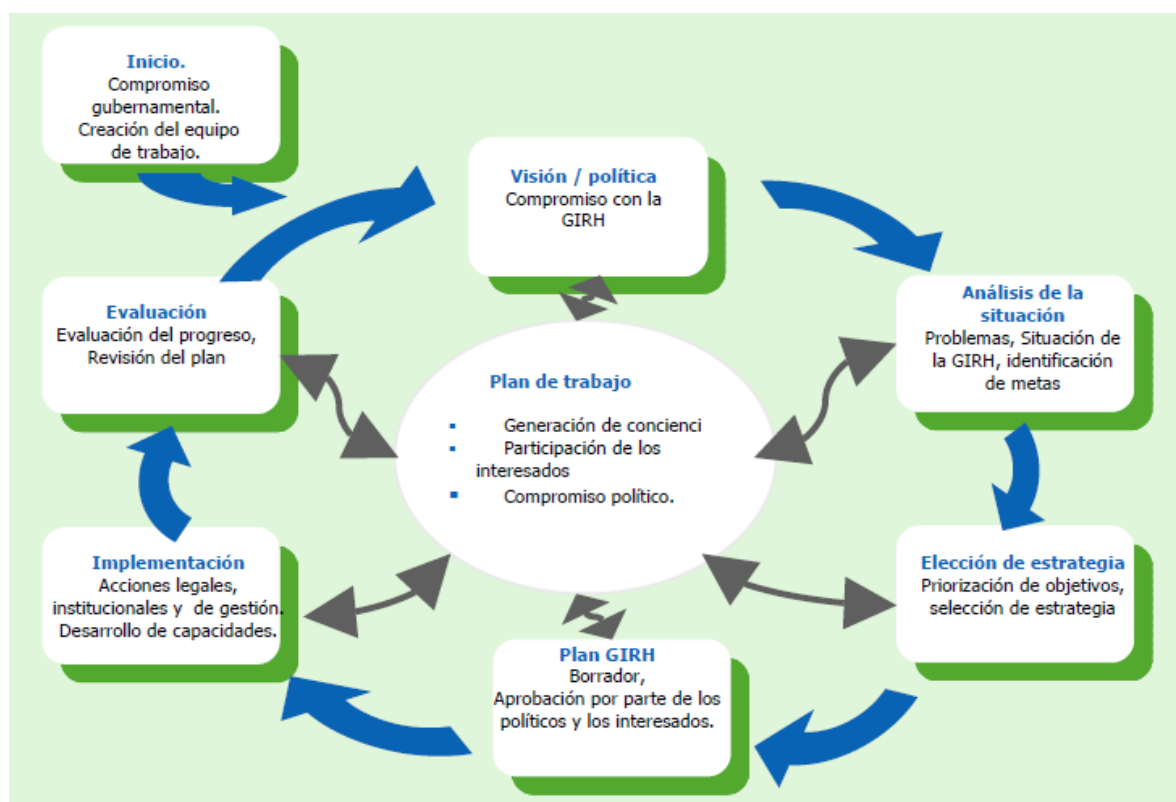
Uno de los principales conflictos en este tema, se debe a la postura polarizada que han tomado los diversos sectores. Unos sectores se opone al desarrollo de proyectos hidroeléctricos en el país debido a que estos son dañinos para los ecosistemas y las poblaciones aledañas; mientras que existe otro grupo a favor de la generación de energía a partir de hidroeléctricas, debido a que esta es energía limpia y genera desarrollo en diversos ámbitos. Esta problemática se agudiza cuando se interpone la cosmovisión de los grupos sociales, que habitan en cada región (Global Water Partnership; International Network of basin Organizations, 2009).

Debido a la poca o débil influencia del estado en el interior de la República, aunado con el hecho de que las autoridades no se preocupan por la generación de las condiciones para el buen desarrollo de estos proyectos, lo que se ha generado es el crecimiento de este tipo de problemas. Otro de los factores que influye es la falta de información y el diálogo entre las partes.

Dentro de este panorama, es donde nace la idea de la implementación de la GIRH al desarrollo hidroeléctrico, como un medio por el cual se pueda dialogar y establecer un punto donde las comunidades y las empresas puedan lograr la generación de energía por medio de hidroeléctricas (Global Water Partnership; International Network of basin Organizations, 2009).

Para comenzar a plantear la GIRH se debe de conocer cuál es el proceso que este debe de llevar y así poder adaptar a lo que necesitamos en Guatemala. La siguiente gráfica muestra el proceso de aplicación de la GIRH.

Gráfico 19. Proceso de implementación de la GIRH.



Fuente: Cap-Net; Global Water Partnership; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2005.

En nuestro país enfocar un plan de GIRH hacia el desarrollo hidroeléctrico, debe de tener ciertas modificaciones, mas no dejar a un lado los principios de la misma.

En definitiva se debe comenzar el proceso generando movilizandando el interés político hacia este tema. La importancia del desarrollo de los planes dentro de un marco donde existe voluntad política es que se implementen acuerdos gubernativos, leyes, y las entidades cuentan con los fondos para trabajar. Debido a que esto no es lo que sucede hoy en día en Guatemala y de acuerdo con los avances regionales en materia de regulación hídrica, el primer paso se debe dar hablando con las municipalidades. Se debe de proponer la

creación de un plan de manejo de agua que se haga entre las empresas y el gobierno municipal. De esta manera es como se tendría la opinión de ambos sectores. Alguno de los factores importantes a tratar en este tipo de normas es la inclusión de las personas de las comunidades en el desarrollo del plan y que se establezca un ente ajeno a estos dos para ayudar a la regulación del servicio (Global Water Partnership; International Network of basin Organizations, 2009).

Posteriormente se debe comenzar a recopilar la información, necesaria para conocer cuáles son las fuentes de agua que se van a intervenir, esta información es la base para el establecimiento de un plan de acción.

La información en un principio se debe de centrar en identificar cual es el estado actual de la cuenca, se debe determinar el estado tanto de los ecosistemas como de los recursos hídricos, así como una evaluación de los parámetros meteorológicos de la zona. Una herramienta clave en el desarrollo de esta tarea, son los Sistemas de Información Geográficos (SIG). Estos sistemas están conformados por series de estaciones meteorológicas que mantengan un constante monitoreo del comportamiento de la naturaleza en el ecosistema, levantamientos para identificar uso de suelo, demografía, utilización de un software que genere una base de datos, por la cual se procese la información posteriormente. En diversos países, la implementación de sistemas de información geográfica ha agilizado la obtención de datos y procesamiento de los mismos. Con ello se obtiene de manera accesible, útil y comprensible la información sobre el estado de la cuenca, ya que da acceso en tiempo real a registros actuales o previos sobre la cuenca. La toma de decisiones con esta herramienta se realiza de una manera más fácil y versátil, donde se pueda ir aplicando.

Con estos datos se procede a evaluar cuales son las necesidades de la zona y priorizar unas sobre otras, para saber cómo se puede intervenir en ellas. Esto es importante porque a partir de este punto es donde se incluye a todos los actores, en principio para identificar cuales aspectos son prioritarios sobre otros y segundo para tomar en cuenta las opiniones de todos. Estas reuniones son un medio para intercambiar percepciones y más importante aún, la generación de datos e información. Estas opiniones se realizan a través de mesas de trabajo donde se expongan los puntos de cada sector y se recopile para plantear una solución; las mesas deben de ser un espacio para fomentar el diálogo entre partes. De acuerdo con los resultados en la implementación de nuevos sistemas regulatorios hídricos, en el Municipio de Pimampiro, Ecuador se determinó que es de suma importancia que no se dejen fuera a ningún sector, ya que él no contemplar a uno de los sectores pone en riesgo todo el plan de acción. La participación de los interesados en el proceso de la GIRH debe hacer que estos se mantengan informados, para que informen a otros; que tengan dudas, para saber hacia dónde se dirigen y que más se hace por el cumplimiento de los planes; que sean partícipes y se les empodere a los sectores más desfavorecidos para que sepan que ellos pueden ser parte de la solución (Global Water Partnership; International Network of basin Organizations, 2009).

De acuerdo con lo que se obtenga, se procede a plantear una distribución del agua. Uno de los principales problemas al desarrollar proyectos hidroeléctricos es el temor de las comunidades a quedarse sin agua. Una solución viable e inicial es la construcción de sistemas de almacenamiento dentro de las comunidades. Este punto será de vital importancia ya que aquí será el donde se le proporcione a la comunidad la cantidad de agua necesaria para su desarrollo, sin comprometer el caudal que utiliza la hidroeléctrica para la generación de energía. La obra civil, que concierne al almacenamiento deberá de ser construida por la empresa hidroeléctrica y la distribución del servicio de agua tiene que ser garantizada por la Municipalidad de cada región. Este tipo de medidas debe de ir acompañada por planes a largo plazo, donde se pueda incluir sistemas de reutilización de agua, tratamiento de agua y captación de agua pluvial en zonas urbanizadas.

De acuerdo con la experiencia de las políticas hídricas implementadas en el municipio de Heredia, Costa Rica y el municipio de Tacuba, El Salvador es necesario establecer cuáles son las zonas de recarga hídrica en la cuenca. Se debe de formar planes que ayuden a mantener la integridad de estas zonas. La implementación de pagos por servicios ambientales.

Los Pagos por Servicios Ambientales (PSA), son una herramienta que se ha implementado dentro del marco de las leyes ambientales. Estos se apegan a un principio básico que se maneja dentro de las leyes ambientales, el cual es: El que contamina paga. A partir de este principio, los PSA se definen como un pago por un servicio que es recibido por alguien y el cuál está dispuesto a pagar personas que contaminan, es decir: consumidores de combustibles, usuarios del agua, emisores de carbono, etc. Para definir formalmente un PSA, este debe de contar con ciertos criterios básicos. El primero es que los PSA se deben de hacer dentro de un marco negociado y controlado, no debe de ser algo impuesto. El segundo es el hecho que todo lo que se esté comprando, debe de ser medible o debe de poderse identificar usos que ayuden a proveer dicho servicio. Un tercer criterio a considerar, es que para cualquier servicio ambiental deben de existir al menos un comprador de este, lo que nos lleva a un cuarto criterio que es la existencia de al menos un proveedor de este servicio ambiental. El quinto y último criterio, se basa en el hecho que cuando un comprador paga por algo, este se debe de asegurar de que ese servicio realmente exista es así que el pago se hace efectivo si y solo si el proveedor continua proveyendo el servicio (Wunder, 2006).

De acuerdo con esto la implementación de un PSA en este caso, buscaría que los propietarios de los terrenos donde se encuentren las zonas de recarga hídrica sean contactados se les brinden incentivos, con los cuales se mantenga la cobertura vegetal de la zona, no se utilice para ganadería o cultivos. En planes a largo plazo, se pueden incluir PSA ligados a la fijación de carbono en los bosques que se están protegiendo.

Para poder realizar los PSA, se deben de tener los medios económicos por los cuales se obtenga los recursos para cumplir con ellos. El crear recursos financieros que apoyen a esta nueva iniciativa, se debe de realizar por medio de tarifas y/o impuestos. Los fondos deben de estar destinados en la implementación de proyectos de conservación del recurso hídrico o proporcionar mejoras al servicio de la distribución del agua.

De acuerdo con los principios de Dublín de 1992 la Gestión Integrada de Recursos Hídricos busca maximizar el bienestar económico y social sin afectar la sostenibilidad ambiental. Bajo estas premisas, Global Water Partnership establece dos grandes enfoques que pueden tener los cobros a implementar. El primero es que se debe de crear un ambiente favorable para poder respaldar a los diversos actores para que desempeñen sus funciones. Es decir que exista estabilidad económica, formación de políticas democráticas y que se hagan bajo un reglamento adecuado sobre el manejo de los recursos hídricos. El segundo aspecto es la creación de incentivos para el sector privado, en los cuales puedan alinear su comportamiento con el interés social. Los cobros se pueden implementar por medio de tarifas. Las tarifas son pagos que se les asignan a los usuarios de las comunidades por la utilización del recurso hídrico.

En este lo que se busca es que los usuarios hagan un pago que puede ser por dos conceptos. El primero se enfoca en que las empresas que contaminen las aguas, paguen una cuota por la cantidad de agua que contaminan. Las tarifas pueden variar de acuerdo a las actividades y el tipo de contaminación que estén generando. Este mismo concepto se debe de aplicar a residencias, con la salvedad de que en sectores donde la población sea de escasos recursos las municipalidades deben de proveer el subsidio para que estas personas cuenten con agua, se debe de aplicar una tarifa de acuerdo a la cantidad de personas en cierta región ya que hacerlo por hogar sería muy complicado de cuantificar. El segundo concepto de pago, comprende una cuota que pagan los usuarios del agua por un determinado volumen de agua que utilizan. Este concepto se debe de aplicar también a las hidroeléctricas. Las tarifas varían de acuerdo al uso y cantidad de agua que consume el usuario. Todos los recursos recaudados deben de ser destinados a cubrir los gastos operacionales de distribución y saneamiento del agua, cumplir con los pagos por servicios ambientales, fomentar medidas que ayuden a disminuir los niveles de contaminación (Global Water Partnership; International Network of basin Organizations, 2009).

Otra medida que se debe implementar son los sistemas de control de calidad del agua que llega a las comunidades. Es importante contar con una entidad ajena a la desarrolladora hidroeléctrica y a la comunidad, para que evalúe el estado inicial del agua y como este va variando con el trabajo de la hidroeléctrica. Con esto se busca garantizar y/o monitorear la calidad de los cuerpos de agua que se encuentran dentro de la cuenca. En la creación de dicha entidad regulatoria, se deben de incluir la mayoría de sectores involucrados. Dentro de los sectores que deben conformar esta entidad se encuentran:

- Municipalidades: Asociación Nacional de Municipalidades (ANAM) y persona del consejo municipal de la región.
- Sector Privado: Asociación de Generadores con Energía Renovable (AGER), integrantes de la Cámara de la Construcción y representantes de la desarrolladora hidroeléctrica.
- Sector Financiero: Asociación Bancaria de Guatemala.
- Sector Académico y Profesional: Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Universidades privadas del país, Colegio de Ingenieros de Guatemala.
- Pobladores: asociación de pobladores de cada región.

Para garantizar estos controles, se tiene que hacer muestreos de las aguas de ríos, lagos y otros cuerpos de agua y someterlos a ensayos para determinar la calidad del agua. Estos análisis pueden ser hechos por las universidades, ya que son instituciones apolíticas y ajenas a los actores. Además de contar con un respaldo técnico para desarrollar dichas pruebas. Las pruebas se deben de hacer en diversas partes de la cuenca, no solamente en los puntos donde se distribuye el agua. Estos son sistemas de prevención y control que ayudarían a identificar problemas y solucionarlos (Global Water Partnership; International Network of basin Organizations, 2009).

Los Sistemas de Información Geográficos se deben convertir en una herramienta para la regulación y control de los recursos hídricos. Utilizando esta herramienta, es posible evaluar el crecimiento de la población, que sectores ocupan, el uso del suelo y ver si esto está teniendo alguna problema para poder tomar medidas correctivas al mismo. Para que esto funcione, debe de ser alimentado constantemente con información. La información debe ser generada ya sea por una empresa particular o la municipalidad. Hoy en día este tipo de información la genera el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Se debe de comenzar a trabajar con la base del INSIVUMEH y enfocarse a que el sistema de generación de información sea complementario al de esta institución. La información generada debe de ser de libre uso para personas individuales o empresas con el fin de que cualquiera pueda explorar y encontrar problemas que no se hayan identificado.

Es importante que todas estas medidas se hagan para alcanzar el objetivo de eliminar los conflictos relacionados con el desarrollo de proyectos hidroeléctricos por medio de la aplicación de un plan de GIRH instituido política y legalmente. No se debe de perder la visión del plan a largo plazo, no se deben de modificar los principios bajo los cuales trabaja la GIRH, pero debe de ser lo suficientemente flexible para poderse adaptar a las nuevas tendencias, necesidades retos, prioridades, que se presenten a lo largo del desarrollo de sus estrategias.

En conclusión la implementación de la GIRH al desarrollo hidroeléctrico, debe de comenzar identificando la problemática existente en cada zona, obtener la información para poder a promover

campañas de conciencia sobre la importancia de la participación de las personas en el proceso de la GIRH. Estas campañas deben de tocar temas de ahorro, manejo y uso sostenible de los recursos, no solo del agua. A partir de esto se deben de generar programas donde las empresas y las comunidades puedan tener los medios necesarios para subsistir y proteger el medio ambiente. Para generar a largo plazo normativas concretas adaptables a las nuevas tendencias y retos que se presenten (Global Water Partnership; International Network of basin Organizations, 2009).

## XVI. ANÁLISIS DE LA UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

### A. Área de influencia ideal.

El área que influye sobre una estación de cualquier tipo está estandarizado en 10 km<sup>2</sup> en condiciones ideales. Las condiciones ideales hace referencia a que las estaciones cuentan con las características básicas que dicta la OMM. Para que una estación brinde datos representativos para un área de esa dimensión no debe de tener mayores interferencias que provoquen que los parámetros varíen demasiado. Para conocer el área que cubre cada estación actual fue necesario indicarlo de forma gráfica para tener una idea de la capacidad probable de cada estación.

**1. INSIVUMEH.** Las estaciones meteorológicas de esta institución cubren un área representativo de la cuenca, ya que se encuentra cerca de los extremos y cercanas al río Cahabón, es decir, han implementado una en la parte alta de la cuenca y otra en la parte baja. Con esto pueden conocer los parámetros que se tienen desde el punto de interés de la cuenca hasta el final de la misma. Por medio de éstos pueden hacer análisis e interpretación de datos para saber cómo fue su comportamiento. Sin embargo, fácilmente se puede ver que no son suficientes para cubrir toda la cuenca y tampoco tienen una estación ubicada en la parte media de ésta (ver Mapa 40).

**2. INDE.** Al igual que el INSIVUMEH cuentan con estaciones en la parte alta y baja de la cuenca. Las estaciones están bien ubicadas, ya que abarcan distinta área; sin interferir una estación con otra. A pesar de esto, tampoco son suficientes para cubrir un área representativa de la cuenca debido a que cuentan con muy pocas estaciones meteorológicas activas (ver Mapa 41).

En cuanto a las estaciones hidrológicas, la cobertura dentro de la cuenca es poco representativa debido a que las estaciones están situadas cerca una de la otra. Esto hace que el área de influencia de ambas se intercepte y que disminuya la capacidad de cobertura que pudiera existir. Aunque las estaciones estuvieran situadas con una distancia mayor entre ellas seguiría siendo insuficiente el área cubierta por ellas (ver Mapa 42).

**3. ANACAFÉ.** Esta entidad privada es la que cuenta con mayor número de estaciones meteorológicas implementadas dentro de la región de interés. Se observa que existe una mayor concentración de estaciones al lado Oeste de la cuenca, haciendo que existe un gran vacío en la parte media y Este de la misma. Debido al vacío que existe de información, brinda información representativa de donde

existe mayor concentración pero no de toda la cuenca. Por lo tanto, no es posible tener información completa para conocer a mayor detalle el comportamiento de las distintas variables a medir (ver Mapa 43).

**4. Cobertura total por estaciones activas actualmente.** Gracias a la implementación de las estaciones de las distintas organizaciones que se encuentran en estado activo actualmente, se ha identificado la cobertura que es capaz de generar cada estación y así tener una idea de la cobertura total que existe hoy en día. Las tres organizaciones cuentan con estaciones que cubren información de la parte alta y baja de la cuenca, pero al unir las se observa que existe un vacío relativamente grande en todo el medio de la cuenca. Esto se debe a distintos factores como el enfoque de cada organización u otros como la topografía del departamento de Alta Verapaz, ya que varía. Además, el área se conoce por ser una zona boscosa, lo cual dificulta el acceso a cualquier parte de la zona.

Uniendo todas sigue existiendo una mayor concentración del lado Oeste de la cuenca provocando que se intersecten las áreas de influencia de varias de las estaciones. Al intersectarse se aprovecha menos la cobertura generada o bien, permite que se tengan bases de datos más completas. Al tener mayor información se hace comparaciones y estudios con mayor detalle gracias a la abundancia de datos. Con todas las estaciones juntas se cuenta con un total de 12 estaciones de diferente clasificación que miden parámetros similares (ver Mapa 44).

## **B. Área de influencia crítica.**

Existen factores que influyen las características del área que abarca una estación de cualquier tipo. En una situación realista se debe de realizar análisis para casos críticos, en donde una estación tenga una cobertura mucho menor a la esperada. Para esto se utilizaron las mismas estaciones existentes y activas del INSIVUMEH, INDE y ANACAFÉ, a las cuales se cambió el área de influencia de 10 km<sup>2</sup> a un área menor de 5 km<sup>2</sup>. Este es un caso extremo, ya que con un área de este tamaño se contaría con un radio de distancia muy pequeño. Si se cubre un área muy pequeña los datos son poco representativos, si no hay otras estaciones que cubran las zonas que no están siendo cubiertas por esa otra estación (ver Mapa 45).

## **C. Ubicación para futura instalación de estaciones.**

Ya que la cobertura que puede generar una estación cambia según la región, se debe de conocer la topografía del lugar para determinar si es muy variable o no. Esto se observa a través de las curvas de nivel, según la variación de niveles existen partes muy montañosas que generan microclimas muy variables. Las curvas de nivel de la cuenca varían de elevación cada 100msnm. Es importante analizar las curvas de nivel para conocer en dónde implementar una estación, ya que una zona montañosa brinda datos del clima no

representativos para el resto de la misma o que exista mayor cantidad de obstáculos que interfieran con las mediciones y observaciones.

En el Mapa 46 se muestran las estaciones existentes de las distintas instituciones para observar los lugares en donde se implementaron. La mayoría de ellas fueron instaladas muy cerca de algún río y en áreas en donde las curvas de nivel tienen poca variación. Pocas de ellas están situadas en lugares con mayor cantidad de curvas de nivel, pero es importante tomarlo en cuenta para saber que el área de influencia es menor que el ideal.

A partir de analizar las características externas físicas a las estaciones se pudo proceder a buscar ubicaciones con condiciones ideales, es decir, con una menor variación topográfica y cerca de los cuerpos de agua. Se realiza de forma visual, ya que para una inspección completa es necesario visitar las posibles ubicaciones para determinar si en realidad son los lugares más recomendables y ver que en realidad cumplan con todos los parámetros que requiere una estación.

A través de los mapas se ubicaron 15 posibles puntos para la instalación de futuras estaciones. Para tener una cobertura más uniforme se buscaron zonas a lo largo de toda la cuenca, en donde se contara con áreas no muy montañosas y cerca de los cuerpos de agua.

Para futuras estaciones se tomó en cuenta otras estaciones que han existido dentro de esta cuenca que han formado parte de la red del INSIVUMEH o del INDE. Se usaron también como base para tener una idea de las zonas que pueden funcionar para la instalación, ya que si han existido significa que es posible su colocación en ese lugar (ver Mapa 47).

Para determinar si dicha cantidad de estaciones serían suficientes para cubrir el área de toda la cuenca se usaron los dos tipos de área de influencia que se deben de tomar en cuenta y así ver si en realidad éstas podrían cubrir la cuenca por sí solas para recolectar una cantidad de datos considerables. Además de las curvas de nivel y los ríos, también se hizo un seguimiento del río Cahabón, ya que es el más grande y del cual se generan ríos más pequeños.

Con la implementación de 15 estaciones y un área de influencia ideal se observa que sí se logra tener una mayor cobertura y más uniforme. Una mejor cobertura se lograría implementando un mayor número de estaciones. Sin embargo, para determinar de forma más específica los lugares se necesita realizar una visita de campo a la cuenca del río Cahabón para conocer mejor el área y observar otros factores que afectarían la toma de datos y que no son visibles en los mapas, curvas de nivel y ríos (ver Mapa 48).

Al igual que el análisis de las estaciones existentes, se debe de tomar en cuenta el caso crítico, en donde se tendría una menor cobertura por cada estación. Las ubicaciones siguen siendo las mismas pero observa que se generan vacíos mayores y las áreas de cobertura entre una estación y otra se intersectan menos que en el mapa anterior. Se puede cubrir esos vacíos al implementar más estaciones, pero se requiere de un estudio más profundo, ya que con solo observar las curvas de nivel y los ríos se conoce que son áreas con mayor dificultad para poner una estación. Es muy probable que el acceso sea muy difícil, las zonas son más lejanas al río Cahabón y hay mayor cantidad de obstáculos para la recolección de datos (ver Mapa 49)

Para conocer la cobertura total que se podría generar con las estaciones existentes y las sugeridas según el análisis, se debe analizar la influencia que se estaría teniendo con todas estas estaciones. Como se indicó, se requieren por lo menos 25 estaciones en toda la cuenca del río Cahabón para abarcar la mayor parte de esta cuenca. Con 12 estaciones ya instaladas y 15 sugeridas se contaría con un total de 27 estaciones a lo largo de toda la cuenca. Con esta cantidad se se estaría cubriendo en su totalidad media vez se implementen de forma uniforme respecto al área y en lugares que brinden información representativa. Para fines de implementación de proyectos hidroeléctricos no se recomendaría colocar estaciones muy alejadas a la fuente de agua en donde se colocaría.

Con un área de influencia ideal se llega a cubrir casi en su totalidad la cuenca, mientras que con el área de influencia crítica se cubre una buena parte, pero existen espacios territoriales en donde no se tendría información. A pesar de esto, sí se estaría brindando información que represente bien el comportamiento del río Cahabón y de otros parámetros que varían dentro de la cuenca (ver Mapa 50 y Mapa 51).

## **D. Implementación de una estación ideal.**

Se determinó las estaciones que más se utilizan en base a la información anterior al igual que los instrumentos que éstas poseen, su tipo y otras características. Junto a esta información y las condiciones básicas que se debe respetar para implementar una estación, se tiene un modelo de estación para implementar en las áreas sugeridas anteriormente.

Para la OMM, las estaciones que más se usan son las sinópticas, para observación, y las meteorológicas para medir distintas variables. Las estaciones hidrológicas también se usan, pero los instrumentos que éstas usan generalmente están incluidos dentro de una estación meteorológica y así formar una estación más completa. Aparte, las estaciones que más se manejan a nivel nacional son las meteorológicas debido a que son básicas, pero son capaces de brindar información suficiente para proyectos no tan específicos. Éstas generalmente miden 7 variables principales a las cuales se les agrega o quita variables para estudio. Depende del lugar y del objetivo por el cual éstas se estén implementando. Sin

embargo, para crear un proyecto desde cero se analizan todas esas variables para tener información completa del lugar y luego ya escoger realmente los parámetros que se estarán usando.

En Guatemala, muchas estaciones meteorológicas contienen instrumentos de estaciones hidrológicas e hidrométricas las cuales las dividen en ocasiones según lo que se necesite analizar. El INSIVUMEH tiene estaciones de dos tipos en un mismo lugar pero las tiene separadas, ya que son diferentes departamentos los que manejan cierta información y que no hacen uso de la otra parte de información que éstas recolectan.

Con los datos recolectados se crea un modelo básico de estación, la cual sea capaz de almacenar datos que sean importantes para el estudio de distintas zonas pero que al mismo tiempo no sean muy complejas. Al disminuir su complejidad se maneja un costo más accesible que permite la implementación de mayor cantidad de estaciones y así contar con estaciones más completas únicamente en puntos específicos. Ayuda a que el mantenimiento sea más fácil y que exista menor posibilidad de contrabando de instrumentos. Un modelo básico cuenta con lo siguiente:

## 1. Tipo

**a. Por su función:** Estación meteorológica.

**b. Por número de instrumentos:** Tipo B.

Tabla 124. Instrumentos y variables a medir en modelo de estación meteorológica.

Variables	Instrumentos	Características para implementación
Precipitación	Pluviómetro y pluviógrafo	Boca cilíndrica de 200cm <sup>2</sup> para el pluviómetro, instalar a 1.50m sobre el suelo cerca de protector de viento a una distancia de 2 a 4 veces su altura y que proyecte protección entre 14° y 26° sobre la altura del pluviómetro.
Temperatura	Termómetro y termógrafo	Terreno lo más horizontal posible con espacio libre y una pendiente máxima de 19°. Suelo cubierto con vegetación natural de la zona de altura baja. Pendiente del 1% por 10m de distancia.
Evaporación	Evaporímetro piché	Colocar dentro de abrigo meteorológico

Fuente: Elaborado con información de Brenes y Saborío, 1995; OMM, 2010.

Continuación Tabla 124. Instrumentos y variables a medir en modelo de estación meteorológica.

Variables	Instrumentos	Características para implementación
Humedad relativa	Higrógrafo o termohigrógrafo	Colocar dentro de abrigo meteorológico
Velocidad del viento	Anemómetro	Colocar a una altura mínima de 10m sobre el nivel del suelo.
Insolación	Heliógrafo	Lugar libre de sombra, ubicado en dirección norte-sur y regulado según la latitud y época del año. No proyectar sombra cuando el sol está a una altura angular superior a los 3°
Radiación solar	Actinógrafo	Evitar obstáculos que provoquen sombra no natural o elementos reflectivos. No proyectar sombra cuando el sol está superior a 5° y 7° sobre la horizontal.
Presión atmosférica	Barómetro	Colocado a una altura de 1.50m
Caudal	Limnómetro o limnógrafo	Posicionar de forma completamente vertical hasta el fondo del cuerpo de agua e instalar en ubicación menos variable para no verse afectado por cambios de oleaje y otros.

Fuente: Elaborado con información de Brenes y Saborío, 1995; OMM, 2010.

**2. Abrigo meteorológico.** La estación debe de contar con un abrigo meteorológico que tenga una altura mínima de 1.00 m y hecha de un material que permita la circulación del aire para que no interfiera con la temperatura y humedad, pero que al mismo tiempo tenga puertas con persianas para impedir el paso de la radiación solar que interviene con las mediciones.

**3. Parcela.** Para que los instrumentos tengan un espacio cómodo para la medición de variables, deben contar con un terreno de 10.00 m x 7.00 m y como mínimo 9.00m x 6.00 m. Tiene que tener elemento perimetral como una cerca con una altura de 1.70 m que permita la visualización y el pase de viento, temperatura y otros. Se coloca la cerca para evitar el traspaso y modificación de posición de instrumentos o interferencias en las tomas de datos.

**4. Recolección de datos.** Para la recolección de datos depende si se desea contar con una forma convencional o automática. Una estación convencional requiere de supervisión constante pero evita que se eleven los costos de implementación debido a que no hace uso de equipo muy complejo y tecnológico aparte de los instrumentos y sensores. Si se opta por este tipo se debe contratar a un observador que se

encargue de hacer las mediciones diarias de todos los instrumentos y hacer los registros a las horas indicadas de forma manual. Necesita de equipos como una computadora que permita ingresar a una base de datos y que realice cálculos con los mismos para hacer interpretaciones rápidas. Además, la persona debe conocer acerca de los instrumentos para darles mantenimiento y reconocer cuando algún dato sea erróneo.

Por otro lado, si se opta por una estación automática se debe considerar un equipo completo y capaz de almacenar datos. Debe contar con una red automática y batería para que alimenten los equipos las 24 horas. Se hace uso de una conexión inalámbrica GPRS para que envíe datos de forma intermitente según la programación. Para ello se debe de disponer de servicio de internet para que sea capaz de enviar la información a una base de datos. Todo este equipo debe estar coordinado para tomar datos a horas predeterminadas. También hay que tomar en cuenta que a pesar de ser automática, se debe realizar visitas a las estaciones para vaciar el equipo que almacena la información, dar mantenimiento al equipo y todos los instrumentos. Por todo esto resulta ser más costosa pero más eficiente, por lo que también depende del presupuesto y la cantidad de estaciones que se deseen implementar. Además, para estaciones de menor tamaño implica una inversión mayor inicial pero se hace más sencilla la recolección de datos a lo largo del tiempo.

Debido a que se desea implementar estaciones meteorológicas para un proyecto nuevo, para las 15 estaciones sugeridas dentro de la cuenca se puede optar por usar el sistema convencional. Para implementar un proyecto nuevo se necesita hacer varias inversiones iniciales, por lo que se evitaría gastos elevados en sensores muy complejos. Al tener un sistema convencional también permite que los observadores conozcan bien las características de la zona y el comportamiento de las variables. Sin embargo, se debe analizar la magnitud del proyecto, ya que las incertidumbres llegan a ser críticas. Con el tiempo se puede mejorar los instrumentos de cada estación al igual que la tecnología. Lo ideal es que las estaciones se queden en su ubicación por muchos años para tener registro de las variables y que se cuente con una base de datos confiable, ya sea por medio de un sistema manual o automático.

## XVII. CONCLUSIONES

- Se analizó la distribución social y la distribución de la población teniendo los siguientes resultados: el 78% de la población de Alta Verapaz habita en los municipios que pertenecen a la cuenca del río Cahabón. El 50% son hombres y 50% son mujeres, estando la mayoría de la población en el rango de 19 a 59 años. Más del 50% de los habitantes pertenecen al área rural y el 93% son indígenas, siendo Q'eqchi' la etnia predominante.
- Se estudiaron los antecedentes históricos del área y se identificó que Alta Verapaz fue una de las regiones más afectadas por el Conflicto Armado Interno. Esto modificó la estructura social y económica por lo que la comunidad presenta vulnerabilidad. El área tiene un alto potencial hidroeléctrico que puede promover mejores condiciones sociales, económicas y ambientales para el país, sin embargo, se ha presentado oposición social, especialmente en las comunidades y organizaciones de la sociedad civil.
- Se evaluaron las reacciones que tuvo la población ante proyectos anteriores y se concluye que existe resistencia ciudadana y particularmente de los pueblos indígenas hacia la forma en que se han gestionado y desarrollado los proyectos hidroeléctricos. Perciben que los proyectos se han realizado de manera excluyente y no han sido contemplados en el marco normativo. El rechazo es hacia la forma en la que se han gestionado y desarrollado los proyectos hidroeléctricos, no en sí al proyecto.
- Se identificaron las modalidades de manejo social que aplican para Guatemala. Es necesario revisar y fortalecer las leyes, políticas públicas y programas que permitan una efectiva gestión e inclusión social. Se requiere que el Estado participe de forma directa en las acciones de normativas, en el fortalecimiento de las instituciones relacionadas con la construcción de hidroeléctricas y cuando sea necesario mediar al existir conflictos. La modalidad de manejo social propuesta contiene distintos aspectos a trabajar, entre las cuales está el programa CAP, que al igual que otros programas indica que el diálogo y el fortalecimiento de las instituciones involucradas es necesario para la gestión e inclusión social. En cuanto a la forma de solucionar los conflictos es preferible prevenir el conflicto; pero si ya se dio el conflicto se debe evaluar qué método funciona mejor para cada caso.
- Tanto en el departamento de Alta Verapaz como en la cuenca del río Cahabón, los distintos tipos de agricultura identificados corresponden al mayor uso de suelo, que abarcan el 31% y 41% de las áreas totales, respectivamente.
- Las áreas boscosas dentro de la cuenca del río Cahabón han sido desplazadas principalmente por las áreas dedicadas a la agricultura. Entre los años 2001 a 2010, 9.6% de la cobertura forestal pasó a áreas de cultivo. Al año 2012, se estimó que la masa boscosa dentro de la cuenca del río Cahabón abarcaba el 32% del área total. La composición del bosque incluía principalmente bosque latifoliado, con un 70% de la cobertura forestal total, y bosque mixto, con un área equivalente al 14% del área boscosa.
- La tendencia de cambios de cobertura a nivel cuenca es hacia el balance entre pérdidas y ganancias de bosque, donde se alcanzó un cambio neto anual para el período 2006-2010 de -369 hectáreas, menores a

- los respectivos valores estimados para los períodos 2001-2006, de -1254 hectáreas/año, y 1991-2001, con -988 hectáreas anuales.
- Luego de observar todos los parámetros meteorológicos que rigen el clima de la cuenca del río Cahabón en Guatemala, se puede determinar que el 34% de la superficie corresponde a clima Muy Húmedo – Templado y 52% corresponde a clima Húmedo – Cálido, haciendo un total de superficie representada de 86% y el 14% restante se distribuye entre los otros tipos de clima.
- La temperatura promedio de la mayoría de municipios de la cuenca del río Cahabón se encuentra alrededor de 16 a 22°C. La precipitación media anual que se visualiza en la cuenca está entre 2000 a 3500 mm. Respecto a la evapotranspiración en esta área, se tienen registros promedios anuales de 1400 a 800 mm. La cuenca del río Cahabón se identifica por ser un área nubosa, ya que está entre nuboso y muy nuboso (6-7 octas).
- El correcto manejo de la cuenca hidrográfica del río Cahabón genera grandes beneficios a las comunidades de los municipios que conforman la cuenca, ya que brinda beneficios ecológicos, sociales y económicos; en el sentido económico me refiero a productos agropecuarios, hidroeléctricas, riego y generación de agua potable. El recurso hídrico en la cuenca del río Cahabón tiene alto potencial, ya que con el caudal que este río genera, todos los sectores tienen suficiente caudal para realizar todas sus actividades y colocan a esta cuenca como una gran fuente de energía para el sector hidroeléctrico.
- Las cantidades cada vez mayores de vegetación pueden causar hasta un 60% en una reducción de la velocidad del viento. Varios estudios que analizaron los datos de Estados Unidos, Australia, China, partes de Europa y Centro América han mostrado la disminución de las velocidades del viento sobre la superficie del planeta. El viento es determinante para conocer el clima en una zona, ya que es el encargado de transmitir de una zona a otra las características climáticas que determinan la forma de vivir de los seres vivos.
- Dentro de los tipos de estaciones que más se usan en el medio para la captación de datos son las estaciones meteorológicas, ya que permiten mayor variedad en la toma de datos. Además, su versatilidad permite que los datos se utilicen para distintos fines y no solo uno como en el caso de estaciones hidrométricas o hidrológicas. Además, el tipo B cumple con la recolección de datos necesarios para realizar un mejor estudio del área y así crear análisis para una futura implementación de proyectos hidroeléctricos.
- Para una medición completa se requiere medir diferentes variables para conocer el comportamiento del área dentro de la cuenca del río Cahabón como precipitación, temperatura, evaporación, humedad relativa, velocidad del viento, insolación, radiación solar, presión atmosférica y caudal. Para ello se definió que los instrumentos indispensables que debe contar la estación son: pluviómetro, pluviógrafo, termómetro, termógrafo, evaporímetro piché, higrógrafo, anemómetro, heliógrafo, actinógrafo, barómetro y limnómetro.
- Actualmente se cuenta con un total de 12 estaciones tomando en cuenta las entidades públicas y privadas. De las públicas, el INSIVUMEH cuenta con 2 estaciones meteorológicas; el INDE con 3

estaciones meteorológicas y 2 estaciones hidrológicas que también funcionan como meteorológicas. En cuanto a entidades privadas, ANACAFE cuenta con 5 estaciones meteorológicas activas y el CEAB-UVG no tiene ninguna estación dentro del área de la cuenca del río Cahabón.

- Para que la información recolectada por las estaciones sea suficiente para cubrir el área de la cuenca del río Cahabón, bajo condiciones ideales, se requiere de 25 estaciones como mínimo. Según el potencial que tiene el área, se sugieren 15 ubicaciones para futuras implementaciones de estaciones para crear una red de 27 estaciones meteorológicas capaces de cubrir la mayor parte de la cuenca.
- Tras realizar la digitalización de la cuenca del río Cahabón por el método tradicional y el método digital utilizando el MDE, se logró determinar que los resultados obtenidos en la descripción física y morfométrica de la cuenca son similares. Siendo el segundo método más exacto al evitar la posibilidad del error humano.
- El número de orden del cauce principal del río Cahabón determinado fue de 5, este es un número de orden de mediana magnitud, pero podría llegar a ser mayor si se utiliza una escala más grande que permita visualizar una mayor cantidad de los ríos existentes.
- Los resultados generados del análisis de drenaje y acumulación por el plugin GRASS, r.watershed, tienen congruencia con los ríos digitalizados directamente de las hojas cartográficas proporcionadas por el (IGN). Agregado a esto el plugin fue capaz de determinar teóricamente la existencia de diferentes ramificaciones que no son visibles en las hojas cartográficas dada su escala, lo cual aún es un tanto ambiguo por ser proyecciones matemáticas, pero que dan una mejor idea del comportamiento hídrico de la cuenca.
- Se logró realizar la recopilación de estudios nacionales e internacionales, con el objetivo de generar una fuente de información confiable que oriente a desarrolladores de proyectos hidroeléctricos sobre los requisitos de análisis de pre factibilidad requeridos por el Ministerio de Energía y Minas.
- La guía de desarrollo con énfasis en los estudios de pre factibilidad abarca las áreas que a criterio del Ministerio de Energía y Minas son los más importantes, incluyendo temas sociales, ambientales, financieros e hidrológicos. La información se condensó en fichas técnicas para facilitar la comprensión y el orden de desarrollo de las actividades, para garantizar el éxito de los proyectos de generación de energía renovable.
- En el departamento de Alta Verapaz, se encuentran instaladas 6 hidroeléctricas de un total de 25 en el territorio guatemalteco, lo cual representa un 24%. Estos datos hacen evidente el potencial hidrológico en Alta Verapaz, especialmente en la cuenca del río Cahabón.
- En cuanto a la legislación de los servicios ambientales en Guatemala se puede observar que no se cuenta con un marco integral, el cual unifique criterios para el desarrollo y manejo integral de los recursos; el enfoque que se le ha dado al manejo de los recursos naturales ha sido sectorial. Se tiene influencia sobre ciertos sectores como lo es la minería y los bosques, pero se han dejado a un lado temas muy importantes como lo es la legislación de aguas; sin embargo el mismo enfoque sectorial ha generado que no se resuelvan los problemas de fondo y cuando se resuelve un problema se presenta

otro. Tal es el caso del aumento de la deforestación, mala calidad de los cuerpos de agua, minería y tala ilegal, etc. Es por eso que se deben de trabajar en el desarrollo y el planteamiento de una ley de aguas.

- La implementación de planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos tiene efectos en tres grandes sectores: Ambiental, Agricultura y Suministro de agua. La GIRH busca mejorar los ecosistema, por medio de la conservación de las zonas de recarga hídrica, lo que tiene influencia directa en el aumento de los niveles freáticos y calidad de estos. Busca que la agricultura se realice de manera más razonable y eficiente, ya que esta actividad es una de las que demandan mayor cantidad de agua, la cuál puede ser utilizada para otros usos. En cuanto al suministro de agua, se pretende en principio un cambio en el nivel de conciencia del agua, se busca que las comunidades más pobres puedan tener acceso al agua por medio de políticas que garanticen este recurso a precios razonables; a largo plazo estas políticas buscan crear la institución de programas de conservación del agua.
- Se debe considerar que los planes de la GIRH son ambiciosos y demandan tiempo y recursos. Los cambios a hacer son fuertes y es necesario saber que estos se deben de implementar paulatinamente. Sin embargo, toda iniciativa que se implemente debe de tener carácter continuo, flexible y a largo plazo, para adaptarse a nuevas tendencia que se generen durante su periodo de implementación. La identificación de prioridades es vital para poder adaptar y utilizar los recursos con los que se cuentan de la mejor manera posible. Se busca generar un cambio en la mentalidad de las personas sobre cómo miran y consumen el agua.
- En la implementación de estos programas, existen dos grandes factores que no se dejar a un lado. El primero es la inclusión de todos los actores que forman parte del conflicto o tiene relación con el agua dentro del plan de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. El dejar fuera a alguna de estas partes representar el fallo total de cualquier plan de implementación. Lo segundo es incluir una entidad ajena a cualquiera de los actores, que sea la encargada de analizar la evolución de las estrategias, análisis de la calidad de los cuerpos de agua, manejo de fondos para la implementación de programas en pro del cuidado del medio ambiente. Es por eso que la implementación de planes de GIRH al desarrollo hidroeléctrico, son la base para la resolución de los conflictos hidroeléctricos, ya que se busca encontrar un sistema en el cual se desarrolle sosteniblemente el uso del recurso hídrico, garantizando el agua para futuras generaciones, por medio de la supervisión ambiental, económica y social del mismo. Se pretende eliminar el enfoque sectorial en la regulación del recurso y generar la inclusión de los diversos actores en los planes de acción.
- Un efecto derivado de la marcada contaminación ambiental que aqueja la salud a los ríos en todo el territorio nacional es la evidente percepción de degradación de los ecosistemas fluviales, a consecuencia de que muchos afluentes, permanentes o temporales, transmiten a los cauces la aportación de los efluentes sin ningún tipo de tratamiento provenientes del vertido de aguas residuales.
- La gestión del recurso hídrico en Guatemala requiere de la adopción de soluciones integrales dirigidas inicialmente al rescate de las corrientes y masas de agua superficial deterioradas por la excesiva contaminación antropogénica, para luego definir una “Política Nacional para la Preservación y

Conservación de los Recursos Hídricos” como instrumento de legislación sobre los usos del suelo y el agua derivados de la incidencia de los componentes sociales, culturales y económicos que demandan distintos aprovechamientos del recurso hídrico y, finalmente, proponer el caudal ecológico como un criterio para salvaguardar la biodiversidad y la integridad funcional de los cursos de agua superficial.

- Cualquier metodología alternativa como una propuesta para establecer un caudal ecológico que sustente la biodiversidad fluvial y la integridad de los ecosistemas acuáticos y que además sea de potencial implementación en el contexto nacional, requiere necesariamente de ciertas adaptaciones de las metodologías existentes a las condiciones particulares de cada cauce de agua superficial; su efectividad dependerá de la capacidad para evaluar dinámicamente cada uno de los componentes del ecosistema fluvial pero aún más importante, su eficiencia obedecerá al nivel de polución de la corriente de agua superficial; y su temporalidad será función del periodo en que las demandas ambientales, hidrológicas, sociales y económicos permanezcan invariables. Los resultados de su implementación deben esperarse en el mediano plazo (al menos cinco años) y su reemplazo por otra nueva metodología debe considerarse en el largo plazo (al menos diez años).

## XVIII. RECOMENDACIONES

- Consultar otras posibles estaciones existentes dentro de la cuenca del río Cahabón, ya que existen entidades, como algunas privadas, que colectan información para uso propio. Es importante conocer la mayor cantidad de información que existe para crear una base de datos abundante.
- Realizar una visita de campo para determinar si las ubicaciones recomendadas son las ideales de acuerdo a otras características observadas.
- Crear propuestas con las distintas entidades para compartir información que permita crear la nueva red de estaciones meteorológicas.
- Complementar el sistema de captación de datos adecuado con un profesional de Ingeniería Mecatrónica para contar con una plataforma eficiente y adecuada para la aplicación.
- Se recomienda indagar sobre los diferentes plugin disponibles para el software QGIS ya que estos pueden facilitar el análisis de información a través del uso de modelos digitales de elevación.
- Si se poseen los recursos necesarios se recomienda adquirir modelos digitales de elevación certificados, esto podría ayudar a reducir tiempos y costos en la planeación y realización de un proyecto.
- Se recomienda el monitoreo anual de la cobertura forestal a nivel departamental y a nivel cuenca para conocer las tendencias de dinámica forestal más recientes y evaluar acciones necesarias para la conservación del medioambiente. Se insta a realizar un monitoreo detallado de cobertura de bosques en las áreas protegidas y alrededores con el mismo fin.
- Se insta a estudiar regiones dentro de la cuenca para la aplicación de las técnicas agroforestales y de cultivo mejoradas descritas en el texto, de acuerdo a las características topográficas, a los cultivos y a las necesidades presentes.
- Se recomienda el estudio de nuevas áreas de protección en base a la cobertura forestal actual en sitios donde se ha mantenido sin cambios considerables y a garantizar su interconexión mediante corredores, particularmente por medio de los bosques de galería al mantener la cobertura vegetal de dichas franjas de tierra.
- Para tener un buen manejo integrado de la cuenca del río Cahabón, es importante tener acceso a más información, ya que mientras más información se tenga, mejores resultados se obtendrán. Por lo que es de suma importancia que los entes encargados de llevar registros hidrológicos y meteorológicos instalen más estaciones meteorológicas dentro de los límites de la cuenca, así como también que estas estaciones se encuentren bien equipadas, con todos los instrumentos necesarios para medir todos los parámetros necesarios.
- Con respecto a la contaminación, es importante enfocarse en los pueblos donde inicia el río, ya que si este contamina mucho desde el inicio, contaminará a todos los municipios aguas abajo e incluso llegaría a afectar negativamente en la conservación del lago de Izabal debido a que el río desemboca al océano a través de este lago y del río Polochic.

- La reducción de la lluvia se acentúa a partir de 2050 con una disminución arriba del 10% de la lluvia actual, al ver este porcentaje pareciera que no es mucho pero cambiarían los tipos de bosques y vegetación que vemos actualmente en nuestro país. Así que, estar preparados para adaptarnos a la situación de lluvia cambiante, será de suma importancia fomentar el uso de los sistemas de micro-riego y el almacenamiento de agua desde la escala doméstica, las comunidades e incluso las municipalidades. En el caso contrario, el exceso de lluvia, también será importante prever una adaptación. Aquí se debe pensar en sistemas de alerta para prevenir pérdidas humanas siendo el caso de inundaciones o posibles deslizamientos, y algo que es muy importante en el área de civil es el mejoramiento y el refuerzo del sistema de infraestructura vial.
- Para los que deseen profundizar más en el tema o continuar esta investigación, se pueden ampliar los siguientes puntos:
  - a. Ampliar la cosmovisión de las otras etnias presentes en la región.
  - b. Comparar los resultados de la tasa de crecimiento calculados por otros métodos.
  - c. Realizar el análisis demográfico por poblado en lugar de por municipio para tener resultados específicos.
  - d. Actualizar el diagnóstico departamental.
  - e. Ampliar los indicadores de vulnerabilidad.
  - f. Investigar los casos de resolución de conflictos en proyectos existentes.
  - g. Incluir propuestas de gestión e inclusión social de otros países.
- Es indispensable comprender que los problemas sociales son causados principalmente por dilemas morales y éticos, ligados a la falta de responsabilidad de las personas por resolver sus problemas personales y comunales. Para solucionarlos es necesario enfocarse en transformar la actitud de las comunidades y no confundirlo con una falta de capacidad para trabajar.
- Trabajar en un plan de normativas municipal de aguas, el cual se incluyan aspectos referentes a las tarifas de cobros, tratamiento de agua, distribución del agua, proyectos de reutilización de aguas residuales, formación de mesas de trabajo, subsidios y programas de capacitación. Estos planes deberán de presentarse a las municipalidades y al sector de generación eléctrica, para que sea retroalimentado.
- Además de estos puntos, se debe abordar el tema de definir quién va a ser la entidad rectora, encargada del monitoreo de la calidad del agua. Junto con esto, se deben de trabajar la manera por la cual se va a trabajar los PSA, definiendo una estructura concreta, en la que se incluya: costos del proyecto, cuotas asignadas por servicios, quienes pueden optar a realizar los pagos, quienes serán a los que se les entregarán los pagos, planes de expansión.
- Generación de un manual de aplicación de la GIRH enfocada al desarrollo hidroeléctrico. Este plan es fundamental para la implementación de planes, aplicación, recolección y analizar la información para la toma de decisiones futuras.
- Trabajar en planes de reutilización de aguas. Estos deben de enfocarse a establecer una clasificación, en la que se le asigne una cierta calidad de agua a cada uso del agua. Aquí se debe de establecer cuáles son

los estándares mínimos que debe de contar el agua de acuerdo al uso que se le va a dar. La idea de esta iniciativa es establecer diversos niveles de tratamientos para las aguas las aguas negras y grises para poder reutilizarlas. Con esto se pretende que el agua que tiene un tratamiento mayor (apta para el consumo humano) la cual demanda una gran cantidad de recursos, no sea utilizada para actividades que requieran una menor calidad de la misma y así poder optimizar recursos.

- Definir una “Política Nacional para la Preservación y Conservación de los Recursos Hídricos” que proponga en uno de sus objetivos, adoptar medidas integrales concretas que regulen la disposición de las aguas residuales y fortalecer los programas municipales, locales y regionales existentes a favor de generar condiciones favorables para el tratamiento de las mismas, como parte de una solución integral en la gestión de los recursos hídricos del país.
- Como una de las estrategias de esta política, diseñar e implementar un “Plan Nacional para la Recuperación y Regeneración del Drenaje Natural de la Cuenca Mediante la Gestión de su Vegetación y de sus Suelos” que defina prácticas precisas que normen, regulen y controlen la rehabilitación de las cuencas a través de medidas cautelares que permitan la retención de los suelos y la contención de la erosión mediante la reforestación de laderas y barrancos, así como la preparación de los suelos a fin de facilitar la filtración y la recarga los mantos acuíferos por medio de la captación.
- Como otra de las estrategias de esta política, diseñar e implementar un “Plan Nacional para la Recuperación de la Calidad del Agua de las Corrientes y Masas de Agua Superficial” que definan prácticas precisas que normen, regulen y controlen el tratamiento de las aguas residuales previo a su disposición en los cauces o embalses de agua superficial.
- Diseñar e implementar programas de comunicación social y de educación como guías que profundicen en principios ecológicos bien fundamentados y en medidas cautelares para evitar la contaminación de los cursos y embalses de agua superficial, a fin de crear una cultura de conservación y preservación de la salud de las corrientes y embalses de agua superficial y los ecosistemas asociados.
- El tema de la generación de energía eléctrica ha adquirido auge en los últimos años, ya que el desarrollo de la humanidad depende de la electricidad. La razón por la cual la energía renovable se ha tornado en una de las fuentes más confiables y recurridas se debe a los bajos índices de contaminación al utilizarlas. Es necesario entonces que se fomente a los estudiantes de ingeniería civil, la búsqueda de información respecto a la generación de energía renovable, en especial, proyectos hidroeléctricos. En Guatemala, se ha adoptado a los proyectos hidroeléctricos como la forma más eficiente para la generación de energía, no solo en funcionalidad sino en viabilidad. Una de las opciones para inculcar al estudiante de ingeniería civil sobre el tema es implementar dentro de un curso (como por ejemplo Ingeniería hidráulica) o un curso en específico, contenido que permita transmitir las bases del diseño de una estructura hidroeléctrica, así como otros aspectos que permitan englobar el tema y lograr despertar el interés de los futuros ingenieros en dedicarse a esta rama de Ingeniería Civil.
- El potencial hídrico que posee Guatemala debe ser un área de aprovechamiento para poder lograr tener una cobertura eléctrica del 100% en todo el territorio nacional. Actualmente, el porcentaje de energía

eléctrica generada en comparación a la que se podría generar tomando en cuenta el potencial hídrico del país, es muy bajo. Este hecho es uno de los factores por los cuales algunos sectores de Guatemala aún no cuentan con acceso a energía eléctrica. Por esta razón, las entidades encargadas de los procesos de producción y distribución de energía (AMM, LGE, CNEE y la MEM), deberían de promover el desarrollo de proyectos, incentivando de alguna manera la inversión en este campo. La forma más eficiente para lograr el objetivo sería un acuerdo entre los bancos multilaterales y bancos internacionales en conjunto con las entidades mencionadas anteriormente, para poder propiciar un marco legal con diversos programas y regulaciones para generar oportunidades para las empresas interesadas en este ámbito.

- Para dar continuidad y profundizar el tema tratado en este trabajo de graduación, se podría ampliar la guía de desarrollo de proyectos hidroeléctricos, abarcando temas que vayan más allá de la pre factibilidad, como por ejemplo la factibilidad (diseño de los componentes de una hidroeléctrica). La continuidad del trabajo de graduación se puede realizar de una forma más práctica, la cual podría basarse en aplicar los lineamientos descritos en esta guía, en un área específica de Guatemala.

## XIX. BIBLIOGRAFÍA

- Abac, M. 2012. *Consideraciones básicas sobre parámetros meteorológicos y su importancia en el diseño, construcción y operación de proyectos de infraestructura*. Tesis. Guatemala. 72 pp.
- Acosta, C. L. 2004. *Efecto de las empresas transnacionales en las comunidades indígenas: Endesa y la comunidad mapuche-pehuenche*. Cholula, Puebla, México, Escuela de Ciencias Sociales, Departamento de Relaciones Internacionales e Historia, Universidad de las Américas Puebla. Pp. 52-72. En: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lri/acosta\\_t\\_cl/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/acosta_t_cl/). [Con acceso: 22 mayo, 2015].
- Admin. (12 de septiembre de 2012). El río Yangtze, el más largo de China, amaneció teñido de rojo. Obtenido de Info Natura: <http://www.info-natura.com/blog/2012/09/12/el-rio-yangtze-el-mas-largo-de-china-amanecio-tenido-de-rojo-video/>
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (29 de noviembre de 2012). *Sala de Prensa*. Recuperado el 17 de agosto de 2015, de Comunicados de Prensa: <http://www.eea.europa.eu/es/pressroom/newsreleases/europa-tiene-que-hacer-un#tab-noticias-y-articulos>
- Agromeat. (5 de mayo de 2014). Resulta un éxito la instalación de planta para tratar aguas residuales en rastros. Obtenido de Agromeat.com: <http://www.agromeat.com/147862/resulta-un-exito-la-instalacion-de-planta-para-tratar-aguas-residuales-en-rastros>
- Agualimpia Dualiby, Y. d., & Castro Méndez, C. E. (2006). Metodologías para la determinación de los caudales ecológicos en el manejo de los recursos hídricos. Bogotá, Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano; Universidad Santo Tomás.
- Aguas Residuales. (10 de junio de 2010). TRATAMIENTO DE AGUAS. Obtenido de [http://estrellitasykorazones.blogspot.com/2010\\_06\\_01\\_archive.html](http://estrellitasykorazones.blogspot.com/2010_06_01_archive.html)
- Aguilar O. Krista I. “Como se genera energía eléctrica en Guatemala” Guatemala, 2012, Disponible en: <http://incytde.org/incytde/content/c-mo-se-genera-la-energ-el-ctrica-en-guatemala>. Página consultada el 23/05/2015.
- Aguilar, B. 2011. *UF0001: El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. IC Editorial. Málaga, España. 240 pp.
- Aguilar, I. 2007. *Más vale prevenir que lamentar: Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Representantes de la FAO en Guatemala. Pp. 11-15. En: <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820628912320/fao20manejo20de20cuencas.pdf>. [Con acceso: 1 marzo, 2015].
- Alcántara, David. 2009. *Modelo del Comportamiento de Presas En Cascada Y Visualización Por Software*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Facultad de Ingeniería. 144págs.

- Allen , R. G., Pereira, L. S., Rates, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Roma, Italia : FAO.
- Almeida, L. y S. García, 2009. *Hacia una propuesta de educación ambiental en la comunidad Magdalena Atlitic, Distrito Federal*. En: *Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México*, de Castillo, A. y E. González (coordinadores). México D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 203-204.
- Almorox, J., F. López y S. Rafaelli, 2010. *La degradación de los suelos por erosión hídrica: Métodos de estimación*. Molina de Segura, Murcia, España, Servicio de Publicaciones, Ediciones de la Universidad de Murcia. Pp. 25-37.
- Aristasur.com. (20 de 2 de 2014). *Sistema de coordenadas geográficas: UTM*. Recuperado el 1 de 3 de 2015, de <http://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-utm>
- Arriola, G. P. (2011). *Cifras del desarrollo humano para Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal*. Guatemala: Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Artiaga, R. (2003). El Caso del Plan Trifinio en el Alto Lempa: Oportunidad y Desafíos para la Gestión Compartida en Cuencas Transfronterizas de Centroamérica. En G. W. Partnership, *Estudio de Caso Gestión integrada del Recurso Hídrico en Centroamérica* (págs. 55-72). San José : Masterlitho, S.A.
- Asamblea Nacional Constituyente, 2001. *Constitución política de la República de Guatemala*. Versión actualizada. Edición 2008. Ciudad de Guatemala, Editorial Piedra Santa. 132 pp.
- Asociación de Riego Sostenible. (s.f). *Glosario*. Recuperado el 5 de julio de 2015, de <http://www.riego.org/glosario/tag/bifurcacion/>
- Asociación Nacional de Generadores (ANG). “Sector Eléctrico Guatemalteco” Disponible en <http://www.ang.org.gt/sector-electrico-guatemalteco>, página consultada el 23/05/2015.
- Asociación Nacional del Café (ANACAFE)*. 2015. [Guatemala]. Extraído en septiembre de 2014 de: <http://meteorologia.anacafe.org/>
- Azurdia, C. 2008. *Agrobiodiversidad de Guatemala*. En *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*, de Azurdia, C., F. García y M. M. Ríos (editores). Ciudad de Guatemala, Oficina Técnica de Biodiversidad, Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Pp. 399-464.
- B, G. A. (enero de 2011). *Cuencas Hidrográficas de Guatemala*. Recuperado el 14 de febrero de 2015, de <http://www.sia.marn.gob.gt/documentos/cuencashidrograficas.pdf>
- Banco Mundial. (2015). *El Banco Mundial - Datos*. Recuperado el 16 de mayo de 2015, de <http://datos.bancomundial.org/pais/guatemala>
- Barber, R. 1999a. *Manejo integrado de cultivos y tierras en zonas de ladera de América Central: conceptos, estrategias y opciones técnicas*. Gestión integrada de cultivos. Vol. 2. Roma, Servicio de Cultivos y Pastos, Dirección de Producción y Protección Vegetal; Servicio de Recursos,

- Manejo y Conservación de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 59 pp.
- Barber, R. 1999b. *Manejo de suelos y cultivos en zonas de ladera de América Central: experiencias adquiridas y transmisión de agricultor a agricultor de tecnologías conservacionistas*. Boletín de Suelos de la FAO No. 76. Roma, Servicio de Gestión y Conservación de los Recursos de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas; Servicio de Cultivos y Pastos, Dirección de Producción y Protección Vegetal; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Pp. 55-73.
- Barber, R. 2000. *La selección de tecnologías alternativas*. En: *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO No. 8. Roma, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Pp. 151-177.
- Barreda, L., et. al., 1999. *Manejo Ecoturístico en Áreas Protegidas: Área Izabal, Guatemala*. Plan de Desarrollo Sostenible de la Zona Fronteriza Guatemala-Honduras en torno al Golfo de Honduras. Ciudad de Guatemala, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Pp. 11-52.
- Barrios, L. (1996). *Pueblos e Historia en la Alta Verapaz*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Barrios, V. (2005). *El Cambio Climático Global* (Segunda ed.). Buenos Aires, Argentina: Libros del Zorzal . Recuperado el 14 de febrero de 2015, de <https://books.google.com.gt/books?id=hxIjOfHB11oC&printsec=frontcover&dq=cam#v=onepage&q&f=false>
- Basterrechea, M. y J. M. Del Valle. 1988. *Estudio Diagnóstico de las cuencas hidrográficas y las acciones ejecutadas o por ejecutar en manejo de cuencas de Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Comisión Nacional Asesora para el Manejo de Cuencas Hidrográficas, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 48.
- Beer, J. et. al., 2001. *Investigación preliminar de cuatro cuencas compartidas para su inclusión en el programa regional de medio ambiente de DANIDA*. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 4-9.
- Beks, J. P. y P. E. van Olst, 1986. *Un levantamiento detallado de los suelos de parte del asentamiento Neguev*. Field Reports (9). Guápiles, Costa Rica, The Atlantic Zone Programme, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Agriculture University Wageningen. Pp. 17-20.
- Berrueta, D. T. (6 de marzo de 2015). HIDATIDOSIS , EQUINOCOSIS o QUISTE HIDATÍDICO. Obtenido de UNAM: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/parasitologia/hidatidosis.html>
- Blockhus, et. al., 1995. *Conservación de la diversidad biológica en los bosques tropicales bajo régimen de ordenación*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido, Programa de Conservación de Bosques de

- la UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. 272 pp.
- BP Statistical Review of World Energy 2014, Estados Unidos, 2014, Disponible en: <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>. Página consultada el 11/07/15
- BP Statistical Review of World Energy. (2006). *Our Finite World*. (G. Tverberg, Ed.) Recuperado el 2015 de junio de 04, de <http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622>
- Brassington, R. (1990). *Field Hydrogeology*. Londres, Inglaterra: Geological Society of London, Professional Handbook Series.
- Brassington, R. (1990). *Field hydrogeology*. New York : Halsted Press.
- Brenes , A., & Saborío, V. F. (1995). *Elemntos de climatología* . Costa Rica: EUNED.
- Brenes, A.; Saborío, V. 1995. *Elementos de climatología. Su aplicación didáctica a Costa Rica*. EUNED. Costa Rica. 92 pp.
- Brenner, F. y E. Brenner, 1998. *A Watershed Approach to Agricultural Nonpoint Source Pollution Abatement*. En *Watershed Management: Practice, Policies, and Coordination* de R. Reimold. New York, The McGraw-Hill Company. Pp. 203-219.
- Buch, M. y C. Cobos, 2006. *Agua*. En *Perfil Ambiental de Guatemala: Tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental*, de Gálvez, J. y H. Tuy (coordinadores). Ciudad de Guatemala, Instituto de Incidencia Ambiental, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 109-120.
- Bundschuh, J., et. al., 2007. *Geology-related tourism for sustainable development*. En: *Central America: Geology, Resoruces and Hazards*, Vol. 2 de 2, de Bundschuh, J. y G. E. Alvarado (editores). Boca Ratón, Florida, USA, CRC Press, Taylor and Francis Group. Pp. 1062-1064.
- Cabarrús, C. (1979). *La Cosmovisión Q'eqchi' en proceso de Cambio*. San Salvador: UCA Editores.
- Cabrera, J. (2003). *Hacia la Gestión Integral del Recurso Hídrico en la Cuenca del Lago Atitlan en Guatemala*. En G. W.-C. America, *Estidos de Caso: Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Centroamérica* (págs. 1-15). Guatemala: Masterlitho S.A.
- Calder, I., et. al. 2007. «Hacia una nueva comprensión de los bosques y el agua». *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO [Italia]. 58 (229): 3-10. En: <http://www.fao.org/docrep/010/a1598s/a1598s00.htm>. [Con acceso: 1 de marzo, 2015].
- Campbell, J. 1998. *Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán and Belize*. Animal Natural History Series Vol. 4. Norman, Oklahoma, University of Oklahoma Press. 381 pp.
- Canal de Isabel II. (2010). *Gestión de los Recursos Hídricos, Tratamiento del agua potable*. Madrid: Gráficas Enar.

- Cap-Net; Global Water Partnership; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo . (2005). *PLanes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico: Manual de Capacitación y Guía Operacional*. Publicaciones Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional.
- Cárdenas, D. I. (2010). *Estudio de comparación entre coeficientes de escorrentía en cuencas experimentales del sur de Chile*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Valdivia.
- Cardona, M., et. al. 2008. *Diccionario enciclopédico usual: Guatemala*. 4ª edición. México D.F., Ediciones Larousse. 770 pp.
- Caribe), C. (. (2010). *La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis 2010*.
- Carrasco, J. y J. Vergara, 2002. *Técnicas apropiadas para la conservación y recuperación de suelos en predios de pequeños productores*. San Fernando, Chile, Centro Regional de Investigación Rayentue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Pp. 61 – 80. En: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR28871.pdf>. [Con acceso: 8 de agosto, 2015].
- Carrera, J. L. 2006. *Desechos sólidos*. . En *Perfil Ambiental de Guatemala: Tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental*, de Gálvez, J. y H. Tuy (coordinadores). Ciudad de Guatemala, Instituto de Incidencia Ambiental, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 161-174.
- Carrera, J., J. Gálvez y E. López, 2012. *Recurso hídricos: muchas agua, poca gestión*. En *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*, de Gálvez, J. (coordinador). Ciudad de Guatemala, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 131-146.
- Castañeda, J. P., J. Gálvez y H. Tuy, 2012. *Contaminación: tendencias incrementales*. En *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*, de J. Gálvez (coordinador). Ciudad de Guatemala, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 161-179.
- Castellanos, E., & Guerra, A. (2009). *El cambio climático y sus efectos sobre el desarrollo humano en Guatemala*. (E. Sazo de Méndez, Ed.) Guatemala, Guatemala: Segráfica. Recuperado el 15 de febrero de 2015, de [http://www.marn.gob.gt/sub/portal\\_cambio\\_climatico/docs/cuaderno.pdf](http://www.marn.gob.gt/sub/portal_cambio_climatico/docs/cuaderno.pdf)
- Castellanos, E., et. al., 2011. *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2006 y dinámica de la cobertura forestal 2001-2006*. Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala. 99 pp.
- Castillo, B. 2009. *Evaluación de la amenaza por inundación en la parte alta de la cuenca del río Cahabón*. Trabajo de Graduación. Ciudad de Guatemala, Maestría en Gestión para la Reducción de Desastres, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala. Pp. 41-44. En: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_2385.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2385.pdf). [Con acceso: 17 de mayo, 2015].
- Castillo, J. (19 de enero de 2014). Identificados seis focos de conflictividad en el país. *Prensa Libre*, pág. [http://www.prensalibre.com/noticias/comunitario/CONFLICTOs\\_0\\_1069093099.html](http://www.prensalibre.com/noticias/comunitario/CONFLICTOs_0_1069093099.html).

- Castro H., G. (2003). El Manejo de la Cuenca del Canal de Panamá: Una evaluación de necesidades y posibilidades en un proceso de GIRH. En G. W. Partnership, *Estudios de Caso: Gestión integrada del Recurso Hídrico en Centroamérica* (págs. 121-134). San José: Msterlitho, S.A.
- CATIE, 1986. *Fundamentos del manejo de cuencas*. Proyecto regional de manejo de cuencas. Antigua Guatemala, Departamento de Recursos Naturales Renovables del CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 167 pp.
- CATIE, 1992. *Plan de acción para el manejo sostenible de la Cuenca Naranjito, Honduras*. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 34-36.
- CATIE, 1994. *Plan de acción: Programa Agricultura Tropical Sostenible*. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 5-8.
- Católica, I. L. (enero de 21 de 2013). Fosa séptica. Obtenido de Sidecar: <http://www.tratamientodeagua.cl/2013/01/21/fosa-septica/>
- Cavasassi, J. 2012. ¿Qué es una batería de ciclo profundo? Buenos Aires, Argentina. 4 pp.
- Ceccon, E., 2013. *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. México D. F., Ediciones Díaz de Santos México. Pp. 139-145.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1986. *Fundamentos del manejo de cuencas. Proyecto Regional de Manejo de Cuencas*. Seminario Taller . Guatemala. 164 pp.
- Centro Centroamericano de Población. (s.f). *Glosario*. Recuperado el 6 de julio de 2015, de [http://ccp.ucr.ac.cr/cursos/demografia\\_03/glosario.html](http://ccp.ucr.ac.cr/cursos/demografia_03/glosario.html)
- Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad – Universidad del Valle del Valle de Guatemala (CEAB-UVG). 2015. Entrevista realizada el 07 de junio de 2015.
- Chamochoyumbi, W. 2010. *El ordenamiento territorial en la gestión de cuencas hidrográficas: criterios de base y nuevos elementos de discusión*. Documento de Trabajo. Lima, Instituto de Salud y Trabajo. 37 pp. En: [http://www.alainet.org/images/art\\_doc\\_OTygestioncuencashidrograficas\\_vnpu.pdf](http://www.alainet.org/images/art_doc_OTygestioncuencashidrograficas_vnpu.pdf). [Con acceso: 27 de mayo, 2015].
- Chang, M. 2006. *Forest hidrology: an introduction to water and forests*. 2ª edición. Boca Ratón, Florida, CRC Press, Taylor and Francis Group. Pp. 3 – 4 .
- Chinchilla, E., Andrade, A., & Sic, V. (2011). *Plan estratégico para el manejo sostenible de la subcuenca del Río Cahabón*. Ciudad de Guatemala: Magna Terra.
- Choc, V. (2007). *Mundo Choc Cac*. Recuperado el julio de 2015, de Etnias de Guatemala: <http://victorhugocc.choccac.com/2007/05/etnias-de-guatemala/>
- Chojolan, C. (2011). *Desafíos en el Desarrollo de Proyectos Hidroeléctricos en Guatemala*. Guatemala: Asociación de Generadores con Energía Renovable.
- Cobos, C. R., et. al., 2004. *Agua*. En *Perfil Ambiental de Guatemala: Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación*, de Cabrera, C. y H. Tuy (coordinadores). Ciudad de Guatemala,

- Instituto de Incidencia Ambiental, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 149-166.
- COGUANOR. *Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Comisión Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía. Guatemala: Ministerio de Economía.
- Colindres, F. S. (2006). *Estudio de la cuenca del río Cajolá con fines de manejo de suelos, municipio de cajolá, departamento de Quetzaltenango, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Comisión Europea. (2014). *La Directiva Marco del Agua de la UE*. Oficina de Publicaciones.
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (06 de abril de 2011). *gripweb.org*. Recuperado el 11 de febrero de 2015, de *Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras*:  
[http://www.gripweb.org/gripweb/sites/default/files/documents\\_publications/NEC2011-CAP.3-RIESGO%20S%20C%208DSMICO,%20EVALUACI%20C3%93N%20Y%20REHABILITACI%20C3%93N%20DE%20ESTRUCTURAS-021412.pdf](http://www.gripweb.org/gripweb/sites/default/files/documents_publications/NEC2011-CAP.3-RIESGO%20S%20C%208DSMICO,%20EVALUACI%20C3%93N%20Y%20REHABILITACI%20C3%93N%20DE%20ESTRUCTURAS-021412.pdf)
- Committee on Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics, 1992. *Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics*. Washington D.C., Board on Agriculture and Board on Science and Technology for International Development, National Research Council. 720 pp.
- CONAP, 2015. *Diversidad Biológica y Áreas Protegidas*. Ciudad de Guatemala, Unidad de Seguimiento y Evaluación, Departamento de Planificación, Estudios y Proyectos, Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 59 pp.
- Congreso de la República de Guatemala, Ministerio de Energía y Minas. Reglamento de la Ley General de Electricidad. Artículo No. 1.
- Congreso de la República de Guatemala. Ley General de Electricidad. Decreto 93-96. Artículo No. 1-31.
- CONNECTED TEXAS. (s.f). *Getting Started*. Recuperado el 5 de septiembre de 2015, de Zoom In: <http://www.connectedtx.org/getting-started>
- Costa Sur. (s.f). *Terminología básica*. Recuperado el 6 de julio de 2015, de Carta Náutica: <http://charter.costasur.com/es/carta-nautica.html>
- Coto, J. M., 1992. *Contaminación del agua en Costa Rica por residuos del procesamiento del café y la porcicultura*. En *Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines*, de FAO. Informes sobre Temas Hídricos (1). Santiago de Chile, Anales de la consulta de expertos organizada por la FAO, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Pp. 113-124.
- Cotto, E. (2006). Aportes para mejorar el manejo de los recursos naturales renovables en la cuenca del río Cahabón, Alta Verapaz. Guatemala, Guatemala.
- Croitoru, L. y M. Merlo. 2005. *Mediterranean Forest Values*. En *Valuing Mediterranean Forests* de M. Merlo y L. Croitoru. Wallingford, Oxfordshire, CABI Publishing, CAB International. Pp. 50-51.

- Definición.de. (s.f). *Definición de* . Recuperado el 9 de julio de 2015, de Indígena: <http://definicion.de/indigena/>
- Diario de Centro America. (2 de marzo de 2015). *Reglamento de evaluacion, control y seguimiento ambiental, acuerdo gubernativo numero 60-2015*. Recuperado el 18 de Mayo de 2015, de [www.minfin.gob.gt](http://www.minfin.gob.gt):  
[http://www.minfin.gob.gt/downloads/leyes\\_acuerdos/acuerdogub60\\_020315.pdf](http://www.minfin.gob.gt/downloads/leyes_acuerdos/acuerdogub60_020315.pdf)
- Diccionario de la lengua española*. 2014. Real Academia Española de la Lengua. 31ª ed. Madrid,
- Dictionary.com*. (s.f). *GPS*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de <http://dictionary.reference.com/browse/gps?s=ts>
- Diez Hernández, J. M., & Olmeda Sanz, S. (2008). DISEÑO ECO-HIDROLÓGICO DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS: EVALUACIÓN DE CAUDALES ECOLÓGICOS. Valladolid, España: Ministerio de medio ambiente, Confederación hidrográfica del Duero.
- Diken International. (6 de julio de 2015). *Glosario*., de [http://www.dikeninternational.com/cata\\_quimicos/assets/downloads/page0110.pdf](http://www.dikeninternational.com/cata_quimicos/assets/downloads/page0110.pdf)
- Dirección de Incidencia Pública, URL. (2014). *GESTIÓN E INCLUSIÓN SOCIAL EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS: CINCO PROPUESTAS INTEGRALES*. Guatemala.
- Dirección General de Caminos, 2014. *Red Vial de Guatemala, Año 2013*. Ciudad de Guatemala, División de Planificación y Estudios, Departamento de Ingeniería de Tránsito, Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. 126 pp.
- Dominguez, L. G., & Finotti, D. A. (2004). MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO: PANORAMA EN Chile: Universidad de Chile; Universidad de Caxias do Sul.
- Dourojeanni, A. y A. Jouravlev, 1999. *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. Santiago de Chile, División de Recursos Naturales e Infraestructura, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Pp. 3 – 16.
- Dourojeanni, A., & Jouravlev, A. (2002). *Evolución de las políticas hídricas en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- Du Fraiture, C., J. Rubiano y C. Álvarez, 1999. *Uso real y potencial del agua en la cuenca del río Cabuyal, Colombia*. (12) Serie Latinoamericana. México D. F., International Water Management Institute. Pp. 32-34.
- Duro, J. 2004. *Amenazas al ambiente y vulnerabilidad social*. En *En Perfil Ambiental de Guatemala: Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación*, de Cabrera, C. y H. Tuy (coordinadores). Ciudad de Guatemala, Instituto de Incidencia Ambiental, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 327-344.
- Echeverría, J. (2003). *Hacia una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: estudio de caso de la Cuenca del Lago Arenal*. En G. W. Partnership, *Estudio de Caso: Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Centro América* (págs. 93-106). San Jose: Masterlitho, S.A.

- ECHO. (s.f). *Laboratory of Ecohydrology* . Recuperado el 30 de mayo de 2015, de Watershed Characteristics: [http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/mod\\_1a/chapt\\_2/main.htm](http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/mod_1a/chapt_2/main.htm)
- EcoPeriodismo. (4 de mayo de 2011). Contaminación industrial en América del Norte. Obtenido de Sott.net: <http://es.sott.net/article/6079-Contaminacion-industrial-en-America-del-Norte>
- El Mundo. (s.f). *Diccionario*. Recuperado el 26 de julio de 2015, de <http://www.elmundo.es/diccionarios/>
- Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA)*. 2009. [Panamá] Extraído el 26 de agosto de 2015 de: [http://www.hidromet.com.pa/educacion\\_hidrologico.php](http://www.hidromet.com.pa/educacion_hidrologico.php)
- Enciclopedia Metódica Larousse. 1991. Energía. 3ª ed. México, D.F. Editorial Larousse. 6 vols.
- Equipo de Derecho.com. (2 de julio de 2014). *Conceptos jurídicos*. Recuperado el 5 de julio de 2015, de Acuerdo gubernativo: [http://www.derecho.com/c/Acuerdo\\_gubernativo](http://www.derecho.com/c/Acuerdo_gubernativo)
- Equipo. (2000). *Diccionario Ciencias de la Tierra*. Inglaterra.
- Erickson, Jon. 1992. El efecto invernadero: el desastre de mañana, hoy. Madrid. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.
- Errázuriz, A, et. al. 1998. *Manual de Geografía de Chile*. 3ª edición. Santiago de Chile, Editorial Andrés Bello. Pp. 107-108.
- España, G. d. (s.f.). *Agricultura Estatal de Meteorología*. (M. d. Marino, Ed.) Recuperado el 30 de mayo de 2015, de AEMet: [http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf)
- España. 2 vols.
- FAO, 1976. *A Framework for land evaluation*. Boletín de suelos de la FAO (32). Roma, Soil resources development and conservation service land and water development division, Food and Agriculture Organization of the United Nations. En: <http://www.fao.org/docrep/X5310E/X5310E00.htm>. [Con acceso: 27 mayo, 2015].
- FAO, 1997. *Zonificación agro-ecológica: Guía general*. Boletín de suelos de la FAO (73). Roma, Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 83 pp.
- FAO, 2007. *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 142 pp.
- FAO, 2007a. *Situación de los Bosques del Mundo 2007*. Roma, Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica, Dirección de Comunicación, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Pp. 76.
- FAO. (1996). *Depósitos de documentos de la FAO*. Recuperado el 2 de febrero de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>
- Faustino, J. (1995). *GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL MANEJO DE CUENCAS MUNICIPALES*. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA.

- Faustino, J. 1996. *Gestión ambiental para el manejo de cuencas municipales*. Turrialba, Costa Rica, Unidad Técnica de Manejo de cuencas hidrográficas, Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Cartago. Pp. 3-8.
- FCAA, & IARNA. (2005). *Situación del Recurso Hídrico en Guatemala*. Guatemala .
- Fernández Santamarina, A. M., & del Mora, M. C. (2005). Conceptos y métodos sobre el régimen de caudales ecológicos. España: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.
- Fernandez, I. A. (s.f). *Cartografía*. (U. d. Valladolid, Ed.), de Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM: <http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-geograficas-utm-datum.pdf>
- Fosalud. (s.f). *Glosario de términos utilizados en este sitio*. Recuperado el 5 de julio de 2015, de [http://www.fosalud.gob.sv/index.php?option=com\\_glossary&letter=A&id=4&Itemid=84](http://www.fosalud.gob.sv/index.php?option=com_glossary&letter=A&id=4&Itemid=84)
- Gabinete Específico del Agua. (mayo de 2011). Política nacional del Agua de Guatemala y su Estrategia. Guatemala.
- Gallo, E. (30 de marzo de 2015). ¿Qué hacemos con nuestros desechos? Obtenido de ¿Qué contás?: <http://contandoquecuento.blogspot.com/2015/03/que-hacemos-con-nuestros-desechos.html>
- Gálvez, J., E. López y C. Sandoval, 2012. *Bosques: pérdida incontrolable*. En *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*, de J. Gálvez (coordinador). Ciudad de Guatemala, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 102-117.
- Garay, C., & Cristián, F. (2013). *Recursos Naturales: Competencia, cooperación y conflicto en Sudamérica*. Santiago de Chile, Chile: RIL.
- García, O. 2014. Asociación Nacional del Café (ANACAFE). Entrevista realizada en septiembre del 2014.
- geoparalinux. (29 de junio de 2014). *Gerar um MDE a partir de curvas de nivel no QGIS*. Recuperado el 12 de febrero de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=VLBHd68R4gE&feature=youtu.be>
- Geospatial. (s.f). *Collins English Dictionary - Complete & Unabridged 10th Edition*. Recuperado el 10 de julio de 2015,, de Dictionary.com website: <http://dictionary.reference.com/browse/geospatial>
- Giancoli, D. (2006). *Física. Principios con aplicaciones*. México : Pearson Educación.
- Giasson, E. 2000. *Efecto de la labranza sobre las características físicas del suelo*. En: *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Roma, Boletín de Tierras y Aguas de la FAO No. 8. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Pp. 53-57.
- GIMBOT, 2014. *Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y Mapa de cambios en uso de la tierra 2001-2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero*. Documento informativo. Ciudad de Guatemala, Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. 16 pp.

- Global Water Partnership-Central America. (2003). *Estudio de Caso: Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Centro América*. (Y. Astorga, Ed.) San José: Masterlitho S.A.
- Global Water Partnership; International Network of basin Organizations. (2009). *MANUAL PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS EN CUENCAS*. París: Publicaciones de GWP y INBO.
- Gobierno de Guatemala -Oficina Sanitaria. (diciembre de 2013). Política Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento de Guatemala. Guatemala.
- Gobierno Nacional de la Republica del Ecuador. (s.f). *Deslaves*. Recuperado el 28 de agosto de 2015, de <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/>
- Godoy, J. C. y F. Castro, 1991. *Plan del sistema de áreas protegidas de El Petén, Guatemala, SIAP*. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 3-5.
- González, J. 2004. *El manejo de cuencas en Cuba: Actualidades y Retos*. En *El Manejo integral de cuencas en México: Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental* de Helena Cotler. México D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. Pp. 29-31.
- González, M. 1996. *Impacto de la agricultura en los sistemas fluviales: Técnicas de restauración para la conservación del suelo y del agua*. (78) enero – marzo 1996. España, Agricultura y Sociedad. Pp. 211-236.
- Govern de les Illes Balears. (s.f). *Servicio de Gestión Forestal y Protección del Suelo*. Recuperado el 28 de enero de 2015, de Gestión Forestal: <http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?mkey=M10022309120411063560&lang=ES&cont=19352z>
- GRAFCAN. (s.f). *Mapas de Canarias*. Recuperado el 22 de 5 de 2015, de Ortofotos: <http://www.grafcan.es/ortofotos>
- Grandy, A. S., J. M. Fraterrigo y S. A. Billings, 2013. *Soil Ecosystem Resilience and Recovery*. En: *Soil Ecology and Ecosystem Services*. De Wall, D., et. al. (editores). Oxford, Reino Unido, Oxford University Press. Pp. 357-376.
- GRASS GIS. (16 de septiembre de 2013). *About us*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de About GRASS GIS: <http://grass.osgeo.org/home/about-us/>
- GreenFacts. (s.f). Antropogénico. Obtenido de GreenFacts.org: <http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/antropogenico.htm>
- Greenfacts.org. (s.f). *Glosario*. Recuperado el 5 de julio de 2015, de Aguas residuales: <http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/aguas-residuales.htm>
- Gregersen, M, et. al. 2007. *Integrated Watershed Management: Connecting People to Their Land and Water*. Wallingford, Oxfordshire, CABI Publishing, CAB International. Pp. ix – x.
- GSMspain. 2015. España. Extraído el 14 de septiembre de 2015 de:

- GTCIT. (s.f.). *Ficha Técnica de Alta Verapaz*. Recuperado el 28 de enero de 2015, de Great City Magazine  
GTCIT: [http://www.gtcit.com/alta\\_verapaz\\_guatemala/](http://www.gtcit.com/alta_verapaz_guatemala/)
- Guateagua, S/F. *Cuenca del río Cahabón*. Ciudad de Guatemala, Guateagua, Portal de recursos hídricos de Guatemala, Componente de Cooperación Técnica para el Manejo Integrado de Recursos Hídricos. En: <http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/4/cuenca/cahabon.htm>. [Con acceso: 17 de mayo, 2015].
- Guatemala. 2009. Dirección General de Energía. *Energías Renovables en Guatemala*. Guatemala, Ministerio de Energía y Minas.
- Guatemala. 2013. Dirección General de Energía. Estadísticas Energéticas Subsector Eléctrico. Guatemala, Ministerio de Energía y Minas.
- Guerrero, E., Gereda, Y., et al. (17 de marzo de 2013). *Impacto Ambiental. Observación al Río Cahabón, Tactic, Alta Verapaz, Guatemala -Contaminación Ambiental-*. Recuperado el 30 de mayo de 2015, de Erickguerrero1604: <https://erikguerrero1604.wordpress.com/2013/03/17/impacto-ambiental-observacion-al-rio-cahabon-tactic-alta-verapaz-guatemala-contaminacion-ambiental/>
- Guerrero, R. 2013. *ENAE0108. Montaje y mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas*. IC Editorial. 478 pp.
- Gustavo A., S. .. (enero de 2011). *Cuencas Hidrográficas de Guatemala*. Recuperado el 18 de enero de 2015, de <http://www.sia.marn.gob.gt/documentos/cuencashidrograficas.pdf>
- Hammond, D., J. Rosales y P. Oubeter, 2013. *Gestión del Impacto de la Explotación Minera a Cielo Abierto sobre el Agua Dulce en América Latina*. Nota técnica # IDB-TN-520. Washington D.C., Unidad de Salvaguardias Ambientales, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Harvey, C. 2001. *Agroforestería y Biodiversidad*. En *Funciones y Aplicaciones de Sistemas Agroforestales, Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 6*, de Jiménez, F., R. Muschler y E. Köpsell (editores). Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 95-138.
- Heathcote, I. 2009. *Integrated Watershed Management: Principles and Practice*. 2ª edición. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. Pp. 16-63.
- Heredia, L. M., Escobar, Y. C., & López, G. C. (2011). Aplicación de la metodología de caudales básicos de mantenimiento en la Cuenca Media del río Tuluá - Subcuenca del Río Cauca. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Hernández, Luis. 2011. *Guía Para La Rehabilitación De Pequeñas Hidroeléctricas, aplicada A El Porvenir*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, facultad de Ingeniería. 210 págs.
- Herrera, J. (2003). *Estado actual del clima y la calisas del aire en Guatemala*. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Herrera, R. (2006). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y porpuestas de inversión. Diagnóstico y pronóstico socioeconómico*. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Hesperian . (2011). *Hesperian.org*. Recuperado el 30 de mayo de 2015, de Protección de las cuencas hidrológicas  
[:http://es.hesperian.org/hhg/A\\_Community\\_Guide\\_to\\_Environmental\\_Health:Cap%C3%ADtulo\\_9:\\_Protecci%C3%B3n\\_de\\_las\\_cuencas\\_hidrogr%C3%A1ficas](http://es.hesperian.org/hhg/A_Community_Guide_to_Environmental_Health:Cap%C3%ADtulo_9:_Protecci%C3%B3n_de_las_cuencas_hidrogr%C3%A1ficas)
- Hesperian. (2011). Protección de las Cuencas Hidrológicas. Obtenido de Hesperian.org:  
[http://es.hesperian.org/hhg/A\\_Community\\_Guide\\_to\\_Environmental\\_Health:Cap%C3%ADtulo\\_9:\\_Protecci%C3%B3n\\_de\\_las\\_cuencas\\_hidrogr%C3%A1ficas](http://es.hesperian.org/hhg/A_Community_Guide_to_Environmental_Health:Cap%C3%ADtulo_9:_Protecci%C3%B3n_de_las_cuencas_hidrogr%C3%A1ficas)
- Heuveldop, J., Pardo, J., Quiròs, S., & Espinoza, L. (1986). *Agroclimatología Tropical*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Höfer, T. y P. Warren, 2007. *Why invest in Watershed Management*. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 33 pp.
- Hong, Y; Gourley, J. 2015. *Radar Hydrology. Principles, models, and applications*. EE.UU. 176pp.  
<http://www.cientecinstrumentos.cl/articulos/higrotermografos.html>  
<http://www.gmspain.com/glosario/?palabra=GPRS>  
[http://www.senamhi.gob.bo/sige/listado\\_estaciones\\_municipios/Clasificacion\\_de\\_estaciones\\_meteorologicas\\_e\\_hidrologicas%20.pdf](http://www.senamhi.gob.bo/sige/listado_estaciones_municipios/Clasificacion_de_estaciones_meteorologicas_e_hidrologicas%20.pdf)  
<http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Gos-components.html>
- Huapaya, C. A. (2011). *Plan de recuperación de la calidad ambiental de cuencas hidrográficas en zonas críticas prioritarias*. Recuperado el 28 de enero de 2015, de  
<http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/handle/123456789/1815>
- Hueveldop, J., Pardo, J., Quiros, S., & Espinoza, L. (1986). *Agroclimatología Tropical*. San Jose, Costa Rica.
- Hufty, A. (1976). *Introducción a la climatología*. Paris: Preses Universitarias de Grancias.
- IARNA-URL. (2010). *Las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo (serie Perfil Ambiental No. 11)*. Guatemala.
- IARNA, 2009a. *Mapa de áreas protegidas del SIGAP*. Ciudad de Guatemala, Laboratorio SIG, IARNA, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, Vicerrectoría de Investigación y Proyección.
- IARNA, 2009b. *Mapa de ecorregiones de Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Laboratorio SIG, IARNA, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, Vicerrectoría de Investigación y Proyección.
- IARNA, 2010. *Mapas de zonas de vida de Guatemala, Sistema Holdridge, Escenarios A2 2020 y 2050*. Ciudad de Guatemala, Laboratorio SIG, IARNA, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar.
- ICC. (s.f.). *Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático*. Recuperado el 19 de octubre de 2015, de <http://www.icc.org.gt/doc/userContent/561fc30626f0b.pdf>

- IGN. (s.f). *Instituto Geográfico Nacional "Ing. Alfredo Obiols Gomez*. Recuperado el 23 de mayo de 2015, de <http://www.ign.gob.gt/>
- II. Guzmán, Astrid. 2009. *Análisis de los requisitos legales para la construcción y operación de una central hidroeléctrica en Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 184 págs.
- III. Arriaza, Hugo. 2005. *Metodología para la Inclusión de Variables Sociales en la Formulación, Ejecución y Administración de Proyectos de Energía Rural*. Proyecto. Guatemala. 39págs.
- INAB-CONAP, 2015. *Mapa de cobertura forestal por tipo y subtipo de bosque para la República de Guatemala, 2012*. Informe Técnico. Ciudad de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques , Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 26 pp.
- INAB, 1997. *Clasificación de tierras por capacidad de uso: Aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 96 pp. En: <http://www.inab.gob.gt/Documentos/Manuales/capacidad.pdf>. [Con acceso: 27 de mayo, 2015].
- INAB, 2005. *Programa de investigación de hidrología forestal*. Ciudad de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 38 pp.
- INAB, 2015. *Memoria de Labores 2014*. Ciudad de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques de Guatemala. 48 pp.
- INE, 2003. *Características de la población y de los habitantes locales censados*. Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación 2002. Ciudad de Guatemala, Instituto Nacional de Estadística. Pp. 18, 72.
- INE, 2014. *República de Guatemala: Estadísticas de Transportes y Servicios 2013*. Ciudad de Guatemala, Instituto Nacional de Estadística. Pp. 45.
- INEGI. (s.f). *Modelos Digitales de Elevación (MDE) - Descripción*. Recuperado el 24 de mayo de 2015, de Metdos de generación de modelos digitales de elevación: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>
- INEGI. (s.f). *Modelos Digitales de Elevación (MDE)-Descripción*. Recuperado el 24 de mayo de 2015, de Para qué sirven los Modelos Digitales de Elevación y quién los puede utilizar: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>
- infojardín. (s.f). *Glosario*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de <http://www.infojardin.net/glosario/l-flores-plantas-jardin.htm>
- Innova Technologies RC. 2015. [España]. Extraído el 05 de septiembre de 2015 de: <http://www.radiocomunicaciones.net/acercade.html>
- Instituto de Problemas Nacionales de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (2011). *PROPUESTA DE INICIATIVA DE LEY: LEY QUE REGULA LA REUTILIZACIÓN INTERNA DE LAS AGUAS GRISAS EN NUEVAS CONSTRUCCIONES*. Guatemala.
- Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)*. 2015. [Guatemala]. Extraído el 05 de febrero de 2015 de: <http://www.insivumeh.gob.gt/>

- Instituto Geográfico Nacional (IGN)*. 2009. Mapas cartográficos. Guatemala.
- Instituto Nacional de Electrificación (INDE)*. 2013. Extraído el 06 de septiembre de 2015 de: <http://www.inde.gob.gt/>
- Instituto Nacional de Estadística. (2003). *Características de la población y de los locales de habitación censados*. Guatemala: UNFPA.
- Institut d'Estydis Catalans. (s.f). *Característiques d' un mapa*. Recuperado el 5 de septiembre de 2015, de Escala del mapa: <http://www.iec.cat/mapasols/Cas/Escala.asp?Grup=A&Opcio=3>
- Instrumentos Científicos S.A. (CIENTEC). 2013. [Chile]. Extraído el 23 de mayo de 2015 de:
- INVIMA. (13 de agosto de 2013). *Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de Glosario de Términos: [https://www.invima.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=770&Itemid=242](https://www.invima.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=770&Itemid=242)
- Itzul, G. (2009). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuesta de inversión*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- IV. del Sol, Nicasio Echarte. 2008. «Energía Renovable y No Renovable», Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A [Cuba]. Págs.85-89.
- IX. Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica. 2006. European Small Hydropower Association. 305 págs.
- J. Hall, P. W., & H. García, P. (2011). Engineering at Illinois. Obtenido de Ven Te Chow, Educator, hydrologist, water resources engineer: <http://cee.illinois.edu/about/history/chow>
- Jiménez, F. 2001. *Agroforestería en el manejo de cuencas hidrográficas*. En *Funciones y Aplicaciones de Sistemas Agroforestales, Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 6*, de Jiménez, F., R. Muschler y E. Köpsell (editores). Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 59-94.
- Jiménez, F. y A. Vargas, 1998. *Sistemas Agroforestales: apuntes del curso corto*. Manual técnico No. 32, Serie técnica. Cartago, Turrialba, Costa Rica, Proyecto Agroforestal, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 118.
- Jouravlev, A. (2003). *Los municipios y la gestión de los recursos hídricos*. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- Jr., P. C., & Neves, P. M. (2015). Hidrologia Estatística. Alagoas - Brasil: Centro de tecnologia - UFAL.
- Junta de Andalucía. (s.f). *Glosario. Generalidades*. Recuperado el 5 de julio de 2015, de [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies\\_alixar/geografia1.html](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_alixar/geografia1.html)
- Kestler Rojas, P. J. (2004). *Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda*. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Lemus, C. (2014). Así somos los guatemaltecos. *Revista D*.
- León, Andrés. 2010. *Combustibles fósiles, análisis, Impactos y Alternativas, Estudio para el caso Colombiano. Tesis Universidad Industrial de Santander*. Colombia, Escuela de Economía. 146págs.

- Levia, D. *et. al.* 2011. *Forest hidrology and Biogeochemistry: Synthesis of Past Research and Future Directions*. Springer, England, Springer Science & Business Media. Pp. 6 – 8.
- Linsley, R., Kohler, M., & Paulus, J. (1977). *Hidrología para Ingenieros* (2da Edición ed.). (A. Deeb, J. I. Ordoñez, F. Castrillón, & U. CETIH, Trans.) Bogotá, Colombia: Editorial McGraw-Hill Latinoamericana S.A.
- López M., M. E. (20 de abril de 2007). Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. Obtenido de Avicultura: <https://www.engormix.com/MA-avicultura/manejo/articulos/tratamiento-biologico-aguas-residuales-t1481/124-p0.htm>
- López-Camacho, B., & Iglesias Martin, J. A. (2007). *Gestión de los Recursos Hídricos en el Sistema de Abastecimiento de la Comunidad de Madrid*. Madrid. Recuperado el 16 de agosto de 2015, de [http://www.ciccp.es/biblio\\_digital/V\\_Congreso/congreso/pdf/010306.pdf](http://www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/pdf/010306.pdf)
- López, I. (19 de febrero de 2010). *Cordenadas UTM (UTM Coordenates)*. Recuperado el 22 de mayo de 2015, de <http://www.tic2.org/WebPersonales/WebIgnacio/GPS/Terminologia/UTM.htm>
- López, Juan Pablo. 2010. *Propuesta De Estudio Y Análisis Para La Modernización De Los Sistemas De Control, Mando Y Medición De La Planta Hidroeléctrica Chichaic*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, facultad de Ingeniería. 147 págs.
- LTDA., C. D. (2008). DETERMINACIÓN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EN CUENCAS CON FAUNA ÍCTICA NATIVA Y EN ESTADO DE CONSERVACIÓN. Chile: MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, DPTO. DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS.
- MacFarlane, I. (21 de junio de 2002). Edwin Chadwick. Obtenido de Find a grave: <http://www.findagrave.com/cgi-bin/fg.cgi?page=gr&GRid=6532416>
- MacKinnon, J. y K., *et. al.*, 1990. *Manejo de áreas protegidas en los trópicos*. Edición en español. Ciudad de México, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Biocenosis. Pp. 47-104.
- Maderey, L. 2005. *Principios de Hidrografía, Estudio del Ciclo Hidrológico*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 105 pp.
- MAGA, 2002. *Mapa de zonas de vida de Holdridge: República de Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Laboratorio de Información Geográfica, Programa de Emergencias por Desastres Naturales, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. En: <http://www.sigmaga.com.gt/imagenes/mapas/vegetacion/zonas-de-vida.pdf>. [Con acceso: 22 mayo, 2015].
- MAGA, 2004. *Mapa de fisiografía: Cuenca Río Cahabón*. Ciudad de Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. En: [http://www.infoiarna.org.gt/descargas/aGandara/CuencasMAGA2014/temas/fisio/map\\_fisio\\_10\\_4\\_cahabon.jpg](http://www.infoiarna.org.gt/descargas/aGandara/CuencasMAGA2014/temas/fisio/map_fisio_10_4_cahabon.jpg). [Con acceso: 17 de mayo, 2015].

- MAGA, 2004a. *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra: Cuenca Río Cahabón*. Ciudad de Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. En: [http://www.infoiarna.org.gt/descargas/aGandara/CuencasMAGA2014/temas/usotierra/map\\_usot\\_44\\_cahabon.jpg](http://www.infoiarna.org.gt/descargas/aGandara/CuencasMAGA2014/temas/usotierra/map_usot_44_cahabon.jpg). [Con acceso: 21 de mayo, 2015].
- MAGA, 2005. *Atlas temático de la República de Guatemala, 2005*. [DVD] Ciudad de Guatemala, Laboratorio de Información Geográfica, Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Mar Borque & Asociados, S.L. (12 de diciembre de 2012). Indissoluble realiza el mapeado digital del sistema de alcantarillado del Foro Romano (Cloaca Massima), de la mano de FARO. Obtenido de Mar Borque & Asociados, S.L.: <http://marborqueasociados.blogspot.com/2012/12/indissoluble-realiza-el-mapeado-digital.html>
- MARN, 2011. *Plan estratégico para el manejo sostenible de la subcuenca del río Cahabón*. Ciudad de Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 339 pp.
- Martínez, F. 2006. *Meteorología aplicada a la Navegación*. 2ª. Edición. Universidad Politécnica de Catalunya, SL. Barcelona, España. 222 pp.
- Mataix, Claudio. 1982. *Mecánica de fluidos y Maquina Hidráulicas*. 2ª. ed. México, Harla. 660 págs.
- Mejía, Luis. 2011. *Guía para la rehabilitación de pequeñas hidroeléctricas, aplicada a el porvenir*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, facultad de Ingeniería. 210 págs.
- Melgar, W. 2003. *Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala*. Documentos de trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/53S. Roma, Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Pp. 23-36.
- MEM, 2015. *Derechos Mineros Departamento de Alta Verapaz*. Ciudad de Guatemala, Catastro Minero, Dirección General de Minería, Ministerio de Energía y Minas. En: [http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/Ot\\_Altaverapaz2.pdf](http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/Ot_Altaverapaz2.pdf). [Con acceso: 22 mayo, 2015].
- Menéndez, F; et. al. 2008. *Formación superior en prevención de riesgos laborales. Parte obligatoria y común*. 3ª. Edición. Editorial Lex Nova. España. 698 pp.
- Meres, L. A. (18 de septiembre de 2013). Belmonte pide que se investigue la turbidez de las aguas del Narcea. Obtenido de La Nueva España: <http://www.lne.es/occidente/2013/09/18/belmonte-pide-investigue-turbidez-aguas/1470529.html>
- MGAR.(s.f).*Cartografía*. Recuperado el 22 de mayo de 2015, de <http://www.mgar.net/var/cartogra.htm>
- Millán, S. 1995. *Automatización neumática y electroneumática*. Marcombo. 252 pp.
- Miller, G. Tyler. 1994. *Ecología y Medio Ambiente*. México, Editorial Iberoamérica. 829 págs.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). *Regeneración y Reutilización de Aguas Depuradas. Diseño, Construcción y Explotación*. Madrid.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2005. Mapas cartográficos.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. *Mapa de zonas de vida de Holdridge*.

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (s.f). *Material de Apoyo*. Recuperado el 14 de febrero de 2015, de Plan de Acción de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce: [http://www.marn.gob.gt/documentos/guias/guia\\_microcuenca/material\\_de\\_apoyo/plan-accion\\_cuenca\\_lagozabal\\_riodulce/capitulo\\_iii.pdf](http://www.marn.gob.gt/documentos/guias/guia_microcuenca/material_de_apoyo/plan-accion_cuenca_lagozabal_riodulce/capitulo_iii.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2011. Plan estratégico para el manejo sostenible de la subcuenca del río Cahabón. Guatemala. 339 pp.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *Plan Estratégico para el manejo sostenible de la subcuenca del Río Cahabón*. (L. V. Sic, Ed.) Guatemala, Guatemala: Magna Terra Editores.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *Plan estratégico para el manejo sostenible de la subcuenca del Río Cahabón*. Guatemala: Magna Terra editores.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (4 de Mayo de 2001). *Inicio: Institución*. Recuperado el 6 de junio de 2015, de Misión y Visión: [http://www.marn.gob.gt/paginas/Misin\\_y\\_Visin](http://www.marn.gob.gt/paginas/Misin_y_Visin)
- Ministerio de medio ambiente, C. h. (2007). PLAN HIDROLÓGICO DE LA PARTE ESPAÑOLA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO. Valladolid, España: Ministerio de medio ambiente, Confederación hidrográfica del Duero.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 2010. *Medio ambiente y salud*. Oficina técnica de Cooperación en Guatemala (AECI). 364 pp.
- MMA y CA. (20 de marzo de 2013). *Régimen legal del agua aplicable a lo largo de la historia en Guatemala*. Recuperado el 02 de junio de 2015, de <http://mmayca.com/2013/03/20/regimen-legal-del-agua-aplicable-a-lo-largo-de-la-historia-en-guatemala/>
- MONSALVE, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. (2da Edición ed.). (Alfaomega., Ed.) Colombia.
- Montes, J. 2001. *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Selecta Technologica (3). Madrid, Universidad Pontificia Comillas. Pp. 24-33.
- Montipedia. (s.f). *Glosario de Montaña y geografía*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de Humedal: <http://www.montipedia.com/diccionario/humedal/>
- Moorman, F. R. 1974. *Clasificación de tierras por su capacidad de aprovechamiento y necesidades de conservación*. En *La agricultura migratoria y la conservación de suelos en África*, de FAO. Roma, Servicio de Recursos, Fomento y Conservación de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Pp. 68-73.
- Moreno, J. E. (27 de septiembre de 2012). Contaminación en mares y océanos. Obtenido de SlideShare: <http://es.slideshare.net/johannaoviedo7/contaminacion-en-mares-y-oceanos>
- Morton, A. (s.f). *UTM Grid Zones of the World*. Recuperado el 3 de septiembre de 2015, de <http://www.dmap.co.uk/utmworld.htm>
- Mundo, M. D. 2006. *Propuesta para minimizar el impacto de las inundaciones en una cuenca costera de la costa de Chiapas, México*. En *Climate Variability and Change – Hydrological Impacts*, de

- Demuth, S., *et. al.* (editores). IAHS Publication (308). Oxfordshire, Reino Unido, International Association of Hydrological Sciences. Pp. 186-190.
- Municipalidad de Guatemala. (12 de febrero de 2005). *EMPAGUA*. Recuperado el 5 de agosto de 2015, de Purificación del Agua: <http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/51-purificacionagua>
- Municipalidad de Guatemala. (12 de febrero de 2005). *Plantas y Tratamientos*. Recuperado el 30 de julio de 2015, de Sistema la Brigada: <http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/45-sistemabrigada>
- Municipalidad de Guatemala. (12 de febrero de 2005). *Plantas y Tratamientos*. Recuperado el 2015 de julio de 2015, de Sistema las Ilusiones y estación de bombeo el Atlántico: <http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/46-sistemailusiones>
- Municipalidad de Guatemala. (12 de febrero de 2005). *Plantas y Tratamientos*. Recuperado el 2015 de julio de 2015, de Estación de bombeo Ojo de Agua: <http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/47-ojoagua>
- Municipalidad de Guatemala. (12 de febrero de 2005). *Plantas y Tratamientos*. Recuperado el 31 de julio de 2015, de Sistema Xayá-Pixcayá y Planta de Tratamiento Lo De Coy: <http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/48-xayapixcayacoy>
- Municipalidad de Guatemala. (12 de febrero de 2005). *Plantas y Tratamientos*. Recuperado el 31 de julio de 2015, de Sistema Santa Luisa: <http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/49-santaluisa>
- Municipalidad de Guatemala. (22 de enero de 2015). *Plantas y Tratamientos*. Recuperado el 28 de julio de 2015, de Sistema el Cambray y la planta de Bombeo Hincapié: <http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/10-sistemacambray>
- Musy, A. (1998). Hydrologie appliquée. Cours photocopié. d'hydrologie générale. Suisse: Lausanne, .
- Mwendera, E. J. y M. Saleem. 1997. *Hydrologic response to cattle grazing in the Ethiopian highlands*. Vol. 64(1). junio 1997. Agriculture, Ecosystems and Environment: 33-41.
- My Agriculture information bank. (s.f). Recuperado el 39 de mayo de 2015, de Classification of Watershed: <http://www.agriinfo.in/?page=topic&superid=8&topicid=76>
- Naciones Unidas. (4 de mayo de 2010). *National Reports*. Recuperado el 2 de junio de 2015, de Guatemala: [http://www.un.org/esa/dsd/dsd\\_aofw\\_ni/ni\\_pdfs/NationalReports/guatemala/mining.pdf](http://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/guatemala/mining.pdf)
- National Geographic. (s.f). *Encyclopedic Entry*. Recuperado el 5 de julio de 2015, de Landform: [http://education.nationalgeographic.com/education/encyclopedia/landform/?ar\\_a=1](http://education.nationalgeographic.com/education/encyclopedia/landform/?ar_a=1)
- naturales, M. d. (2010). Planificación para el manejo de cuencas, módulo 5. El Salvador: 2013.
- Naturales), M. (. (2011). *Informe ambiental del Estado de Guatemala MARN*. Guatemala.
- Nelson, A. y K. Chomitz. 2004. *The Forest-Hidrology-Poverty Nexus in Central America: An Heuristic Analysis*. Octubre 2004. Washington D.C., Policy Research Working Papers, World Bank

- Group. En: <http://elibrary.worldbank.org.cyber.usask.ca/doi/book/10.1596/1813-9450-3430>. [Con acceso: 15 de mayo, 2015].
- Noaa ocean service education. (s.f). *Marine Navigation / Grades 9-12 / Geography, Earth Science*. Recuperado el 2 de septiembre de 2015, de Background Information: [http://oceanservice.noaa.gov/education/lessons/plot\\_course.html#extensions](http://oceanservice.noaa.gov/education/lessons/plot_course.html#extensions)
- Núñez, J. 2000. *Fundamentos de edafología*. 2ª edición, 3ª reimpresión. San José, Editorial EUNED, Universidad Estatal Nacional a Distancia. Pp. 163-167.
- O'Hare, G., & Sweeney, J. (2014). *Weather, Climate and Climate Change*. Estados Unidos.
- Oficina Técnica de Biodiversidad. (s.f.). *Portal Nacional sobre la Diversidad Biológica en Guatemala*. Recuperado el febrero de 2015, de <http://www.chmguatemala.gob.gt/Members/esolorzano/noticias/pais-con-la-mas-baja-inversion-en-investigacion-academica>
- Oñate, F. *Hidrología (Apuntes de Clase)*. Universidad Técnica Particular de Loja, . Escuela De Ingeniería Civil.
- Ongley, E. D. 1997. *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Estudio FAO riego y drenaje (55). Roma, Water Collaborating Center, Canada Centre for Inland Waters, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. En: <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s00.htm#Contents>. [Con acceso: 28 mayo, 2015].
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura*. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia. 322 pp.
- Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2000). *Informe sobre la Evaluación Mundial del Abastecimiento de Agua y el Saneamiento en 2000*. Estados Unidos: Biblioteca de la OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (2004). Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud. Obtenido de who.int: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/facts2004/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/)
- Organización Mundial de la Salud. (7 de julio de 2012). Despeje sus dudas sobre la E-coli. Obtenido de Salud Crónica: [http://www.saludcronica.com/nota.php?id\\_notas=2769](http://www.saludcronica.com/nota.php?id_notas=2769)
- Ortega-Gaucin, D. 2011. *Diagnóstico sobre la gestión y el uso del agua en el sector agropecuario de Nuevo León*. Apodaca, México, Instituto del Agua del Estado de Nuevo León, Corporación para el Desarrollo Agropecuario. Pp. 251 – 252.
- Ortiz, I., et. al., 2007. *Técnicas de recuperación de suelos contaminados*. No. 6. Informe de Vigilancia Tecnológica. Madrid, Fundación para el conocimiento Madrid, Universidad de Alcalá, Dirección General de Universidades e Investigación. Pp. 6-55. En: [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6\\_tecnicas\\_recuperacion\\_suelos\\_contaminados.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf). [Con acceso: 8 agosto, 2015].
- Ossenbach Sauter, Manuel; Guillén, Sergio; Coto, Oscar. 2010. Guía para el desarrollo de proyectos de energía renovable en Guatemala, Guatemala. 58 págs.

- Oxlaj, C. (2009). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades y propuestas de inversión. Financiamiento de unidades agrícolas y proyecto: producción de pashte*. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Paish, Oliver. 2002. Small hydro power: technology and current status. 6ª ed. 537-556 págs.
- Palau, A. (2000). ASPECTOS CLAVE SOBRE LOS CAUDALES DE MANTENIMIENTO EN LA ELABORACIÓN DEL PLAN HIDROLÓGICO DEL EBRO. España: Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. Universidad de Lleida.
- Palau, A. (2004). MÉTODO QBM (CAUDAL BÁSICO DE MANTENIMIENTO). Lérida, España: Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. Universidad de Lleida.
- Pape, E. (2011). Cuencas hidrográficas y desarrollo económico en Alta Verapaz. En E. Chinchilla, A. Andrade, & V. Sic, *Plan estratégico para el manejo sostenible de la subcuenca del Río Cahabón* (págs. 285-295). Ciudad de Guatemala: Magna Terra.
- Paredes, S., s/f. *Conservando la Biodiversidad: La importancia de las reservas naturales privadas en Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala. 3 pp. En: <http://photos.state.gov/libraries/guatemala/788/pdfs/Reservas%20Naturales-Biodiversidad.pdf>. [Con acceso: 9 de agosto, 2015].
- Parlamento Europeo. (marzo de 2015). *Fichas técnicas sobre la Unión Europea*. Recuperado el 03 de junio de 2015, de La Unión Europea y los bosques:  
[http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/es/displayFtu.html?ftuId=FTU\\_5.2.11.html](http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/es/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.2.11.html)
- Patricio. (20 de mayo de 2011). Ácido y base. Concepto de pH. Obtenido de Química y algo más:  
<http://www.quimicayalgomas.com/quimica-general/acidos-y-bases-ph-2/>
- PCE-Iberica. (s.f). *¿Qué es una estación meteorológica?* Recuperado el 9 de julio de 2015, de  
<http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>
- Penman, L. (1956). *Estimating Evaporation*. American Geophysical Union .
- Perez, R. F. (2012). CONTAMINACIONPEDIA. Obtenido de Causas y efectos de la contaminación por petróleo: <http://www.contaminacionpedia.com/causas-efectos-contaminacion-petroleo/>
- Perrier, A. (1985). *Updated evapotranspiration and crop water requirement*. Paris : INRA.
- PNUD. (2011). *Cifras del desarrollo humano para Alta Verapaz*. Guatemala: Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PNUMA, & CEPAL. (2010). *Vital Climate Change Graphics for Latin America and the Caribbean* . Panamá: UNEP, ECLAC, UNEP/GRID-Arendal.
- PNUMA, 2003. *GEO América Latina y el Caribe: Perspectivas del Medio Ambiente*. México, D.F., Oficina Regional para América Latina y el Caribe, División de Evaluación y Alerta Temprana, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Pp. 44-46, 83-87.
- Portal Cubano de la Energía, Barriga R., Alfredo, Fuentes Alternas de Energía, Cuba, 1999, Disponible en: <http://www.energia.inf.cu/iee-mep/SyT/RAto/f7a.pdf>. Página consultada el 12/02/2015

- Pozo, J. y A. Elozegi, 2009. *El marco físico: la cuenca*. En *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*, de A. Elozegi y S. Sabater (editores). Bilbao, España, Fundación BBVA. Pp. 39 – 49.
- Prando, R. (1996). *Manual de gestión ambiental*. Guatemala: Piedra Santa.
- Prando, R. R. (1996). *Manual de gestión ambiental*. . Guatemala: Piedra Santa.
- Prensa Libre. (10 de abril de 2012). Gerente de INE confirma que el censo poblacional se realizará en 2013. *Prensa Libre*, págs. [http://www.prensalibre.com/economia/Gerente-INE-confirma-censo-realizara\\_0\\_679132367.html](http://www.prensalibre.com/economia/Gerente-INE-confirma-censo-realizara_0_679132367.html).
- PROEVAL RAXMÚ, 2012. *Monitoring bird abundance in Alta Verapaz, Guatemala*. PROEVAL RAXMÚ Bird Monitoring Program: Ornithology in Guatemala and Middle America. Cobán, Asociación de Proyectos Evaluados. En: <http://www.birdmonitoring.info/biomonitoreo.htm>. [Con acceso: 24 de mayo, 2015].
- QGIS. (s.f). *QGIS*. Recuperado el 22 de mayo de 2015, de Open Source Geographic Information System: <http://www.qgis.org/en/site/index.html>
- Quiroga, R. 2008. *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. Serie Manuales. Santiago de Chile, CEPAL, Organización de las Naciones Unidas. 230 pp.
- RACEFN . (s.f). *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Recuperado el 6 de julio de 2015, de RACEFN Glosario de Geología: [http://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac\\_geologia/rac.htm](http://www.ugr.es/~agcasco/personal/rac_geologia/rac.htm)
- Rapin, F. 2002. *Prontuario del Río*. 2ª. Edición en español. 3ª. Reimpresión. España. 512 pp.
- Rascón, L. E. (2005). *Principios de Hidrogeografía Estudio del Ciclo Hidrológico*. México: Serie Textos Universitarios.
- Ray K. Linsley, J. M. (1975). *Hydrology for Engineers* (Second Edition ed.). United States: Mc Graw Hill.
- Real Academia Española. (s.f.). Real Academia Española. Obtenido de [www.rae.es](http://www.rae.es): <http://www.rae.es/>
- Regalado, O., et. al., 2012. *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010*. Ciudad de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 114 pp.
- Reimold, R. 1998. *Watersheds – An Introduction*. En *Watershed Management: Practice, Policies, and Coordination* de R. Reimold. New York, The McGraw-Hill Company. 1-3 pp.
- República de Guatemala. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2007). Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos. Acuerdo Gubernativo 63-2007. Guatemala.
- República, U. d. (2012). *Departamento de Ciencias de la Atmósfera*. (I. d. Física, Editor) Recuperado el 24 de agosto de 2015, de <http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/practico%20climatologia%202012/Practico%207/Clasificacion%20Koppen.pdf>

- Revolorio, A. 2004. *Informe Nacional: Guatemala*. Documentos de trabajo: Estudio de tendencias y perspectivas del Sector Forestal en América Latina. ESFAL/N/10. Roma, Instituto Nacional de Bosques, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Pp. 8-21.
- Reyes, R. A. (octubre de 2009). *Contaminación en el río Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala.*, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_2527.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2527.pdf)
- Reyes, S. 2015. «Ley Probosque». *Prensa Libre* [Guatemala]. Opinión. 17 de marzo, 2015. En: <http://www.prensalibre.com/opinion/ley-probosque>. [Con acceso: 15 de agosto, 2015].
- RIC. (s.f). *GUIA DE QUANTUM GIS 1.7 Wroclaw*. Recuperado el 23 de mayo de 2015, de [http://www.ric.gob.gt/sites/default/files/pdf/guia-de-quantum\\_0.pdf](http://www.ric.gob.gt/sites/default/files/pdf/guia-de-quantum_0.pdf)
- RIC. (s.f). *Registro de Información Catastral*. Recuperado el 23 de mayo de 2015, de Glosario de términos Catastrales: <http://www.ric.gob.gt/glosario-de-terminos-catastrales>
- Richters, E. 1995. *Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra*. San José, Colección Investigación y Desarrollo (28). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Pp. 131-140.
- Rodriguez, C., Monserrat Aguilar, Ríos, C., Soto, N., & Guzmán, E. (2010). Ecologiacbta854c. Obtenido de CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AGUA: [http://ecologiacbta854c.blogspot.com/2010/05/contaminacion-quimica-del-agua\\_12.html](http://ecologiacbta854c.blogspot.com/2010/05/contaminacion-quimica-del-agua_12.html)
- Rogers, P. (3 de febrero de 2002). *Publications*. Recuperado el 14 de julio de 2015, de Water governance in Latin America and the Caribbean: <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV%2DPRogers%2DWaterGovernanceinLAC.pdf>
- Rojas, Óscar. 2006. Manual Básico Para Medir Caudales. Ecuador. 15 págs.
- Romero, E. (2007). RESIDUOS MINEROS. Huelva, España: Universidad de Huelva.
- Rosito, J. C., et al., 2012. *Bases para el seguimiento y evaluación del cambio climático en los ecosistemas de Guatemala*. En *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*, de Gálvez, J. (coordinador). Ciudad de Guatemala, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 269-297.
- Rossini, L. J., Estrada, K. A., Beltran, L. A., & Rios, L. A. (2014). Obtenido de Cecyte prácticas: <http://www.actiweb.es/microbiologia/>
- Ruda, E., A. Mongiello y A. Acosta. 2004. *Contaminación y salud del suelo*. Santa Fe, Argentina, Centro de Tecnología Educativa Aplicada, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral. Pp. 39-49.
- Ruiz, Maricela. 2004. *Manual de Evaluación de Impacto Social*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, facultad de Ingeniería. 168 págs.
- Sales, E. A., et al., 2004. *Tierra*. En *Perfil Ambiental de Guatemala: Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación*, de Cabrera, C. y H. Tuy (coordinadores). Ciudad de Guatemala, Instituto de Incidencia Ambiental, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 45-76.

- Samantha. (9 de diciembre de 2010). *3d visualisation and DEM creation in QGIS with the GRASS plugin*. Recuperado el 12 de 2 de 2015, de <http://linfiniti.com/2010/12/3d-visualisation-and-dem-creation-in-qgis-with-the-grass-plugin/>
- San Román, Javier. 2013. *Medida de Caudales*. Salamanca, España. 7 págs.
- Sánchez Félix, H., Guerrero Sánchez, F., & Castellanos Vázquez, M. Á. (2012). *Ecología*. México: Umbral.
- Santacruz, M. L. (2014). RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO, HERRAMIENTA DE GESTIÓN PARA CONSERVAR LA BIOTA ACUÁTICA. Nariño, Colombia: Universidad Mariana.
- Santizo, C., et. al., 2004. Biodiversidad. En *Perfil Ambiental de Guatemala: Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación*, de Cabrera, C. y H. Tuy (coordinadores). Ciudad de Guatemala, Instituto de Incidencia Ambiental, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 109-147.
- Sarochar, H. (2010). *Introducción a la meteorología general*. Argentina.
- SEGEPLAN, 2011. *Plan de desarrollo departamental: Alta Verapaz*. Ciudad de Guatemala, Consejo de Desarrollo Departamental de Alta Verapaz, Dirección de Planificación Territorial, Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia. 121 pp.
- SEGEPLAN, Dirección de Ordenamiento Territorial. (2011). *Diagnóstico Territorial*. Guatemala: SEGEPLAN.
- SEGEPLAN. (2008). *Vulnerabilidades de los Municipios y Calidad de Vida de sus Habitantes*. Guatemala: SEGEPLAN. Recuperado el enero de 2015
- SEGEPLAN. (2011). *Plan de desarrollo departamental de Alta Verapaz*. Guatemala: Consejo de Desarrollo Departamental de Alta Verapaz.
- SEGEPLAN. (s.f.). Política Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos PNGIRH y de la Estrategia Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos ENGIRH. Guatemala.
- Seresponsible.com. (9 de enero de 2014). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Obtenido de Se Responsable: <http://www.seresponsible.com/2014/01/09/agua-residual-en-rios/>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)*. Ministerio de medio ambiente y agua. Clasificación de las estaciones meteorológicas e hidrológicas. La Paz, Bolivia. Extraído el 05 de septiembre de 2015 de:
- Sheng, T. C. 1990. *Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas*. Boletines de suelos de la FAO (60). Roma, Servicio de Recursos, Fomento y Conservación de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Pp. 20-24.
- SIFGUA, 2013a. *Manejo forestal*. Ciudad de Guatemala, Sistema de Información Forestal de Guatemala. En: <http://www.sifgua.org.gt/Miembros/Manejoforestal.aspx>. [Con acceso: 15 de agosto, 2015].

- SIFGUA, 2013b. *Programa de Incentivos Forestales – PINFOR –*. Ciudad de Guatemala, Sistema de Información Forestal de Guatemala. En: <http://www.sifgua.org.gt/Reportes/Incentivos/Pinfor.aspx>. [Con acceso: 15 de agosto, 2015].
- SIFGUA, 2013c. *Programa de incentivos para pequeños poseedores de tierras de vocación forestal o agroforestal – PINPEP –*. Ciudad de Guatemala, Sistema de Información Forestal de Guatemala. En: <http://www.sifgua.org.gt/Reportes/Incentivos/Pinpep.aspx>. [Con acceso: 15 de agosto, 2015].
- SIGAP, 2015a. *Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas*. Ciudad de Guatemala, Viaje por las áreas protegidas de Guatemala. Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. En: <http://www.turismo-sigap.com/es/guatemala/sistema-guatemalteco-de-areas-protegidas-sigap>. [Con acceso: 9 de agosto, 2015].
- SIGAP, 2015b. *Listado de áreas protegidas*. Ciudad de Guatemala, Departamento de Unidades de Conservación, Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 14 pp. En: <http://www.conap.gob.gt/index.php/sigap/areas-protegidas.html>. [Con acceso: 9 de agosto, 2015].
- Sistema de Información Forestal de Guatemala -SIFGUA-. (2013). *SIFGUA*. Obtenido de Sector Forestal: <http://www.sifgua.org.gt/Paginasweb/Sectorforesdgua.aspx>
- Sistema de las Naciones Unidas en Guatemala. (2009). *Guatemala: Análisis de la situación del país 1998-2008*. Guatemala: ONU.
- Solares, B. (2003). *Elaboración de la línea base para la calidad de agua de la parte occidental de la cuenca del río Cahabòn*. Alta Verapaz: Usac/Cunor.
- Spears, J. 1982. «Conservación del ambiente en las cuencas hidrográficas». *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales* [Roma, Italia]. 34. En: <http://www.fao.org/docrep/p8250s/p8250s02.htm#conservaci%F3n%20del%20ambiente%20en%20las%20cuencas%20hidrogr%E1ficas>. [Con acceso: 13 agosto, 2015].
- Stadtmüller, T. 1994. *Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo*. Informe técnico No. 246, Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales No. 10. Cartago, Turrialba, Costa Rica, Cooperación Suiza al Desarrollo, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 4-9.
- Stern, N. (2007). *Stern review: la economía del cambio climático*. Obtenido de [www.sternreview.org.uk](http://www.sternreview.org.uk)
- Sutuc, M. y V. Robles, 2009. *Hojas Cartográficas de la República de Guatemala, Escala 1:50,000*. Ciudad de Guatemala, Instituto Geográfico Nacional “Instituto Alfredo Obiols Gómez”.
- Swatuk, L. A. (2008). *Habilidades de resolución de conflictos y negociación para la gestión integrada de los recursos hídricos*. Países Bajos: Red internacional para el desarrollo de capacidades en la gestión integrada de los recursos hídricos.
- Taboada, J. 2005. *Sistemas de información mediambiental*. Gesbiblo, S.L. España. 272 pp.

- Tierra Firme México. (27 de mayo de 2015). Ingenieros mexicanos purifican agua residual y de mar en 2.5 minutos. Obtenido de Tierrafirmemexico.org: <http://web.tierrafirmemexico.org/ingenieros-mexicanos-purifican-agua-residual-y-de-mar-en-2-5-minutos/>
- Toledo, A. 2006. *Agua, hombre y paisaje*. México D. F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. Pp. 39-42.
- Toledo, Federico. 2009. *Estudio y Experimento Del Fenómeno De Golpe de Ariete, Debido A Cierre De Válvulas, Para el Laboratorio de Hidráulica*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, facultad de ingeniería. 111 págs.
- Torres Obleas, J. J. (21 de agosto de 2010). *Electricidad*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de Planta Hidroeléctrica:  
<http://academia.hidroenergia.net/mod/glossary/view.php?id=10&mode=cat&hook=5>
- Tujab, Orlando. 2010. *Optimización De La Generación De La Planta Hidroeléctrica Chixoy*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, facultad de ingeniería. 181 págs.
- Tutiempo.net. (s.f.). Descripción: Fenómenos hidrometeorológicos. Obtenido de Tutiempo.net:  
[http://www.tutiempo.net/diccionario/fenomenos\\_hidrometeorologicos.html](http://www.tutiempo.net/diccionario/fenomenos_hidrometeorologicos.html)
- Tuy, H. y R. Vargas. 2009. *Contaminación Ambiental*. En *Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009: Las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*, de Gálvez, J. (coordinador). Ciudad de Guatemala, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 162-180.
- Tuy, H., et. al., 2009. *Bosque: la piedra angular de la estabilidad territorial*. En: *Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009: Las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*, de Gálvez, J. (coordinador). Ciudad de Guatemala, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 65-91.
- Tuy, H., et. al., 2009. *Bosque: la piedra angular de la estabilidad territorial*. En *Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009: Las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*, de Gálvez, J. (coordinador). Ciudad de Guatemala, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Pp. 65-91.
- TV-Novosti. (14 de junio de 2013). *RT Sea Más*. Recuperado el 15 de febrero de 2015, de Actualidad:  
<http://actualidad.rt.com/actualidad/view/97314-poblacion-mundial-crecimiento-onu>
- Tzoc, J. (2011). *La Situación del Desarrollo de Alta Verapaz*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/60105634/La-Situacion-Del-Desarrollo-en-Alta-Verapaz-Juan-Tzoc#scribd>
- Ulianov, Yuri; Sánchez, Héctor. 2009. *Energías renovables, su enseñanza en ingeniería*. Colombia, Tesis de la facultad de Facultad de ingeniería. 105 págs.
- UNESCO. (s.f). *Glosario*. Recuperado el 5 de julio de 2015, de  
<http://www.unesco.org/mab/doc/ekocd/spanish/glossary.html>

- Universidad de Castilla-La Mancha. (20 de octubre de 2009). *Legislación medioambiental en el ámbito minero*. Recuperado el 22 de abril de 2015, de <http://www.uclm.es/users/higueras/MAM/MAM12.htm>
- Universidad del Valle de Guatemala (UVG). 2015. Extraído el 14 de septiembre de 2015 de: <http://uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/index.html>
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (s.f). *Rehabilitación de una cuenca hidrográfica*. Recuperado el 28 de enero de 2015, de Manejo de Cuencas Hidrográficas: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303013/Contenido%20en%20Linea/leccin\\_31\\_rehabilitacion\\_de\\_cuencas\\_hidrograficas.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303013/Contenido%20en%20Linea/leccin_31_rehabilitacion_de_cuencas_hidrograficas.html)
- Universidad Panamericana Rabinal. (marzo de 2011). *Las Cuatro Culturas*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de Cultura Garífuna: <http://marielviraio.blogspot.com/p/cultura-garifuna.html>
- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO. (s.f). *Exercises*. Recuperado el 5 de septiembre de 2015, de Watershed\_analysis: [http://www.ing.unitn.it/~grass/docs/tutorial\\_62\\_en/htdocs/esercitazione/dtm/dtm4.html](http://www.ing.unitn.it/~grass/docs/tutorial_62_en/htdocs/esercitazione/dtm/dtm4.html)
- Urrutia, J., & ARISTASUR. (20 de enero de 2015). *Qué son las curvas de nivel topográfico*. Recuperado el 22 de mayo de 2015, de Curvas de nivel: <http://www.aristasur.com/contenido/que-son-las-curvas-de-nivel-en-un-mapa-topografico>
- V. Guía empresarial para la gestión social integral de proyectos hidroeléctricos en Guatemala. 2014. Dirección de Incidencia Pública (DIP), Instituto de Estudios Ambientales y Recursos Naturales (IARNA); Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales (IDIES); Instituto de Transformación de Conflictos para la Construcción de la Paz (INTRAPAZ). Guatemala 31págs.
- Vautard, R. C. (2010). *Nature Geosci*. Recuperado el 19 de octubre de 2015, de <http://www.nature.com/news/>
- Vélez, Rafael. 2013. *Factibilidad de Sistemas De Micro y Mini Hidroeléctricas Comunitarias Rurales En El Azuay*. Tesis Universidad de Cuenca. Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas. 127 págs.
- Véliz, M. E. 2008. *Diversidad florística de Guatemala*. En *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*, de Azurdía, C., F. García y M. M. Ríos (editores). Ciudad de Guatemala, Oficina Técnica de Biodiversidad, Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Pp. 261-300.
- Véliz, M. E., et. al., 2013. *Determinación, caracterización y evaluación del estado actual y uso de las especies endémicas de Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Pp. 507-509.
- Ven Te Chow, D. R. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill.
- Vertua, N. 2015. Derecho Internacional. Extraído el 06 de septiembre de 2015 de: <http://www.dipublico.org/10360/convenio-de-la-organizacion-meteorologica-mundial-omm/>
- VI. Guatemala. 2009. Dirección General de Energía. *Subsector Eléctrico y las Energías Renovables en Guatemala*, Guatemala. Ministerio de Energía y Minas.

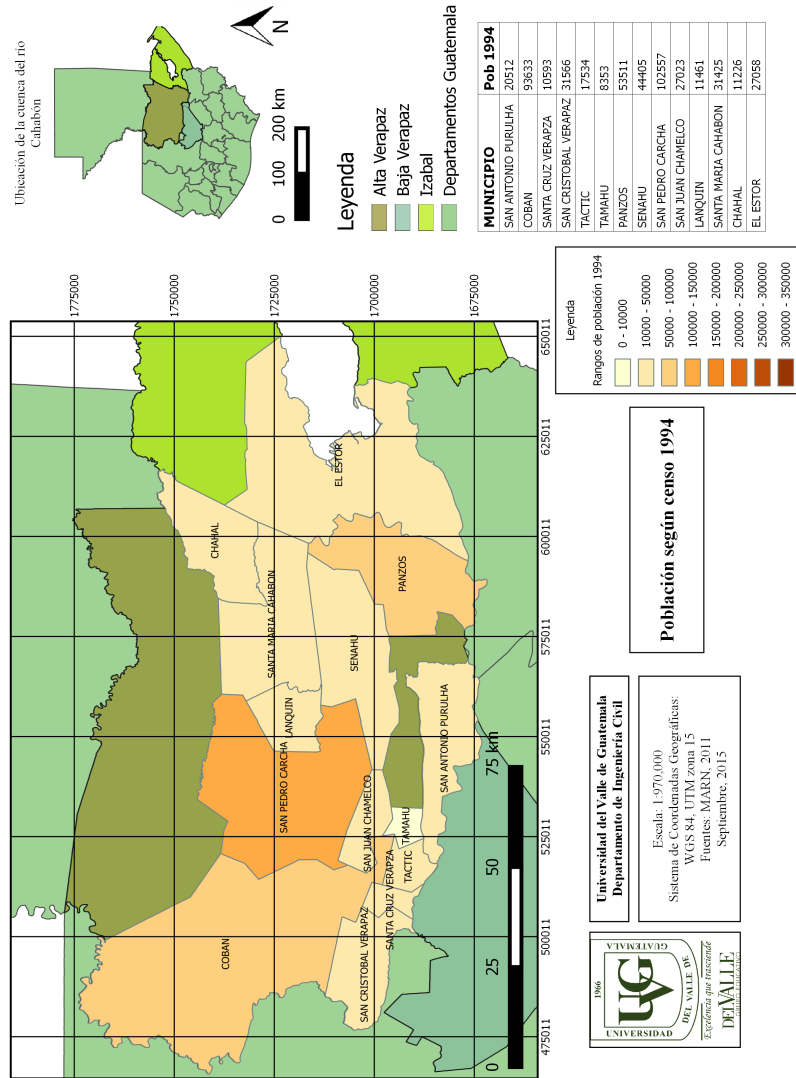
- Viasus, L. (septiembre de 2012). Manejo de cuencas hidrográficas. Obtenido de SlideShare: <http://es.slideshare.net/lviasusviasus/cuencas-reconocimiento>
- Vidal, C. y H. Romero. 2010. *Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Biobío y Andelién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la Ciudad de Concepción*. En: *Concepción metropolitana* (AMC), de L. Pérez e R. Hidalgo (editores). Serie Geolibros, Santiago de Chile, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad de Chile. Pp. 1 – 3.
- Vigiak, O., et. al. 2007. «Filtrado de los agentes contaminantes del agua por la vegetación ribereña: comparación del bambú con las pasturas nativas y el arroz en una cuenca en la República Popular Lao». *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales* [Italia]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. 58 (229): 11-16. En: <http://www.fao.org/docrep/010/a1598s/a1598s00.htm>. [Con acceso: 1 marzo, 2015].
- Villareal, J. 2000. *Cucunubá: modelo para un desarrollo sostenible*. Bogotá, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Pp. 12-14.
- Villaroel, Luis. 2013. *Diseño de Válvula de Admisión Tipo Mariposa Con Diámetro Nominal de 750mm Para Una Central Hidroeléctrica De 34.7m De Salto Neto*. Tesis Universidad Católica del Perú. Perú, Facultad de Ingeniería. 118 págs.
- Villatoro, B., et. al. 2009. *Zonificación Agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la Costa Sur de Guatemala, Primera aproximación*. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Ingenio Pantaleón, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Pp. 226-239. En: <http://www.cengicana.org/es/publicaciones/memorias/memorias/Memoria-Presentación-de-Resultados-de-Investigación-2011-2012/4.Agronom%C3%ADa/SIG/Caracterización-de-la-Zonificación-Agroecológica-de-la-Zona-Cañera-de-la-Costa-Sur-de-Guatemala.-Una-Herramienta-para-su-Ubicación-y-Análisis/> [Con acceso: 27 de mayo, 2015].
- Villegas, M. (1990). *Aspectos generales del clima. Guatemala*. INSIVUMEH.
- Villón, M. (2002). *Hidrología* (Segunda Edición ed.). (E. Villón, Ed.) Costa Rica: MaxSoft.
- Visita a Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Curso de Hidrología. Universidad del Valle de Guatemala. Visitado el 11 de agosto de 2014.
- Welcomme, R. L. 1980. *Cuencas Fluviales*. Roma, Documentos Técnico de Pesca, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (202): 62 pp.
- Whiteman, D. (2000). *Meteorología de Montaña: Fundamentos y Aplicaciones*. Oxford University Press.
- Winograd, M. 1995. *Indicadores ambientales para Latinoamérica y el Caribe: hacia la sustentabilidad en el uso de tierras*. Grupo de Análisis de Sistemas Ecológicos, Instituto de Recursos Mundiales, Organización de los Estados Americanos. Pp. 6-9.
- Wisler, C. O. (1976). *HYDROLOGY* (Second Edition ed.). Michigan, United States: Jon Wiley & Sons.
- World Meteorological Organization (WMO). 2010. WMO-No. 544. Manual on the global observing system. Volumen I – Global aspects.

- World Meteorological Organization (WMO). 2013. WMO-No. 8. Guide to meteorological instruments and methods of observation.
- World Meteorological Organization (WMO). 2014. Observation components of the global observing system. [Suiza]. Extraído el 04 de septiembre de 2015 de: <https://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Gos-components.html>
- World Vision. (s.f). *Manual de Manejo de Cuencas*. Recuperado el 20 de abril de 2015, de <http://www.slideshare.net/gatitolascano/manual-de-manejodecuencasvisionmundialmod>
- Wunder, S. (2006). *Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales*. Jakarta: Centro Internacional de Investigación Forestal.
- Zavoianu, I. (1978). *Morphometry of Drainage Basins* (2da Edición ed.). Bucharest: Academiei Republicii Socialiste Romania.

# XX. APÉNDICE

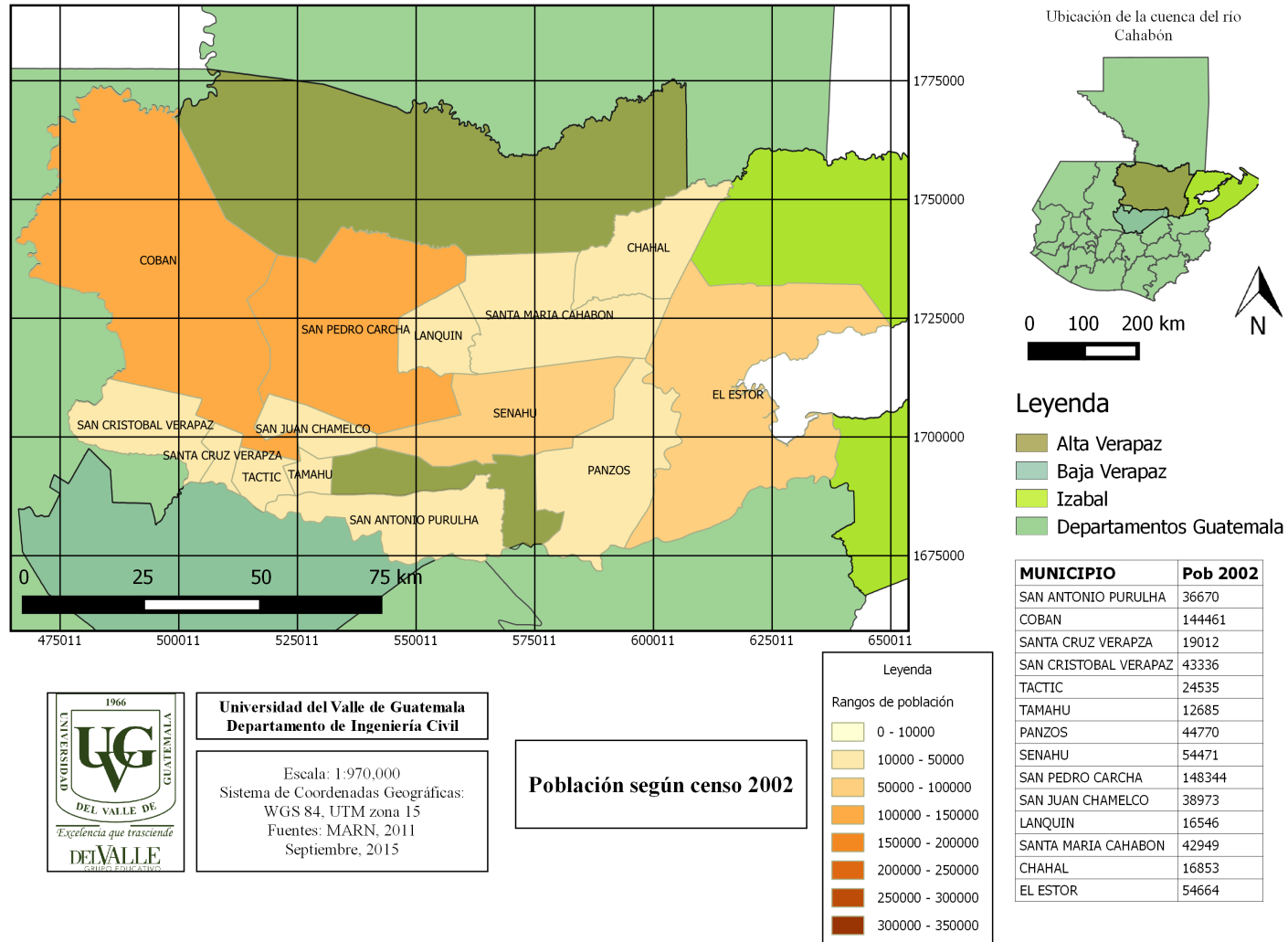
## A. MAPAS.

Mapa 1. Población según censo de 1994.



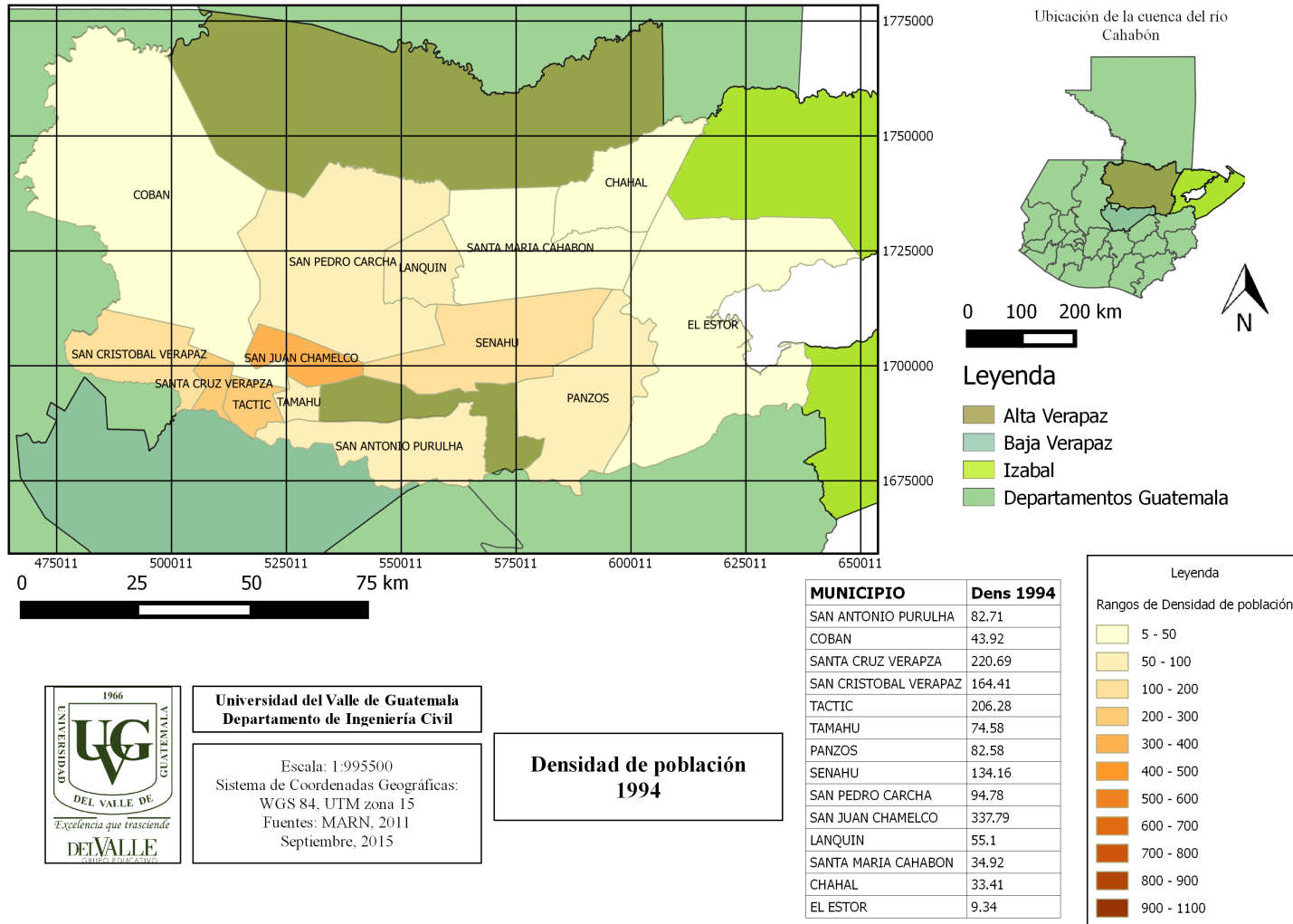
Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 2. Población según censo de 2002.



Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 3. Densidad de población para 1994.



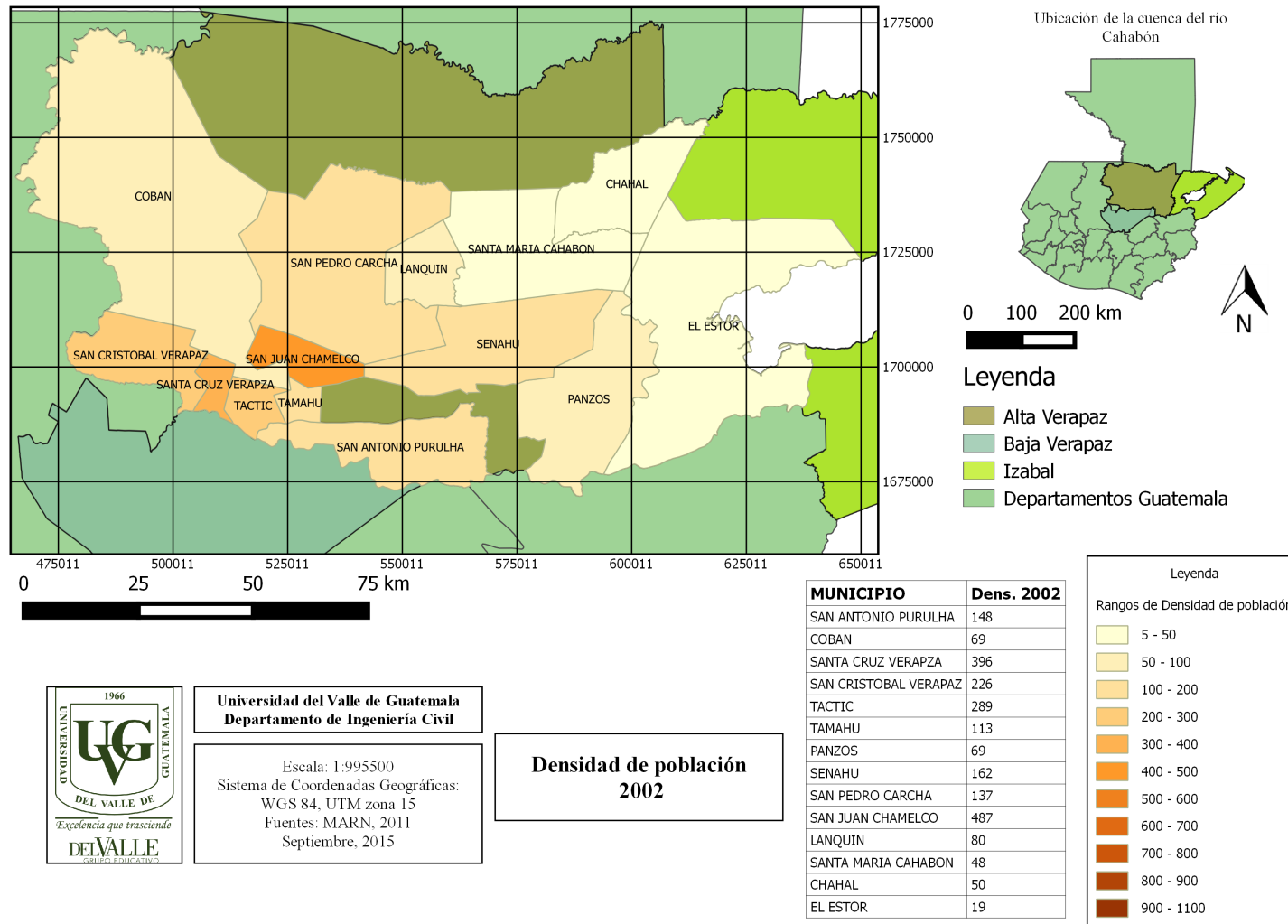
Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:995500  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MARN, 2011  
Septiembre, 2015

**Densidad de población  
1994**

Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 4. Densidad de población para 2002.



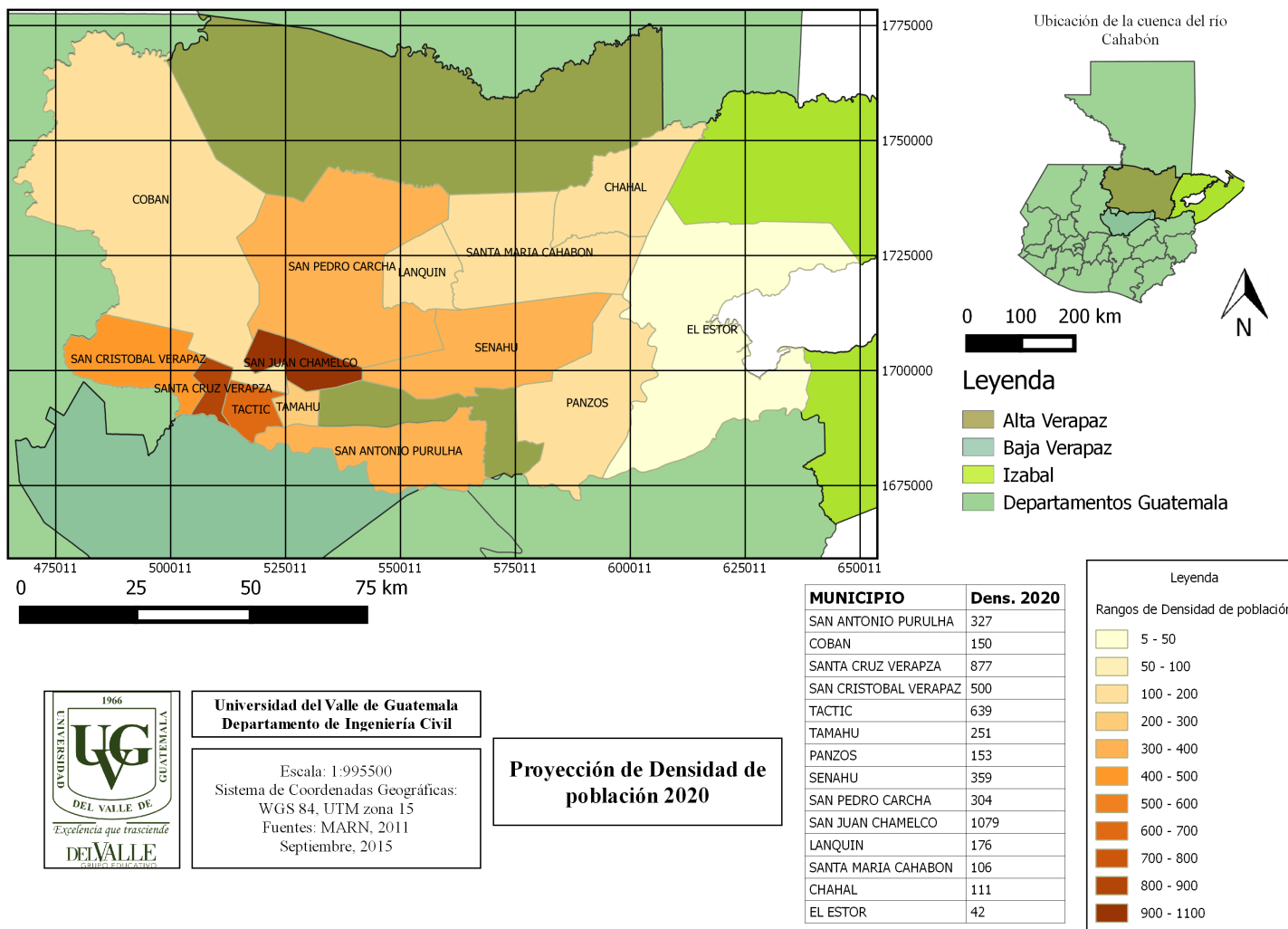
Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:995500  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MARN, 2011  
Septiembre, 2015

**Densidad de población  
2002**

Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 5. Proyección de densidad de población para 2020.



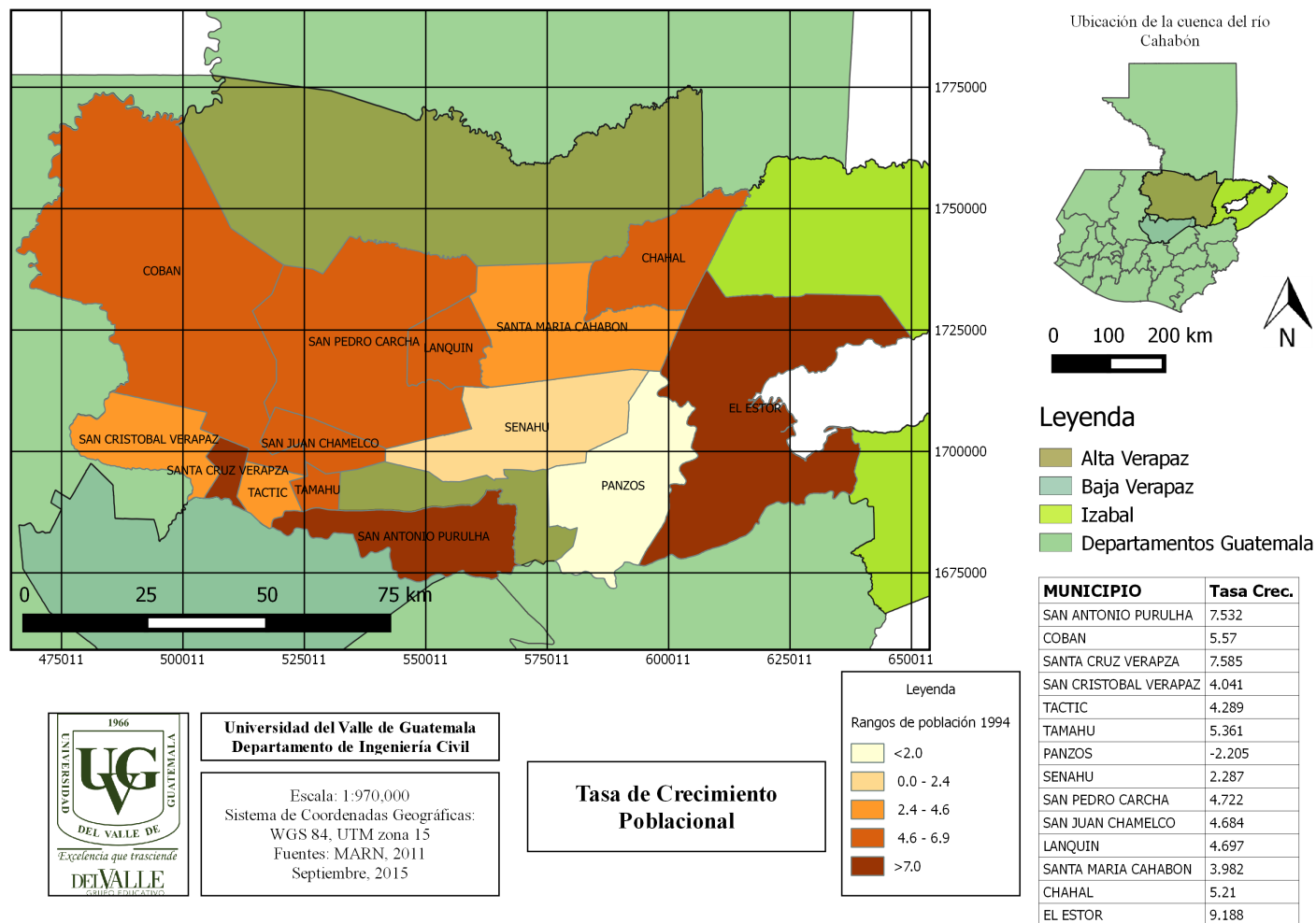
Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:995500  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MARN, 2011  
Septiembre, 2015

**Proyección de Densidad de población 2020**

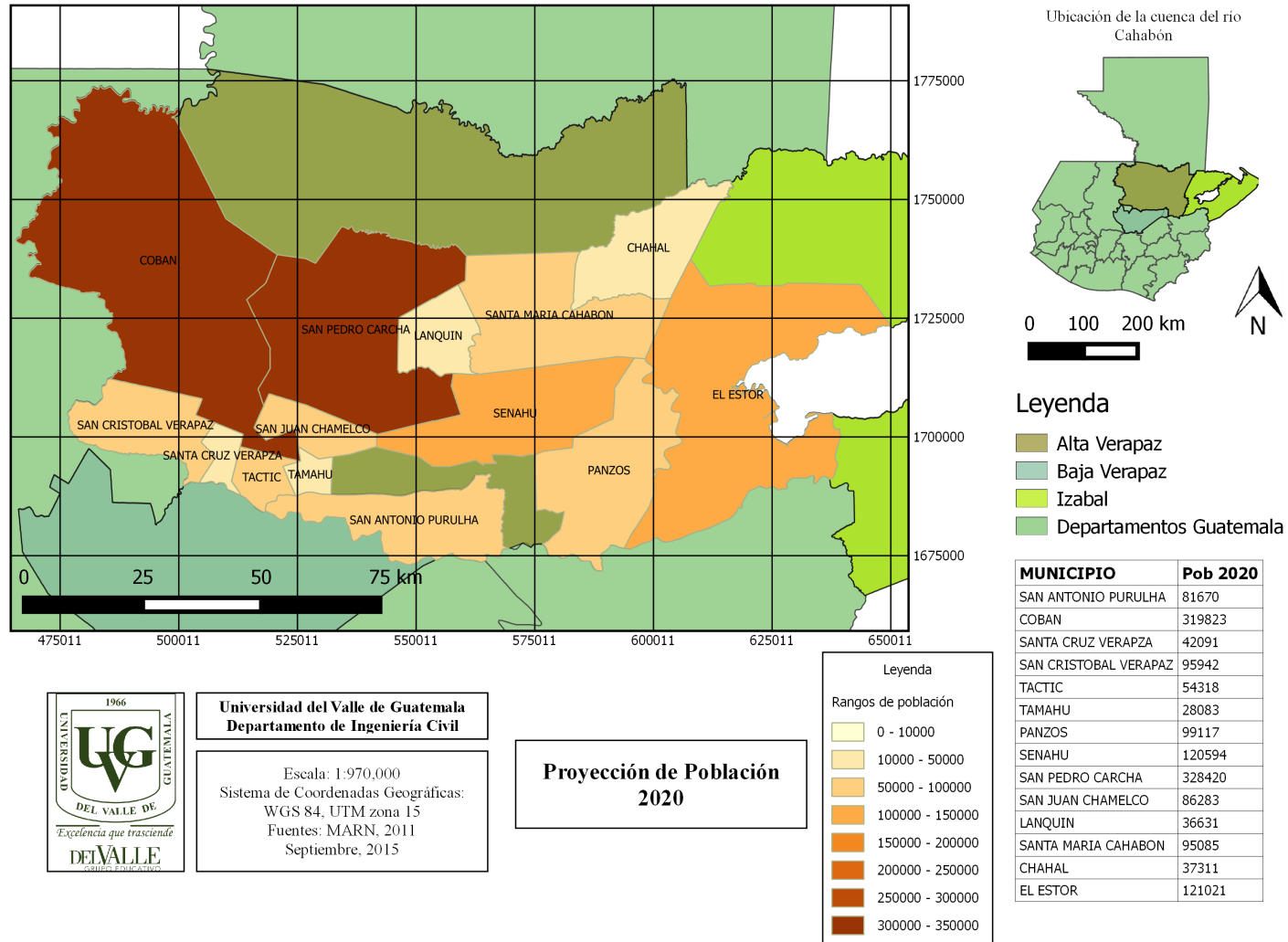
Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 6. Tasa de crecimiento poblacional por municipio.



Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 7. Proyección de población para 2020.



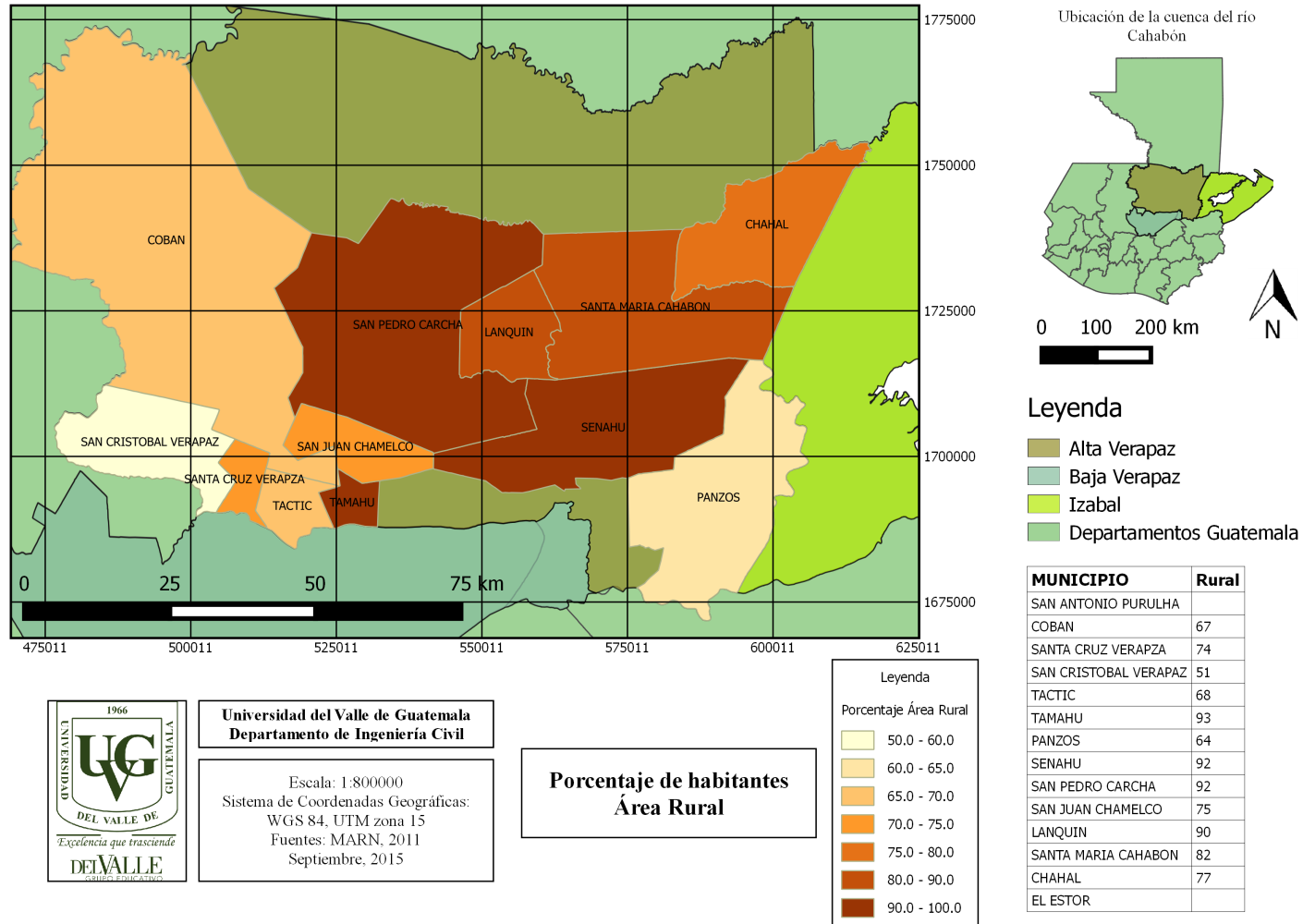
Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:970,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MARN, 2011  
Septiembre, 2015

Proyección de Población  
2020

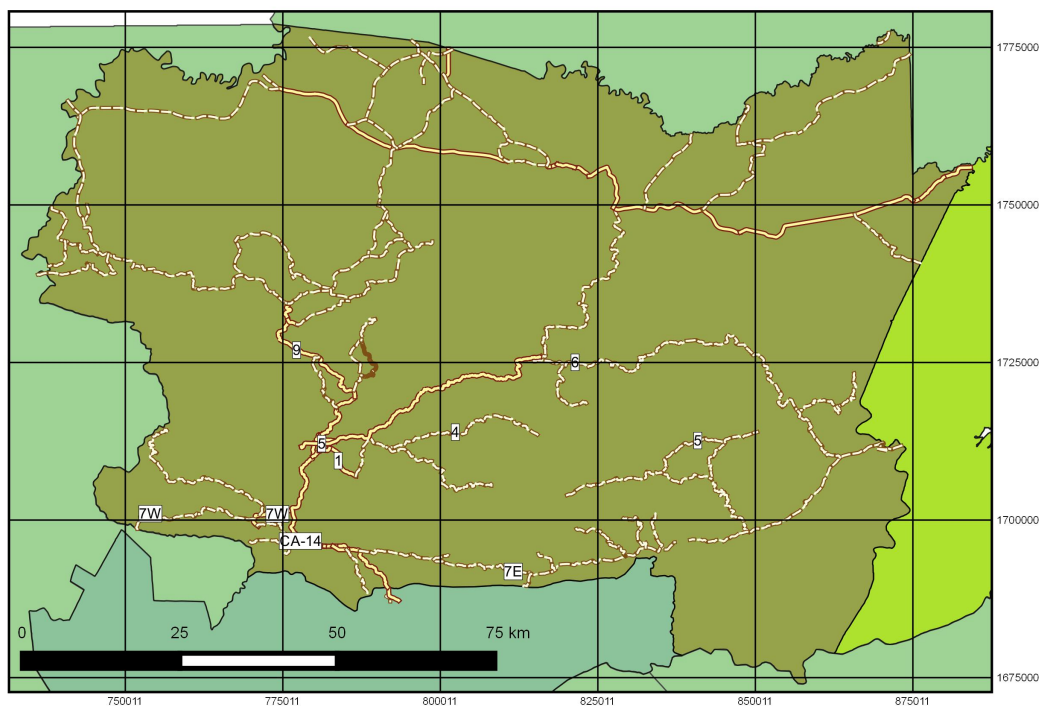
Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 8. Porcentaje de habitantes del área rural.

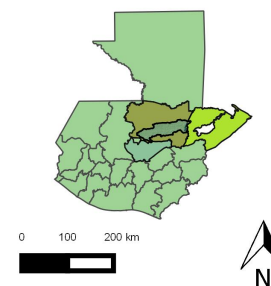


Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 9. Red vial del departamento de Alta Verapaz.



Ubicación de la cuenca del río Cahabón



Nombre	Tipo	Largo (km)
1	Asfaltado	7.99
4	No Asfaltado	35.68
5	Asfaltado	85.26
5	No Asfaltado	92.76
6	No Asfaltado	41.59
7E	No Asfaltado	104.43
7W	Asfaltado	8.69
7W	No Asfaltado	34.72
9	Asfaltado	42.95
CA-14	Asfaltado	41.72
Sin dato	Asfaltado	56.45
Sin dato	Asfaltado	44.98
Sin dato	No Asfaltado	38.91
Sin dato	No Asfaltado	481.77
Sin dato	No Asfaltado	101.75
Sin dato	No Asfaltado	123.49
Sin dato	No Asfaltado	14.21

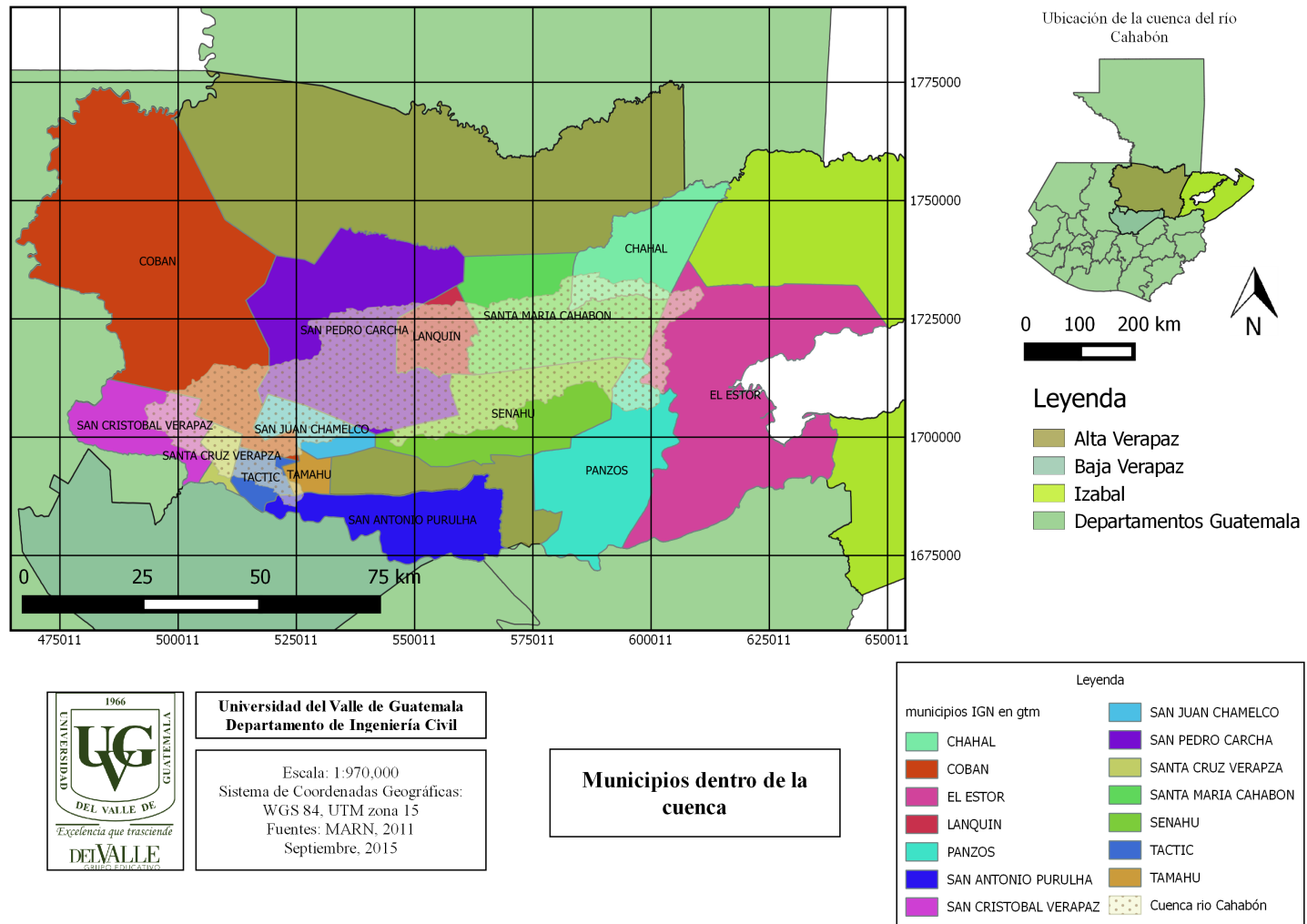


**Universidad del Valle de Guatemala**  
**Departamento de Ingeniería Civil**  
 Escala: 1:800,000  
 Sistema de Coordenadas Geográficas:  
 WGS 84, UTM zona 15  
 Fuentes: MAGA, 2005; IGN, 2009  
 Agosto, 2015

Leyenda	
<b>Vías de comunicación</b>	Alta Verapaz
— Carreteras asfaltadas	Izabal
- - - Carreteras no asfaltadas	Baja Verapaz

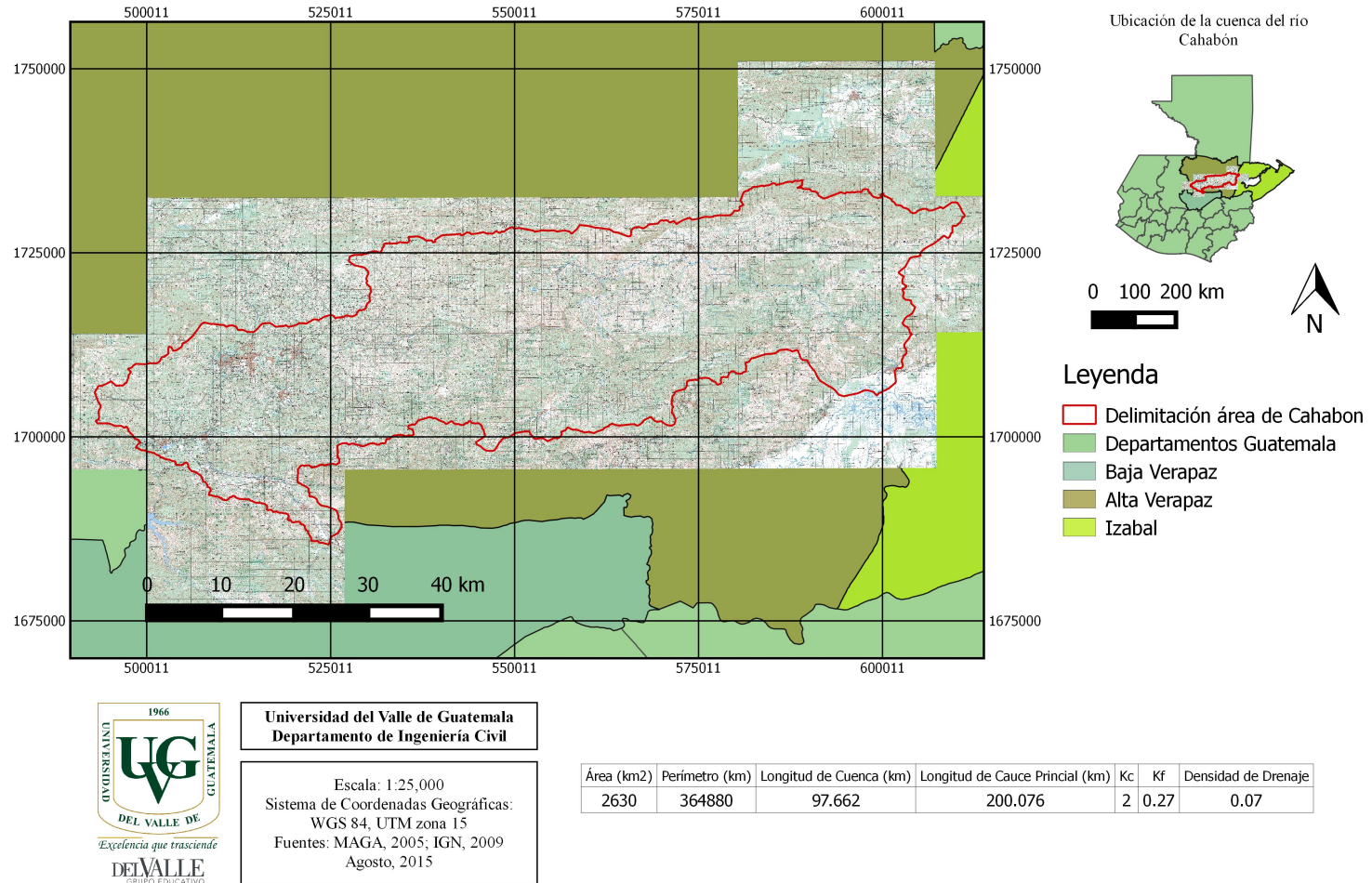
Fuente: Elaborado con información de MAGA, 2005 e IGN, 2009.

Mapa 10. Municipios que forman parte de la cuenca del río Cahabón.



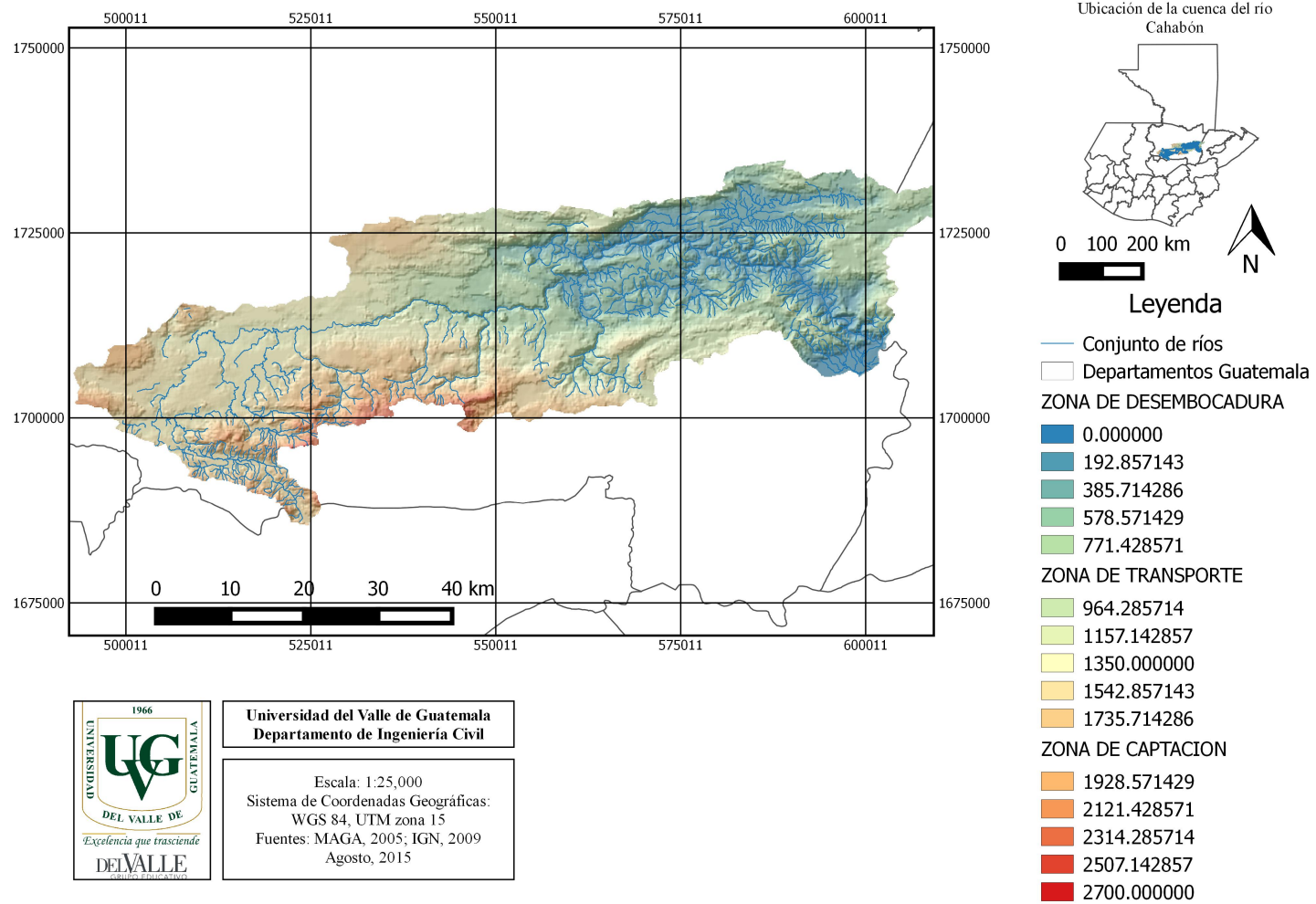
Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 11. Delimitación de la cuenca con base en curvas de nivel.



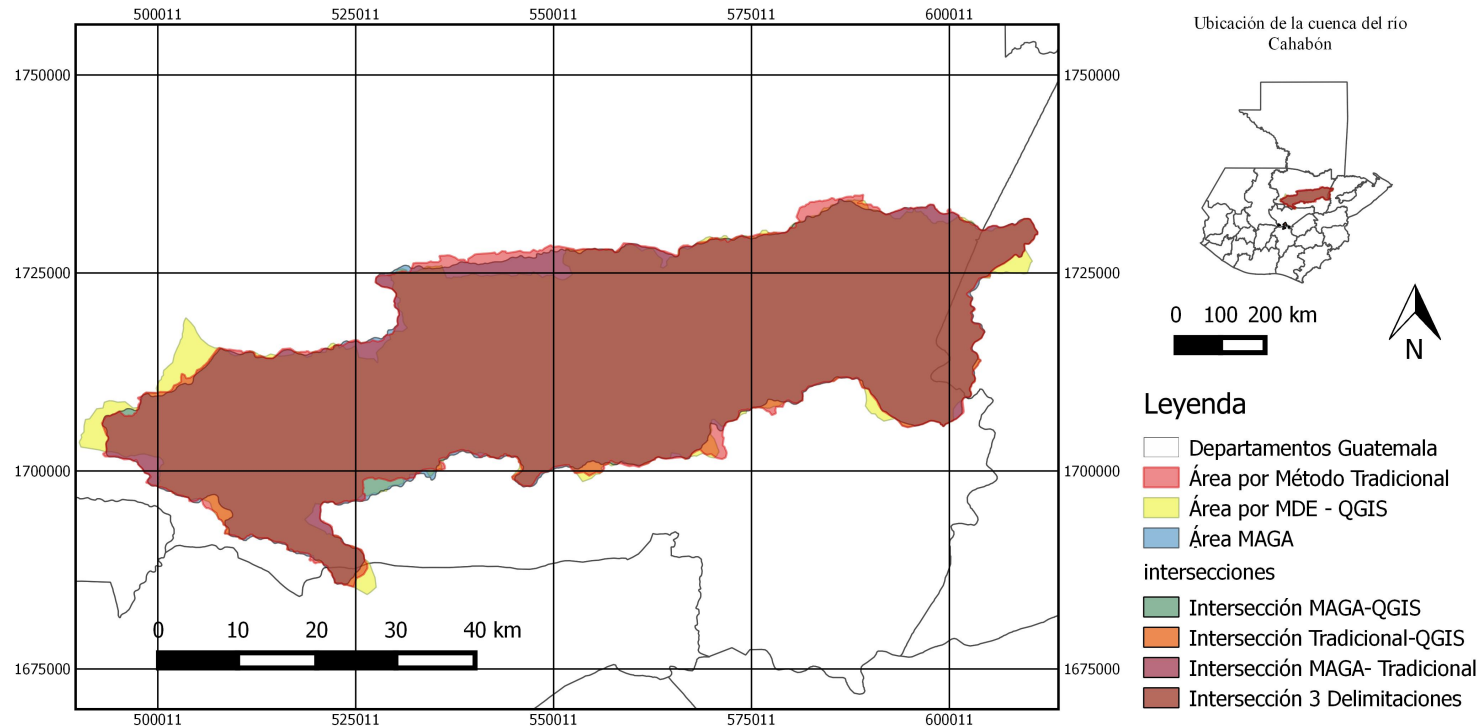
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 12. Zonas de captación, transporte y desembocadura de la cuenca.



Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 13. Comparación de áreas delimitadas por MAGA, UVG método tradicional, UVG método QGIS-GRASS.



Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:25,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MAGA, 2005; IGN, 2009  
Agosto, 2015

**Método Tradicional**

AREA (km <sup>2</sup> )	PERIMETRO (km)
2630	364.88

**Método MDE - QGIS**

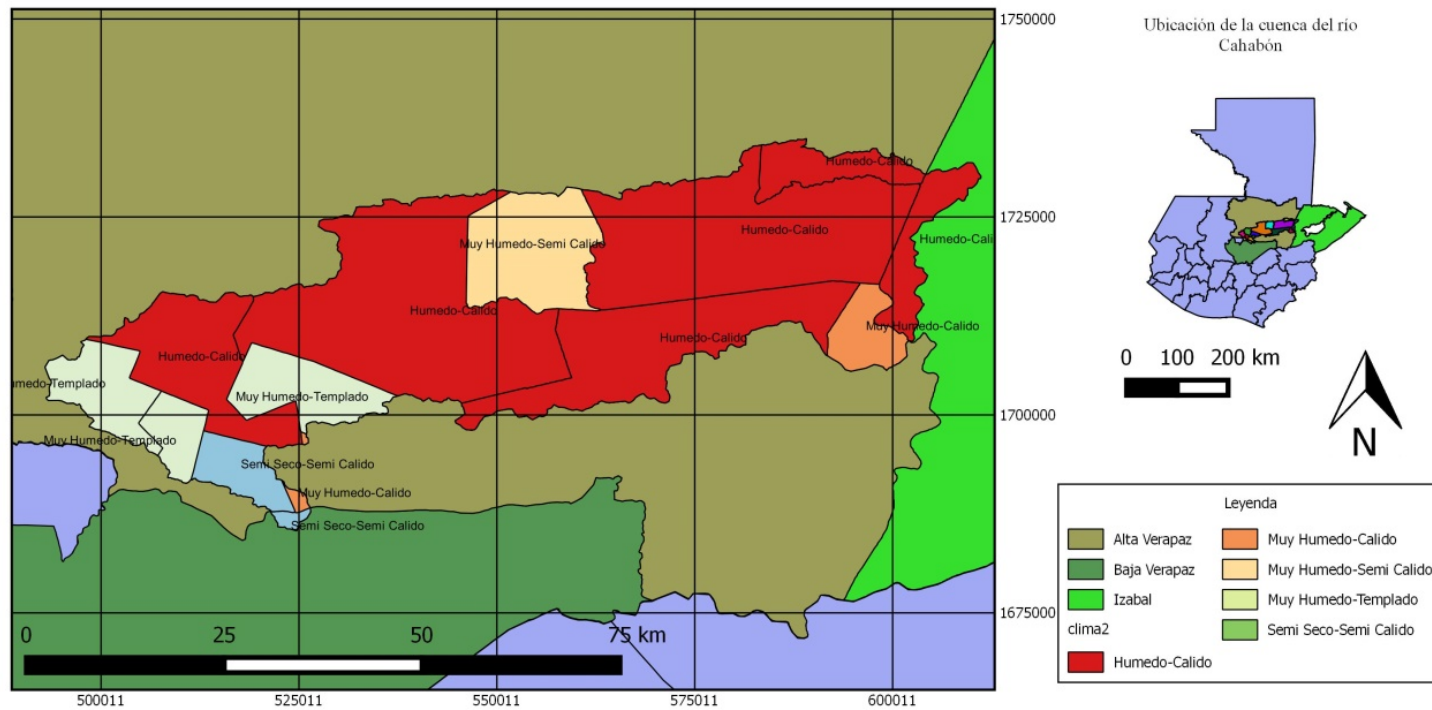
AREA (km <sup>2</sup> )	PERIMETRO (km)
2563.83	391.76

**MAGA**

AREA (km <sup>2</sup> )	PERIMETRO (km)
2560.248531	346.134235

Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 14. Clasificación climática de los municipios de la cuenca del río Cahabón.



Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

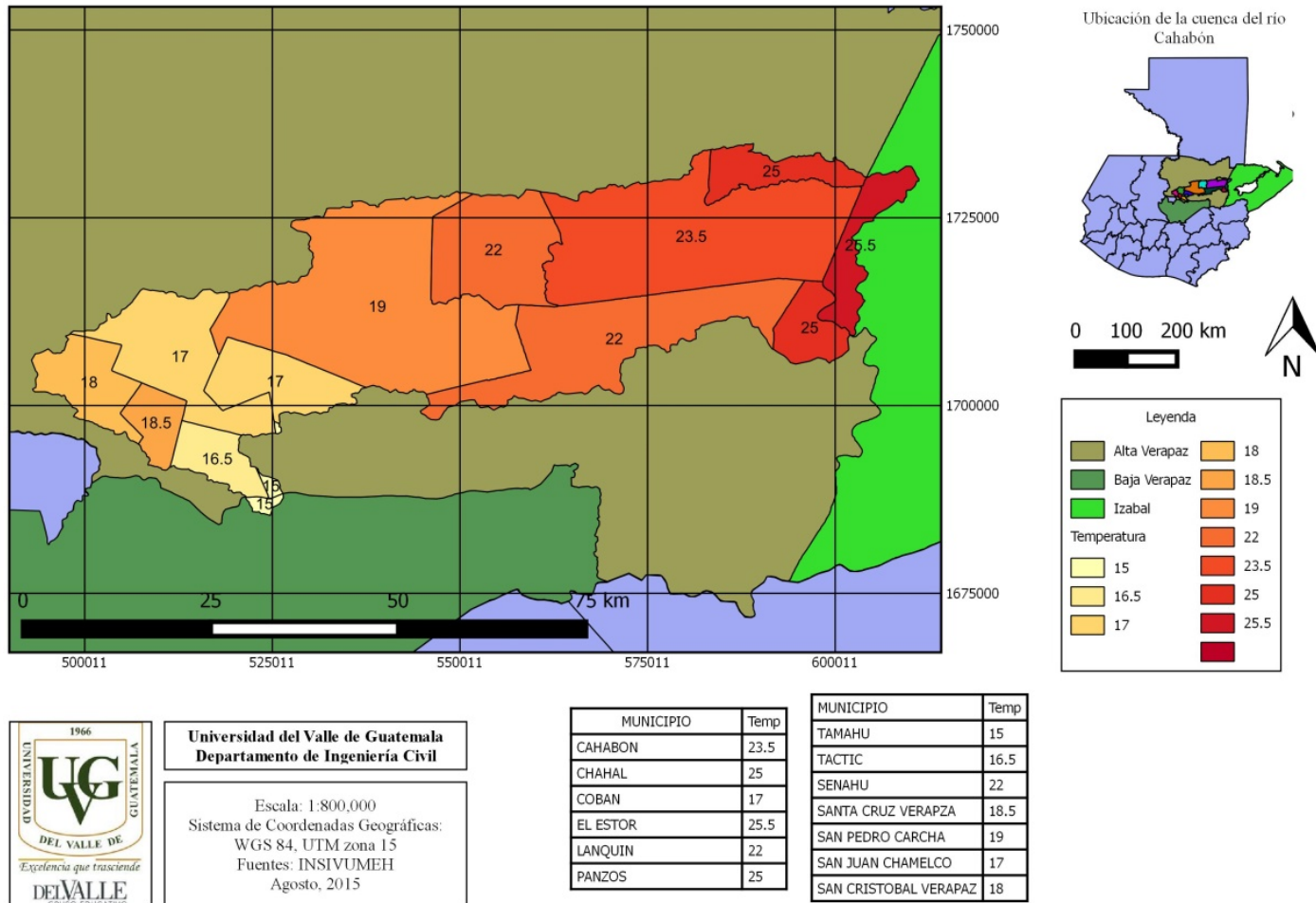
Escala: 1:800,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: INSIVUMEH  
Agosto, 2015

MUNICIPIO	Clima
CAHABON	Humedo-Calido
CHAHAL	Humedo-Calido
COBAN	Humedo-Calido
EL ESTOR	Humedo-Calido
LANQUIN	Muy Humedo-Semi Calido
PANZOS	Muy Humedo-Calido
PURULHA	Semi Seco-Semi Calido

MUNICIPIO	Clima
TAMAHU	Muy Humedo-Calido
TACTIC	Semi Seco-Semi Calido
SENAHU	Humedo-Calido
SANTA CRUZ VERAPZA	Muy Humedo-Templado
SAN PEDRO CARCHA	Humedo-Calido
SAN JUAN CHAMELCO	Muy Humedo-Templado
SAN CRISTOBAL VERAPAZ	Muy Humedo-Templado

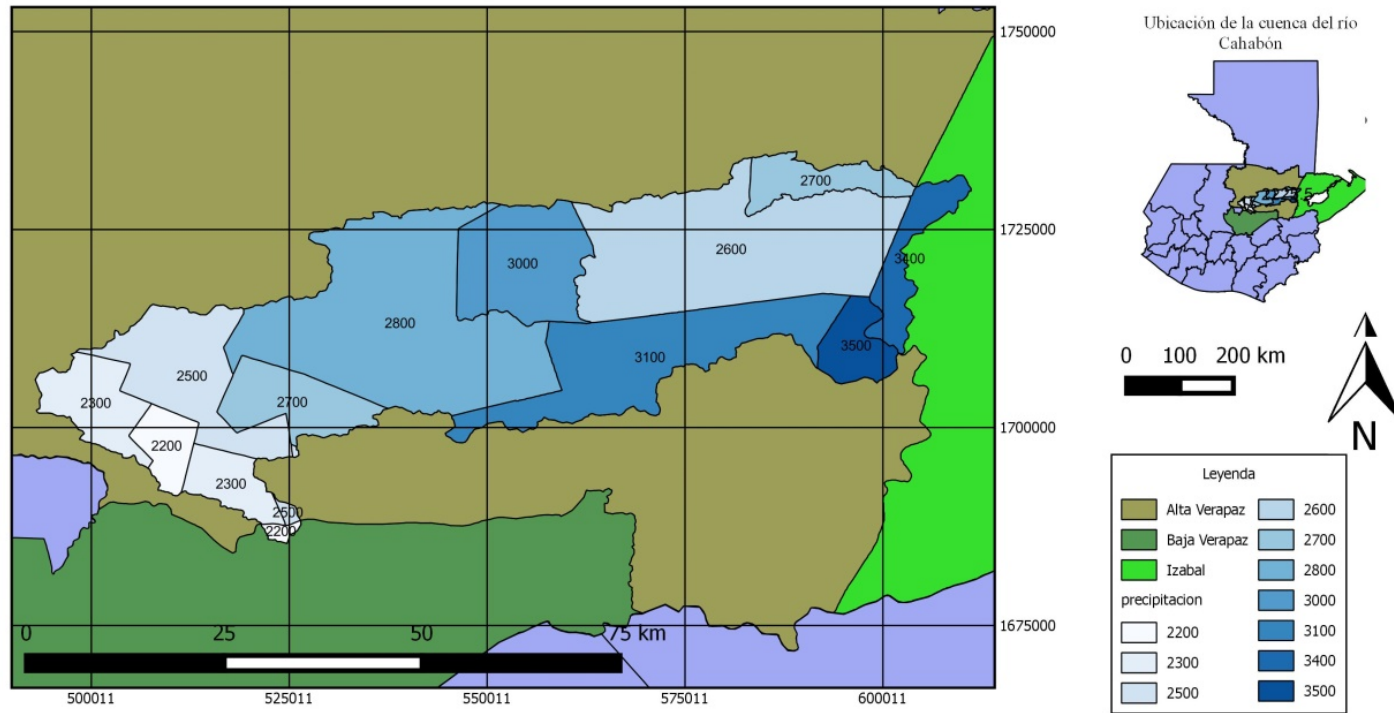
Fuente: Elaborado con información de INSIVUMEH, 2012.

Mapa 15. Temperatura en los municipios de la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

Mapa 16. Precipitación en los municipios de la cuenca del río Cahabón.



**Universidad del Valle de Guatemala**  
**Departamento de Ingeniería Civil**

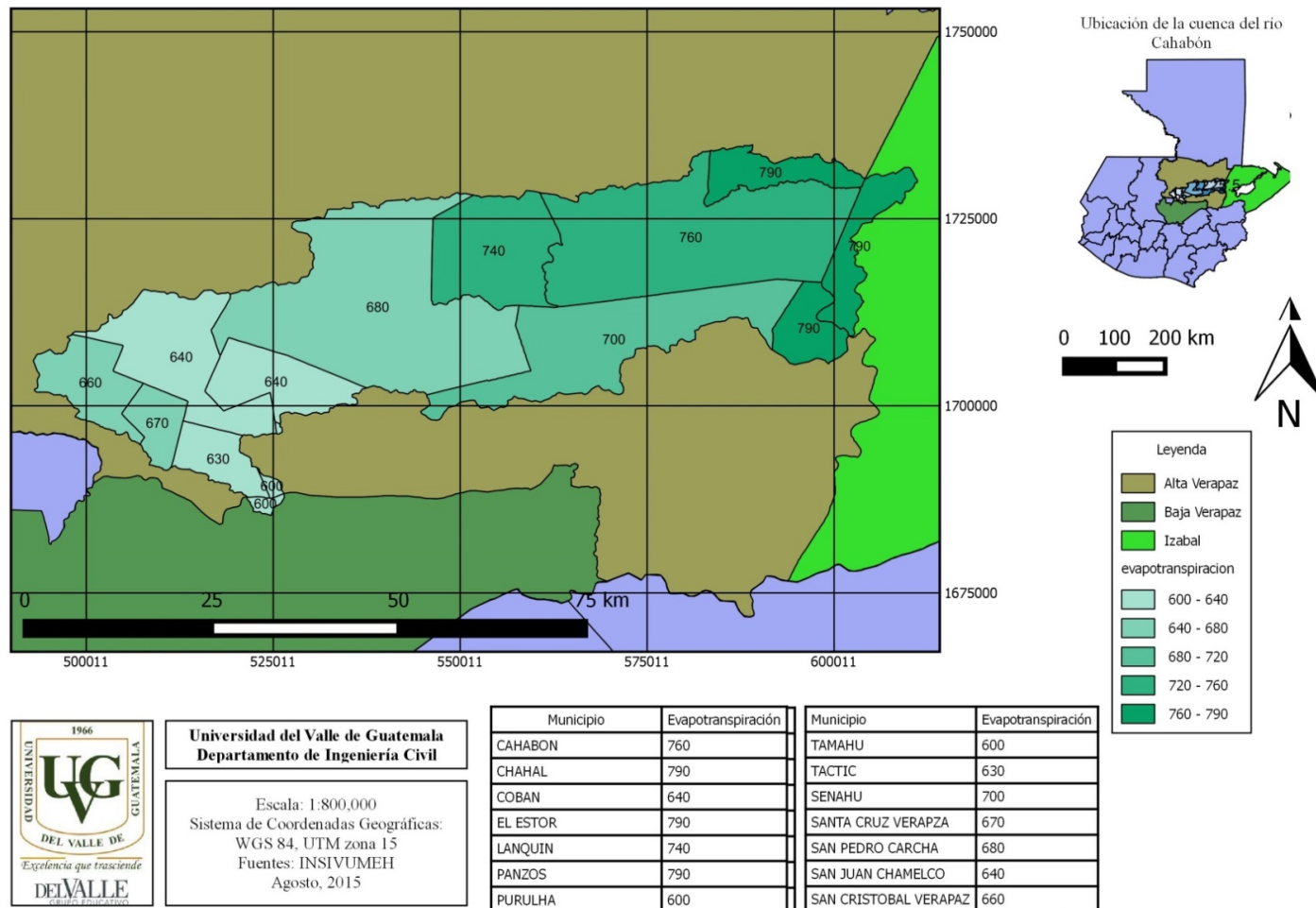
Escala: 1:800,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: INSIVUMEH  
Agosto, 2015

MUNICIPIO	Precipi
CAHABON	2600
CHAHAL	2700
COBAN	2500
EL ESTOR	3400
LANQUIN	3000
PANZOS	3500
PURULHA	2200

MUNICIPIO	Precipi
TAMAHU	2500
TACTIC	2300
SENAHU	3100
SANTA CRUZ VERAPZA	2200
SAN PEDRO CARCHA	2800
SAN JUAN CHAMELCO	2700
SAN CRISTOBAL VERAPAZ	2300

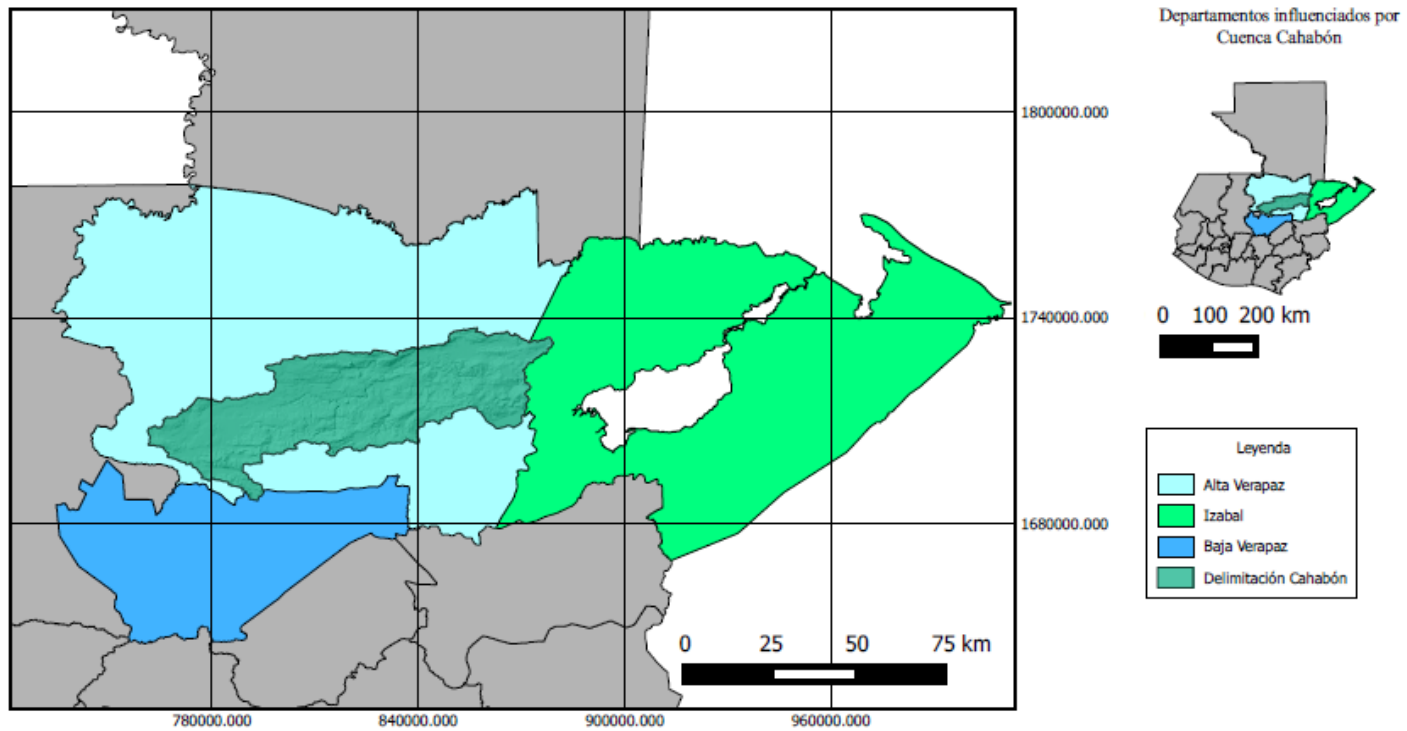
Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

Mapa 17. Evapotranspiración de los municipios de la Cuenca del Río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información del INSIVUMEH, 2012.

Mapa 18. Delimitación de la cuenca del río Cahabón,

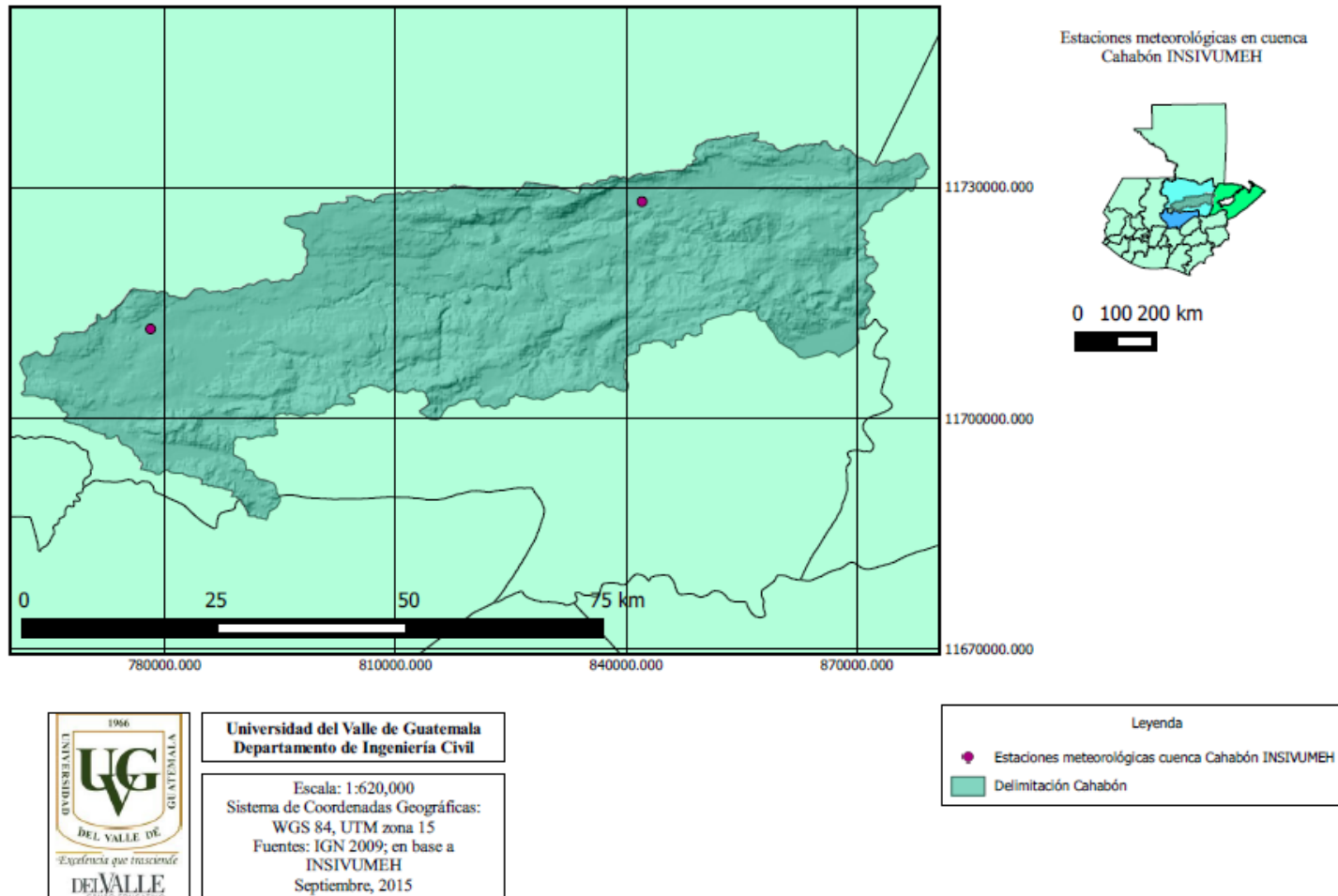


**Universidad del Valle de Guatemala**  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:500,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: IGN 2009; en base a  
INSIVUMEH  
Septiembre, 2015

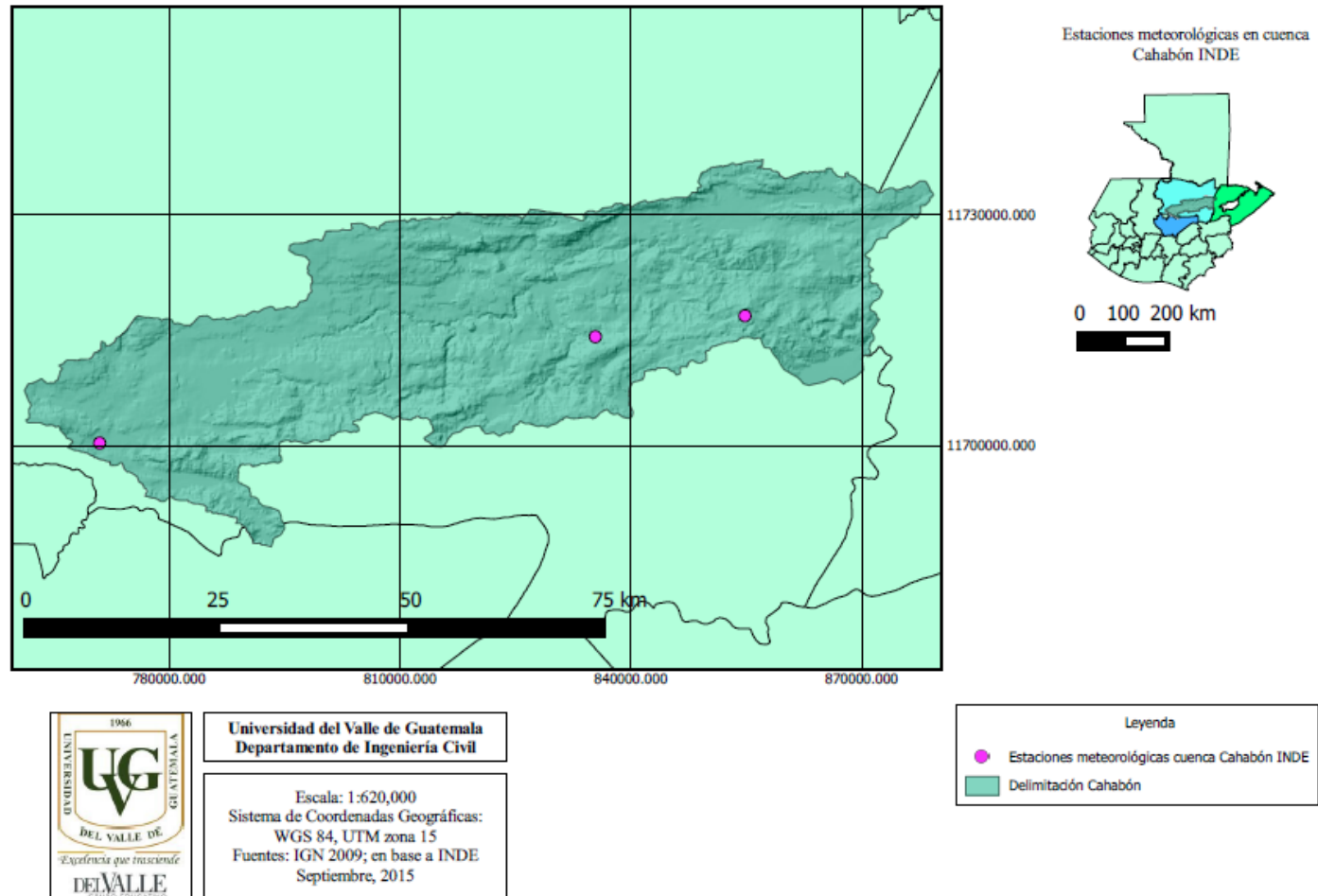
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 19. Estaciones meteorológicas del INSIVUMEH dentro de la cuenca, activas al año 2015.



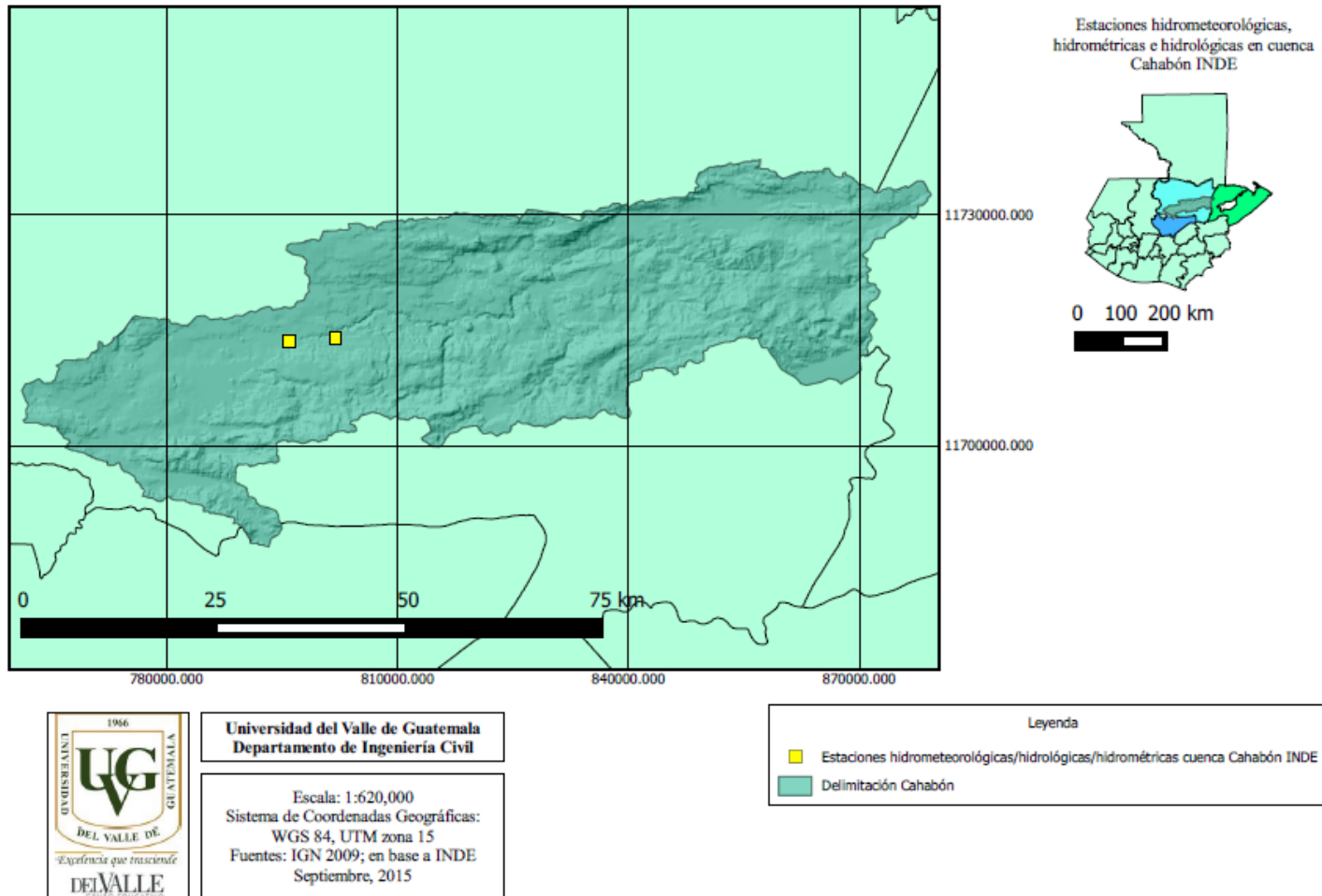
Fuente: Elaborado con información de INSIVUMEH, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 20. Estaciones meteorológicas del INDE dentro de la cuenca, activas al año 2015.



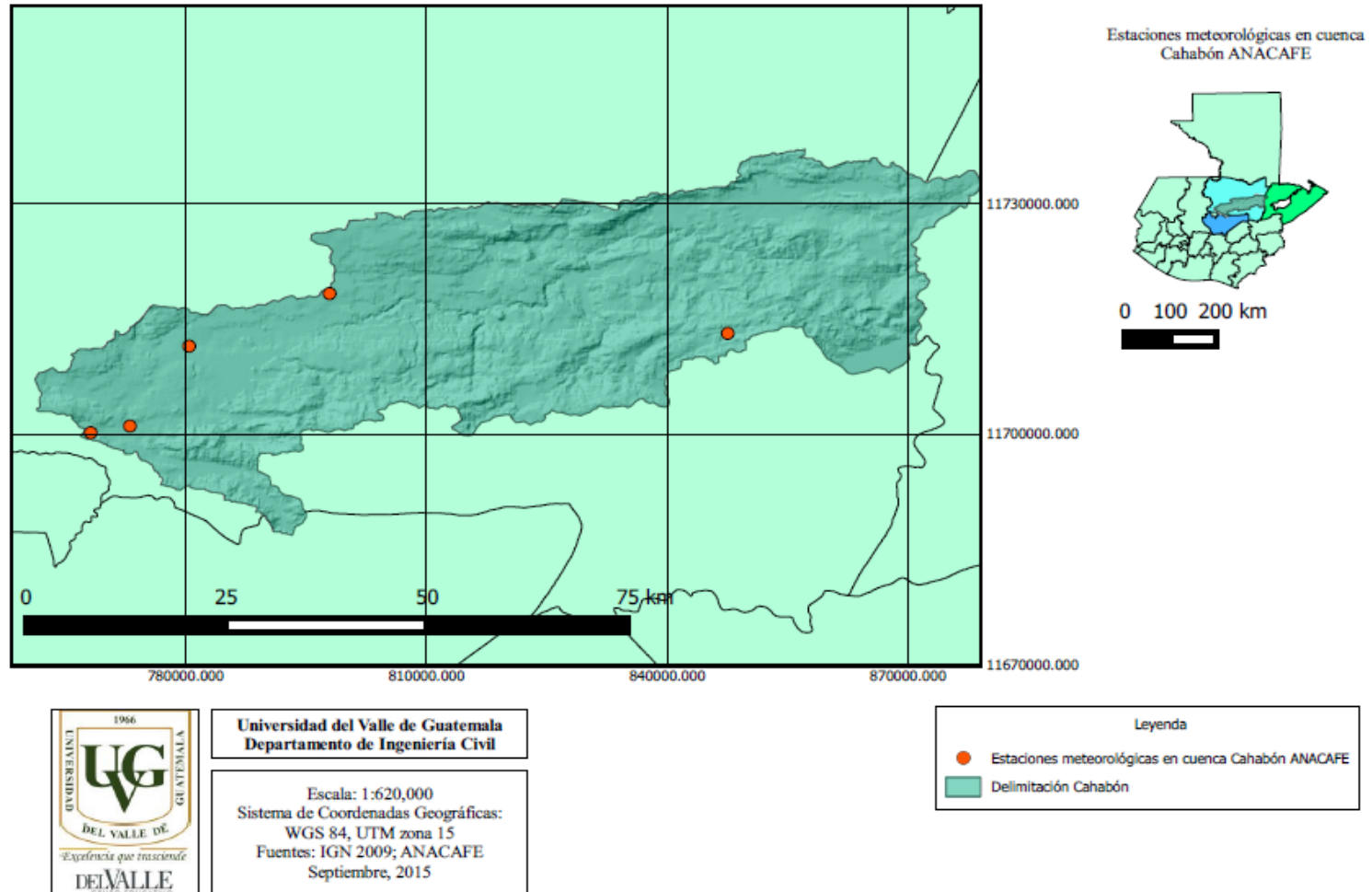
Fuente: Elaborado con información de INDE, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 21. Estaciones hidrometeorológicas, hidrométricas e hidrológicas del INDE dentro de la cuenca, activas al año 2015.



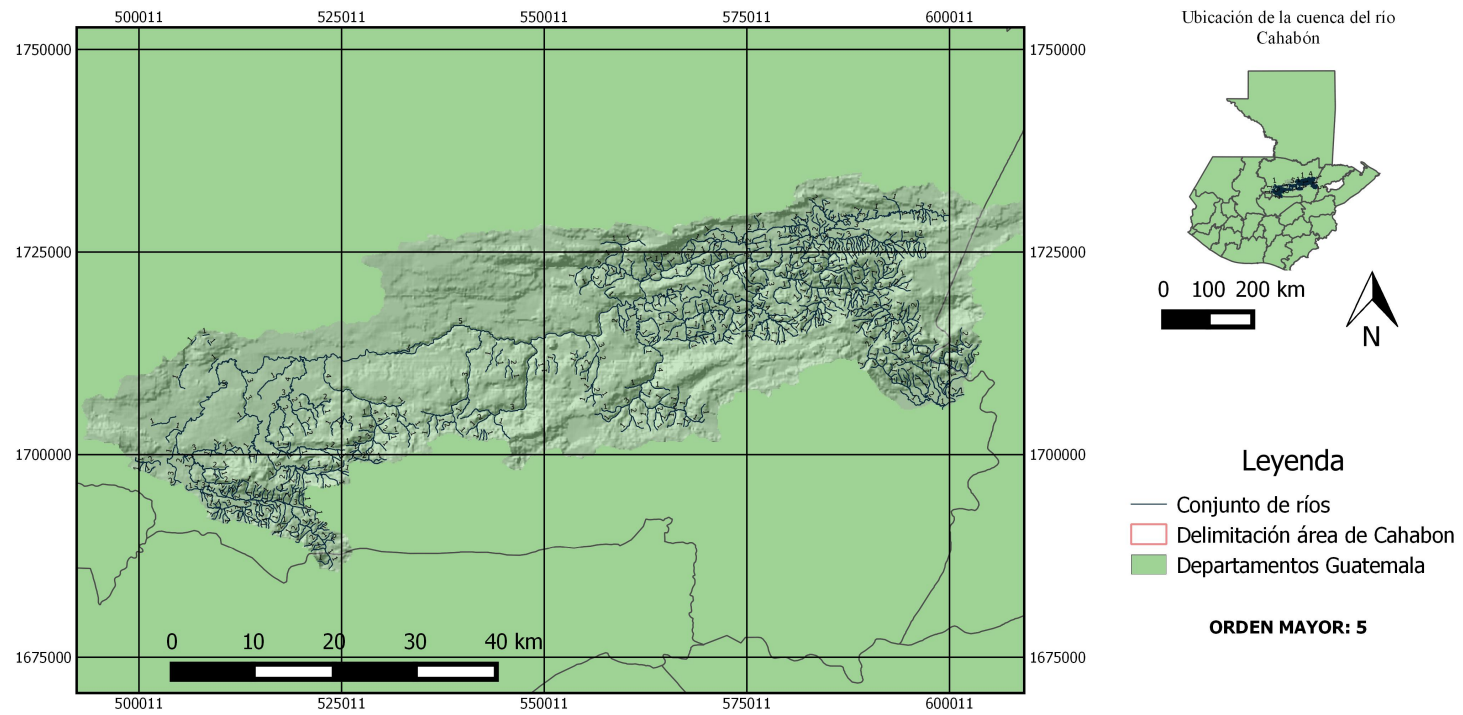
Fuente: Elaborado con información de INDE, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 22. Estaciones meteorológicas de ANACAFÉ dentro de la cuenca, activas al año 2015.



Fuente: Elaborado con información de ANACAFÉ, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 23. Número de orden ríos dentro de la cuenca Cahabón, delimitación de la cuenca con base en curvas de nivel.

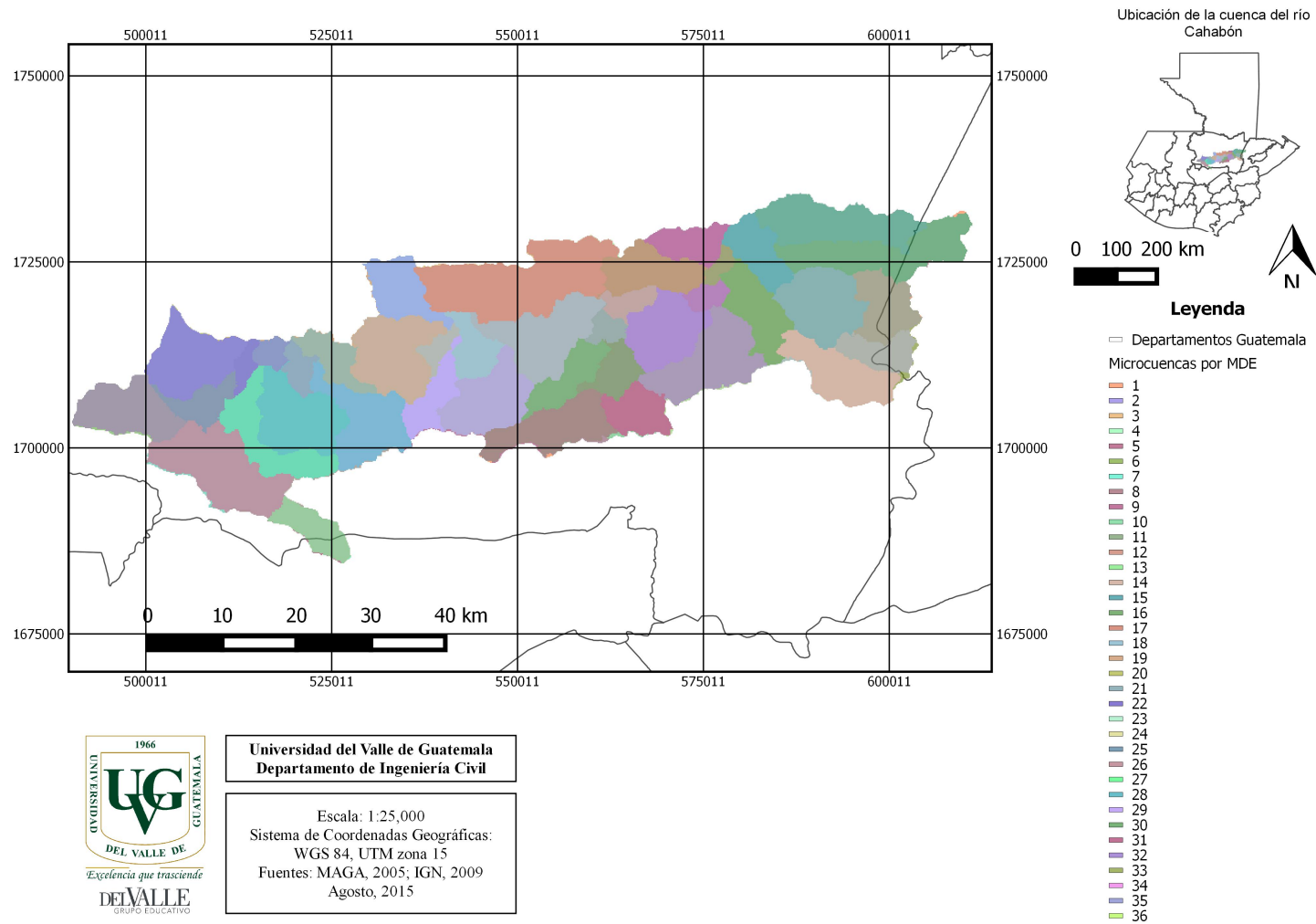


Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:25,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MAGA, 2005; IGN, 2009  
Agosto, 2015

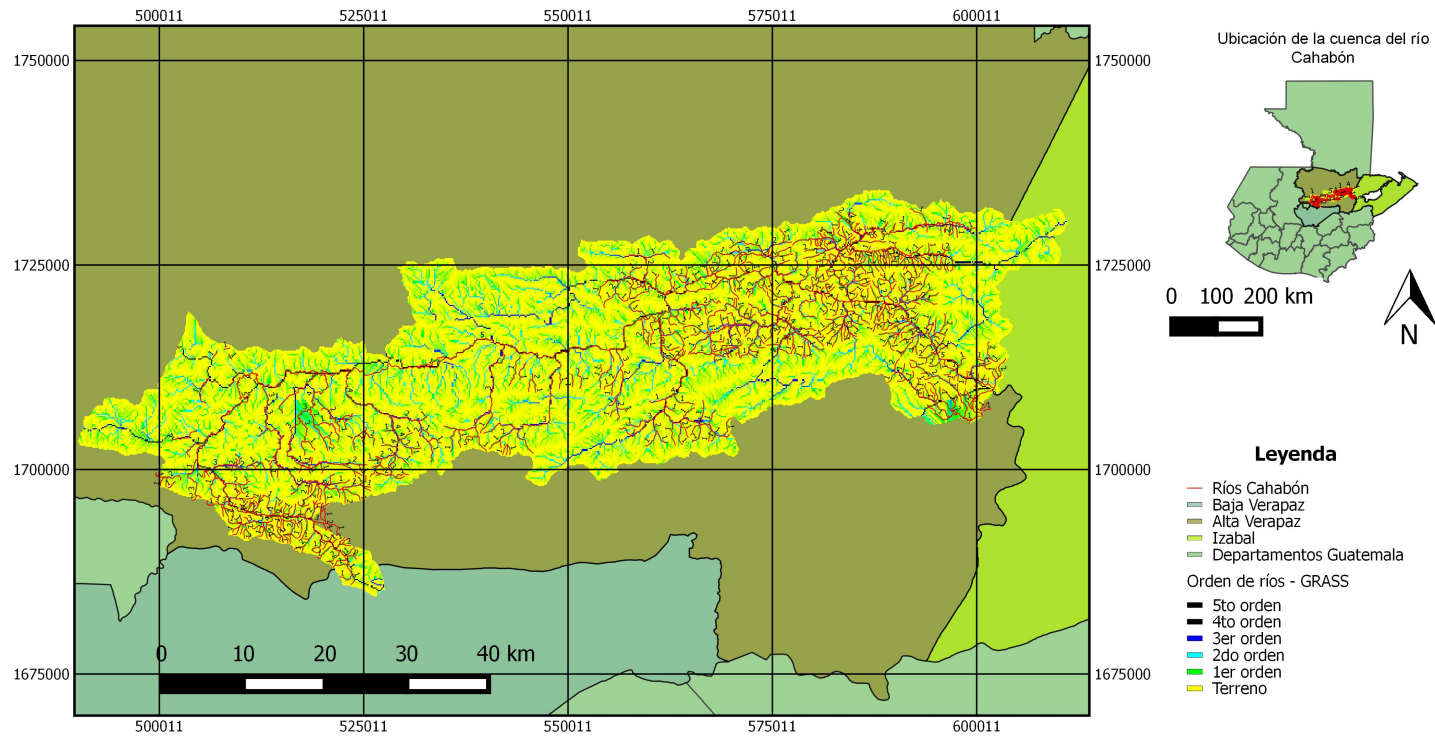
Fuente: Elaborado con información IGN, 2009.

Mapa 24. División en microcuencas, según QGIS-GRASS.



Fuente: Elaborado con información IGN, 2009.

Mapa 25. Comparación del sistema hídrico por método tradicional vs. obtenido por análisis de MDE, según QGIS-GRASS.

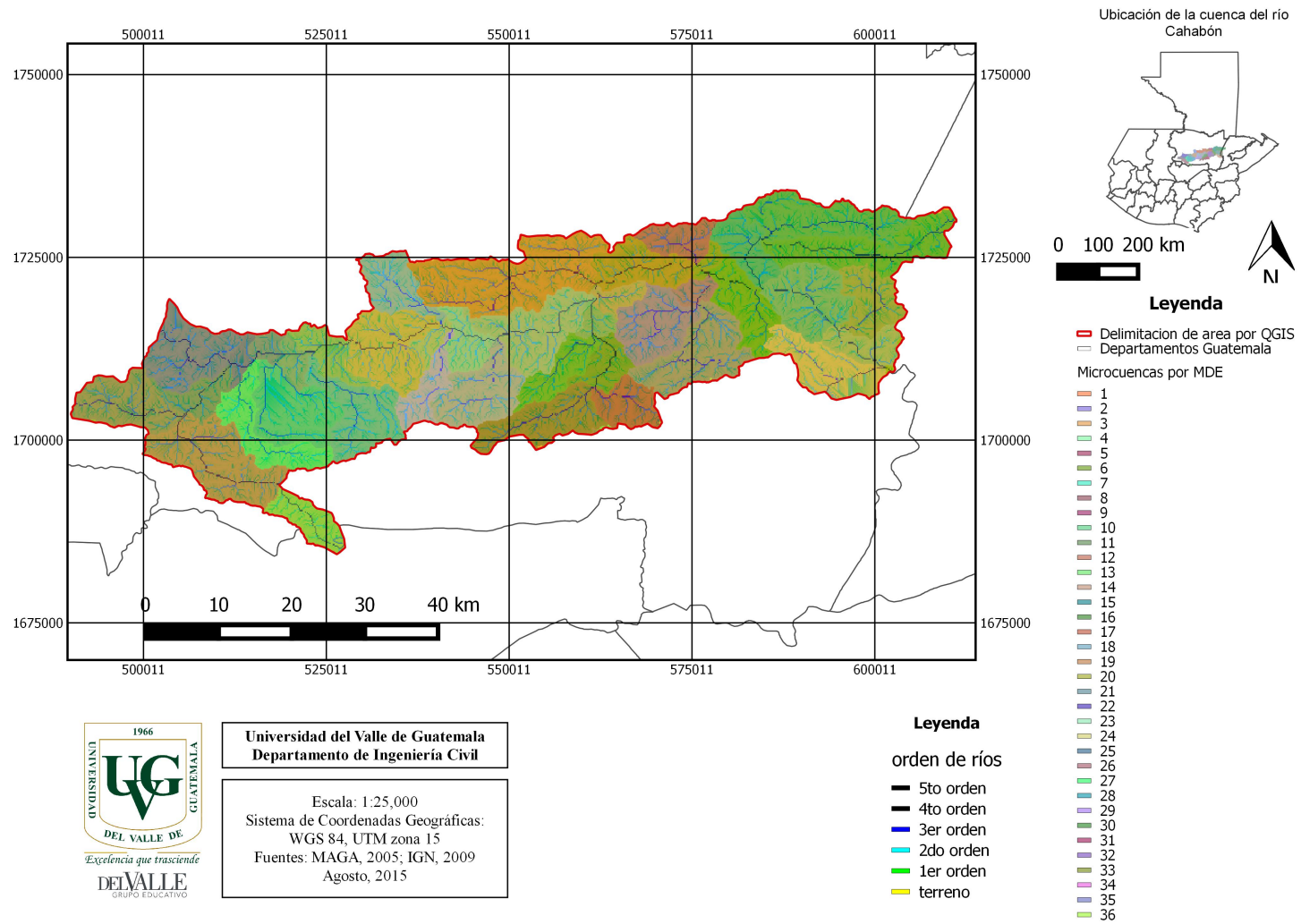


Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:25,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MAGA, 2005; IGN, 2009  
Agosto, 2015

Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 26. Sistema hídrico de acumulación determinado por análisis, según QGIS-GRASS.

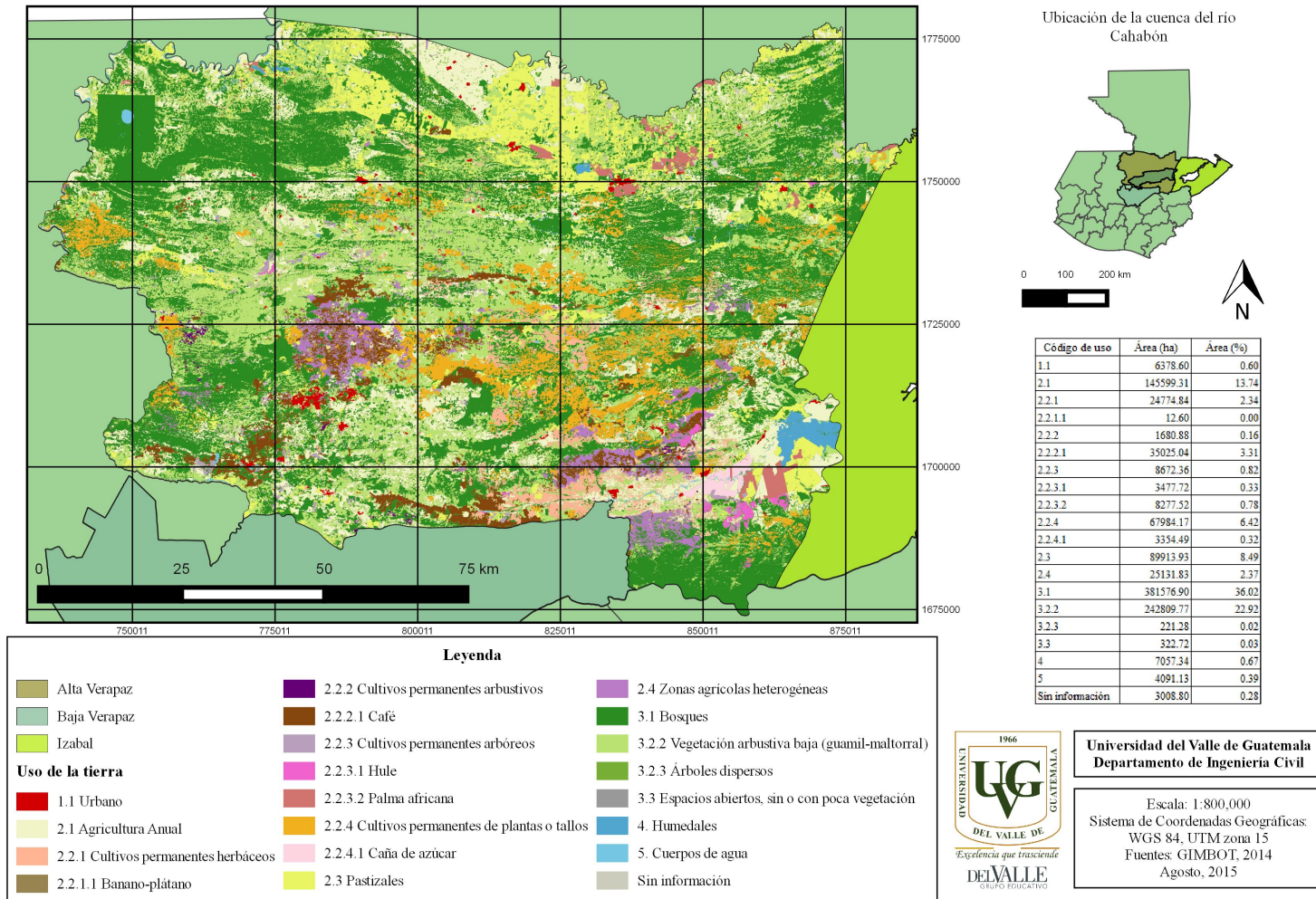


Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:25,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MAGA, 2005; IGN, 2009  
Agosto, 2015

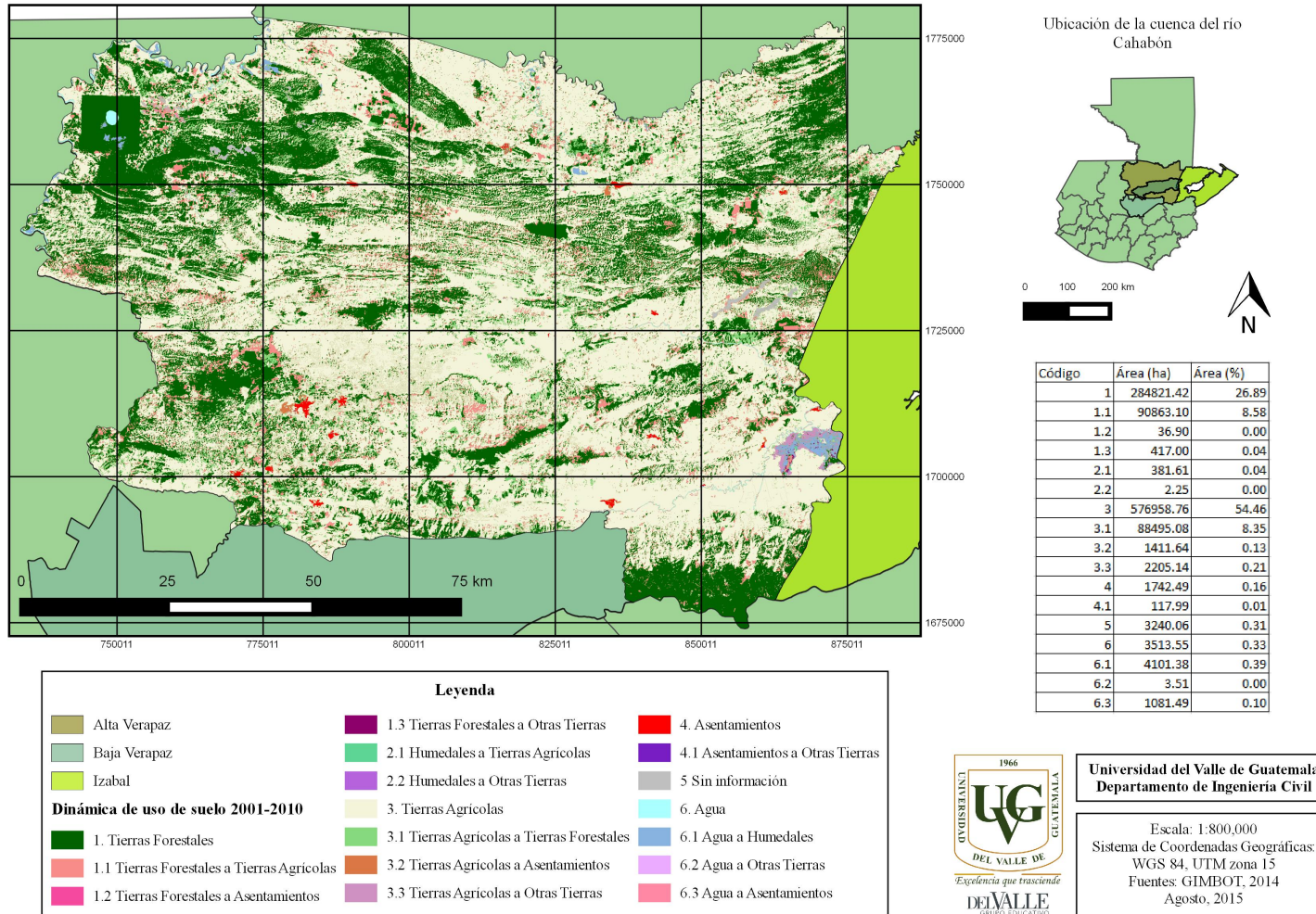
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 27. Uso de la tierra de Alta Verapaz al año 2012.



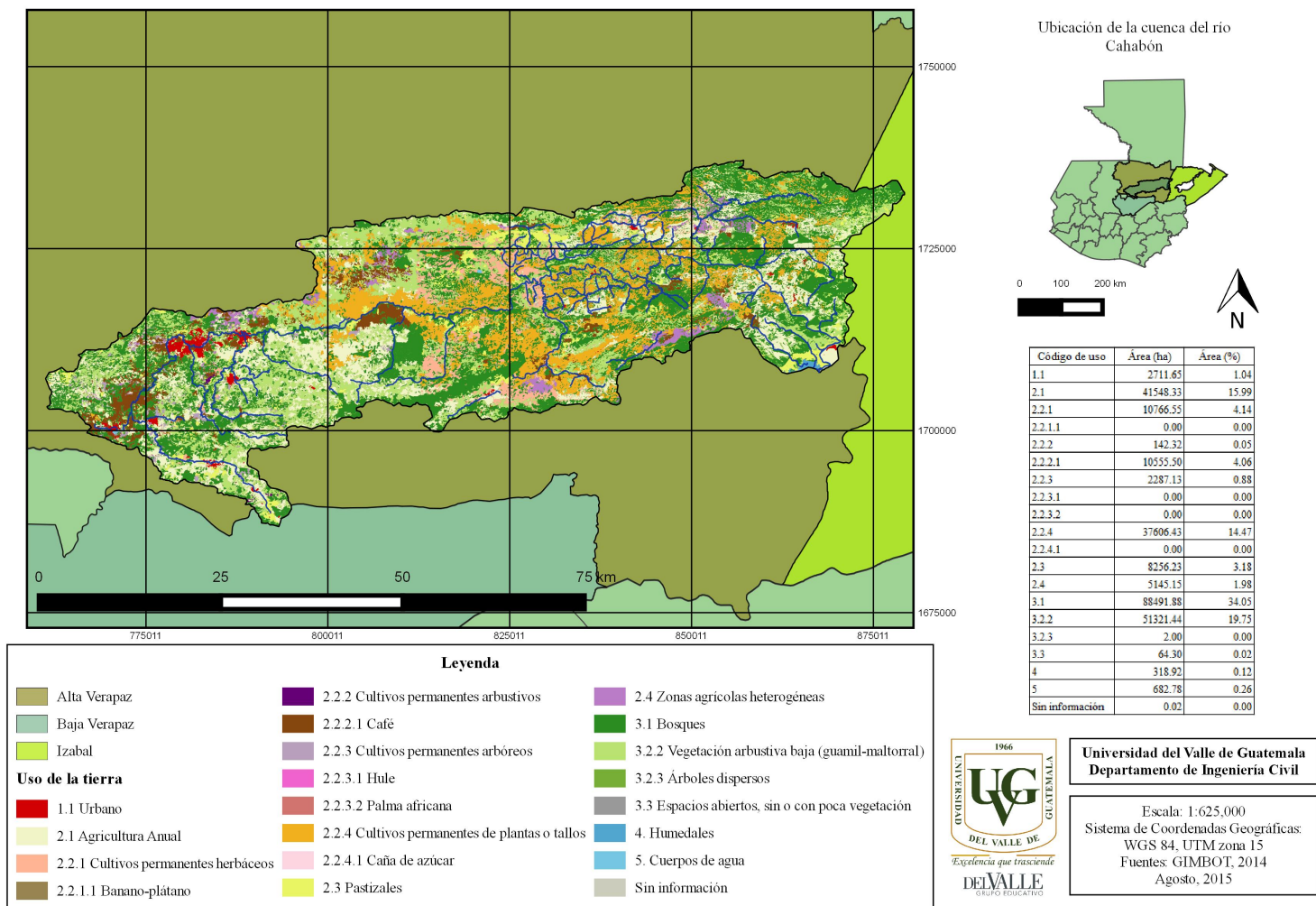
Fuente: Elaborado con información de GIMBOT, 2014.

Mapa 28. Dinámica de uso de la tierra para el período 2001-2010 de Alta Verapaz.



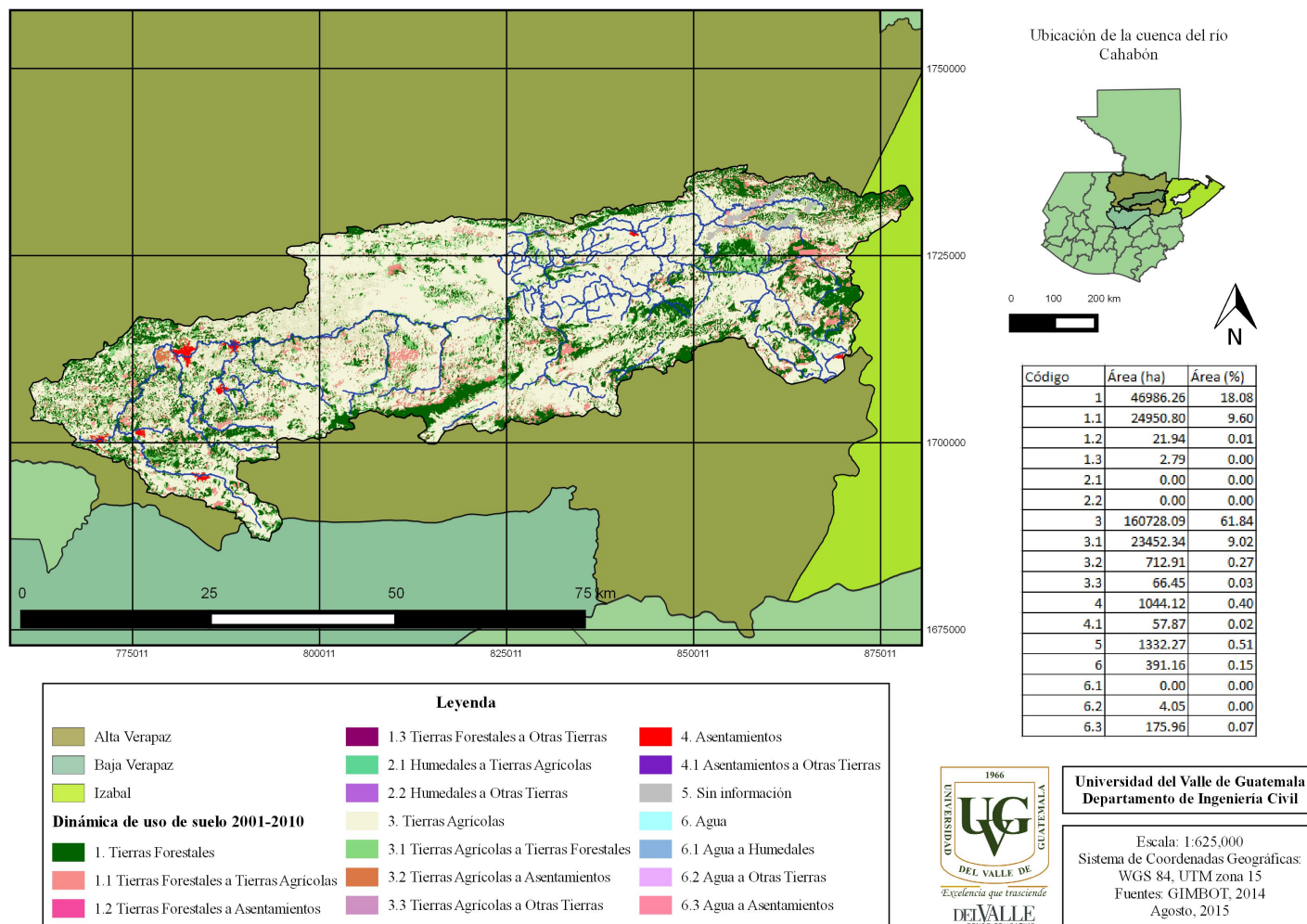
Fuente: Elaborado con información de GIMBOT, 2014.

Mapa 29. Uso de la tierra en la cuenca del río Cahabón al año 2012.



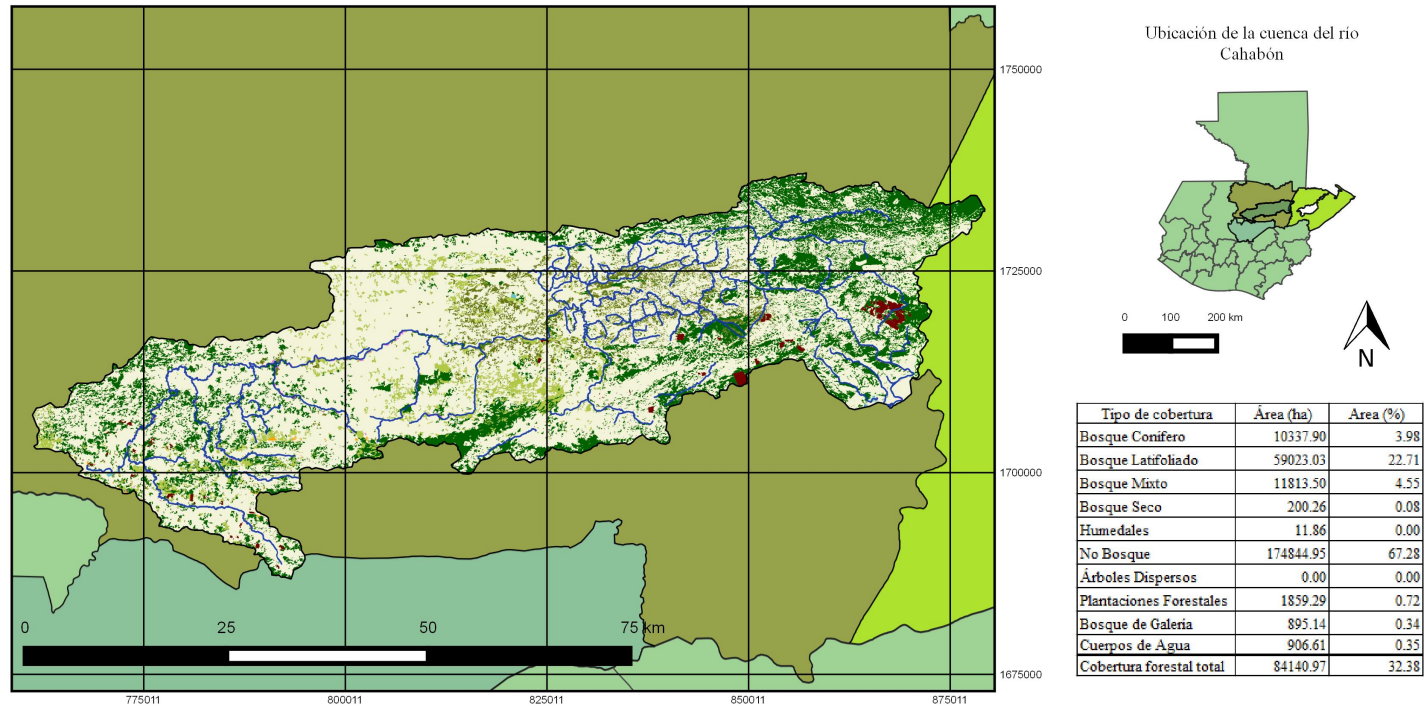
Fuente: Elaborado con información de GIMBOT, 2014.

Mapa 30. Dinámica de uso de la tierra para el período 2001-2010 en la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información de GIMBOT, 2014.

Mapa 31. Cobertura forestal en la cuenca del río Cahabón al año 2012 por tipo de bosque.



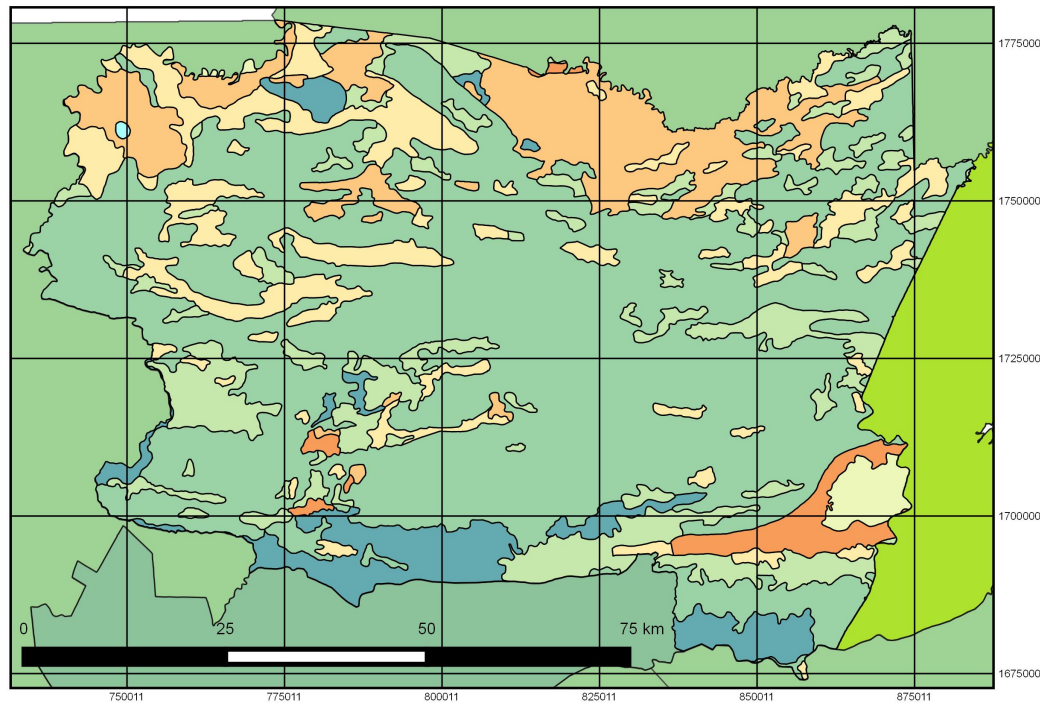
Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:625,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: INAB, 2015; IGN, 2009  
Agosto, 2015

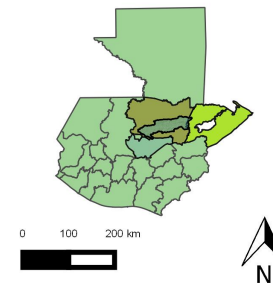


Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009 e INAB-CONAP, 2015.

Mapa 32. Clasificación agrológica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para Alta Verapaz.



Ubicación de la cuenca del río Cahabón

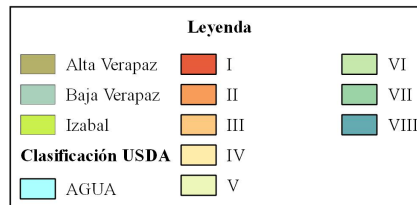


Capacidad de uso	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
AGUA	4.89	0.05
II	225.74	2.13
III	1118.1	10.53
IV	1159.65	10.92
V	121.89	1.15
VI	1298.08	12.23
VII	6041.86	56.92
VIII	644.51	6.07



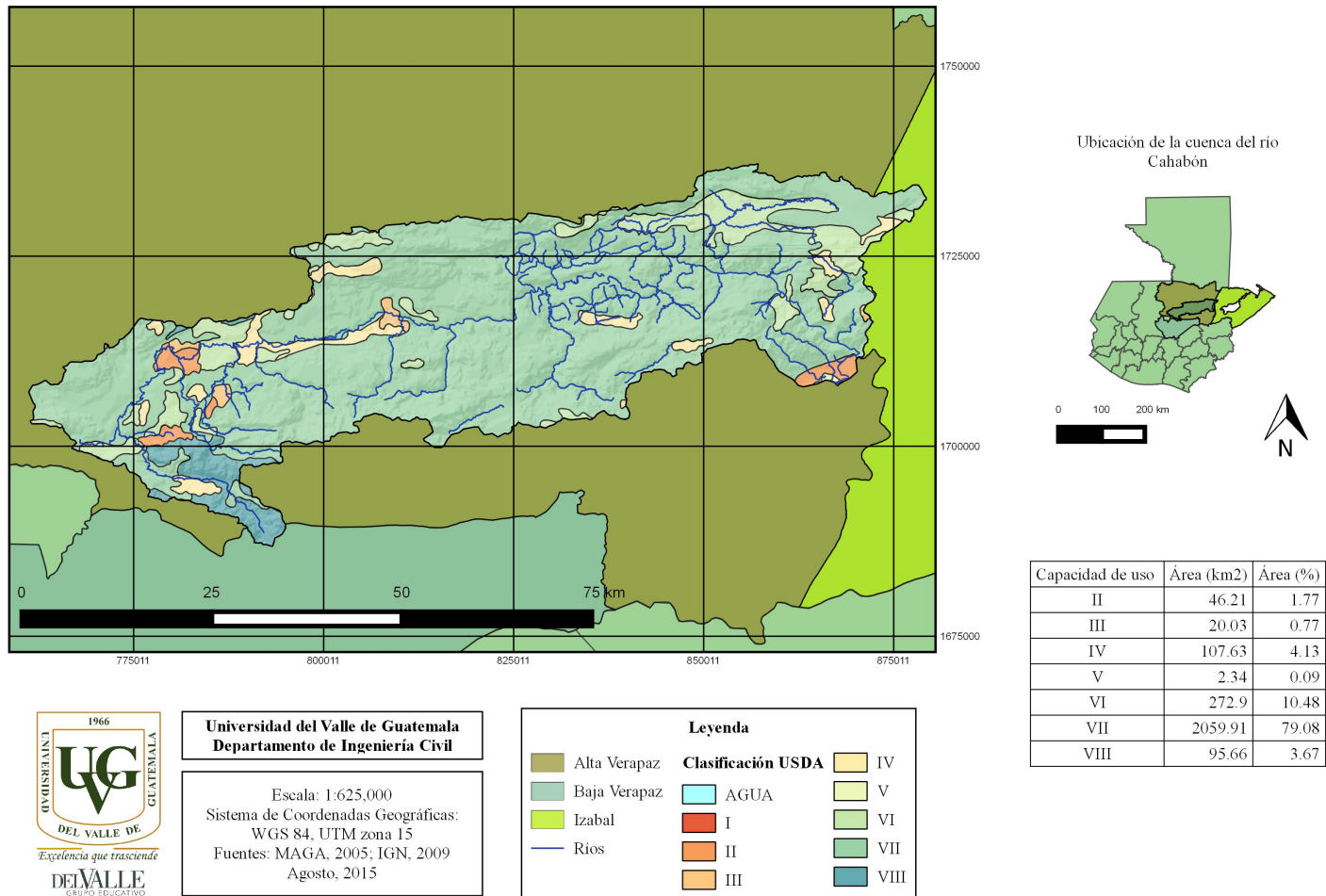
Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:800,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MAGA, 2005  
Agosto, 2015



Fuente: Elaborado con información de MAGA, 2005.

Mapa 33. Clasificación agrológica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para la cuenca del río Cahabón.



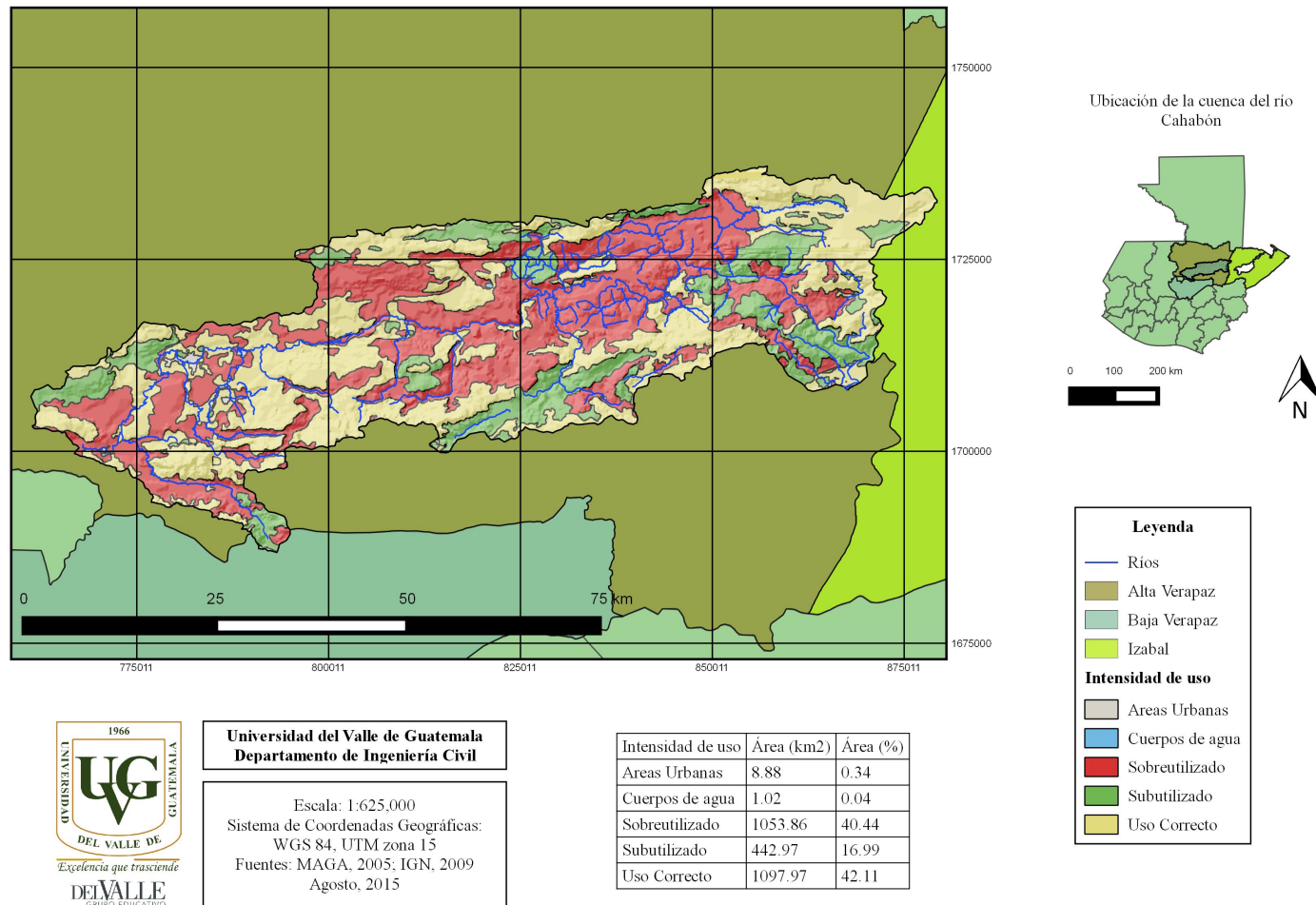
**Universidad del Valle de Guatemala**  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:625,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MAGA, 2005; IGN, 2009  
Agosto, 2015

Leyenda	
Alta Verapaz	Clasificación USDA
Baja Verapaz	AGUA
Izabal	I
Ríos	II
	III
	IV
	V
	VI
	VII
	VIII

Fuente: Elaborado con información de MAGA, 2005 e IGN, 2009.

Mapa 34. Intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Cahabón.



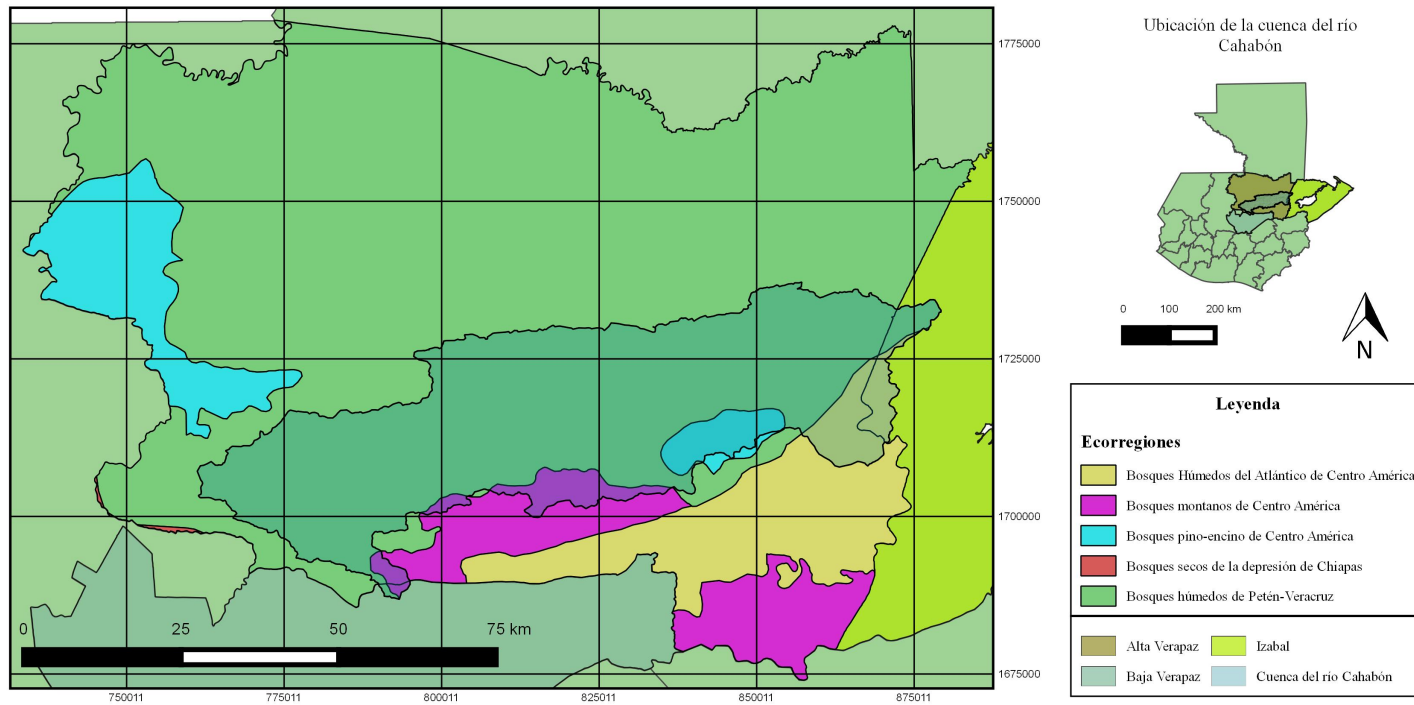
**Universidad del Valle de Guatemala**  
**Departamento de Ingeniería Civil**

Escala: 1:625,000  
 Sistema de Coordenadas Geográficas:  
 WGS 84, UTM zona 15  
 Fuentes: MAGA, 2005; IGN, 2009  
 Agosto, 2015

Intensidad de uso	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Áreas Urbanas	8.88	0.34
Cuerpos de agua	1.02	0.04
Sobreutilizado	1053.86	40.44
Subutilizado	442.97	16.99
Uso Correcto	1097.97	42.11

Fuente: Elaborado con información de MAGA, 2005 e IGN, 2009.

Mapa 35. Ecorregiones de Alta Verapaz.



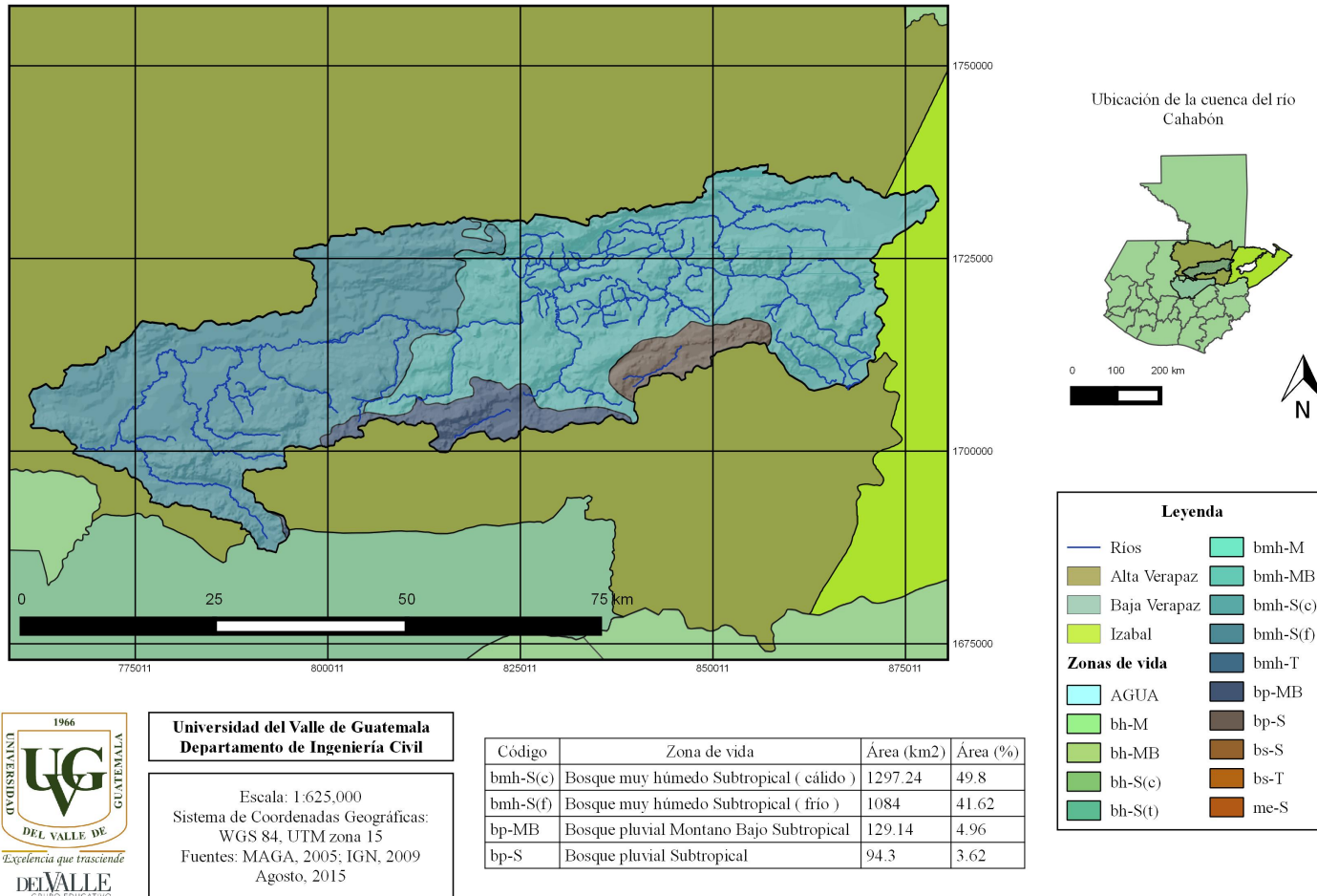
**Universidad del Valle de Guatemala**  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:800,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: IARNA, IGN, 2009  
Agosto, 2015

Ecorregión	Nombre	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Central American pine-oak forests	Bosques de pino-encino de Centro América	604.99	5.7
Central American pine-oak forests	Bosques de pino-encino de Centro América	125.28	1.18
Central American montane forests	Bosques montanos de Centro América	430.02	4.05
Central American montane forests	Bosques montanos de Centro América	338.62	3.19
Central American Atlantic moist forests	Bosques húmedos del Atlántico de Centro América	911.16	8.58
Petén-Veracruz moist forests	Bosques húmedos de Petén-Veracruz	8197.71	77.23
Chiapas Depression dry forests	Bosques de pino-encino de Centro América	6.9	0.07

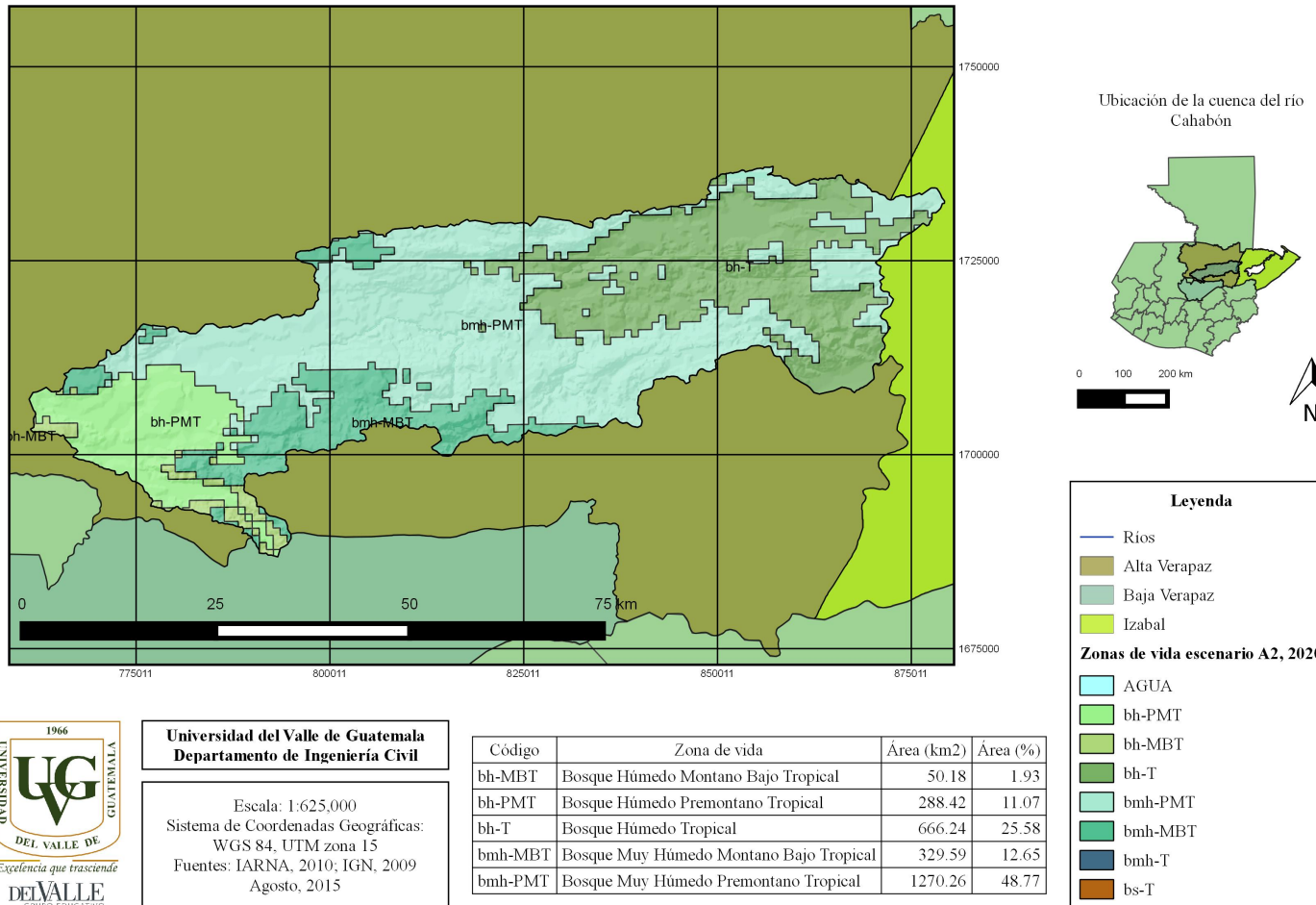
Fuente: Elaborado con información de IARNA, 2009b. e IGN, 2009.

Mapa 36. Zonas de vida en la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información de MAGA, 2005 e IGN, 2009.

Mapa 37. Zonas de vida en la cuenca del río Cahabón al año 2020 para escenario A2.

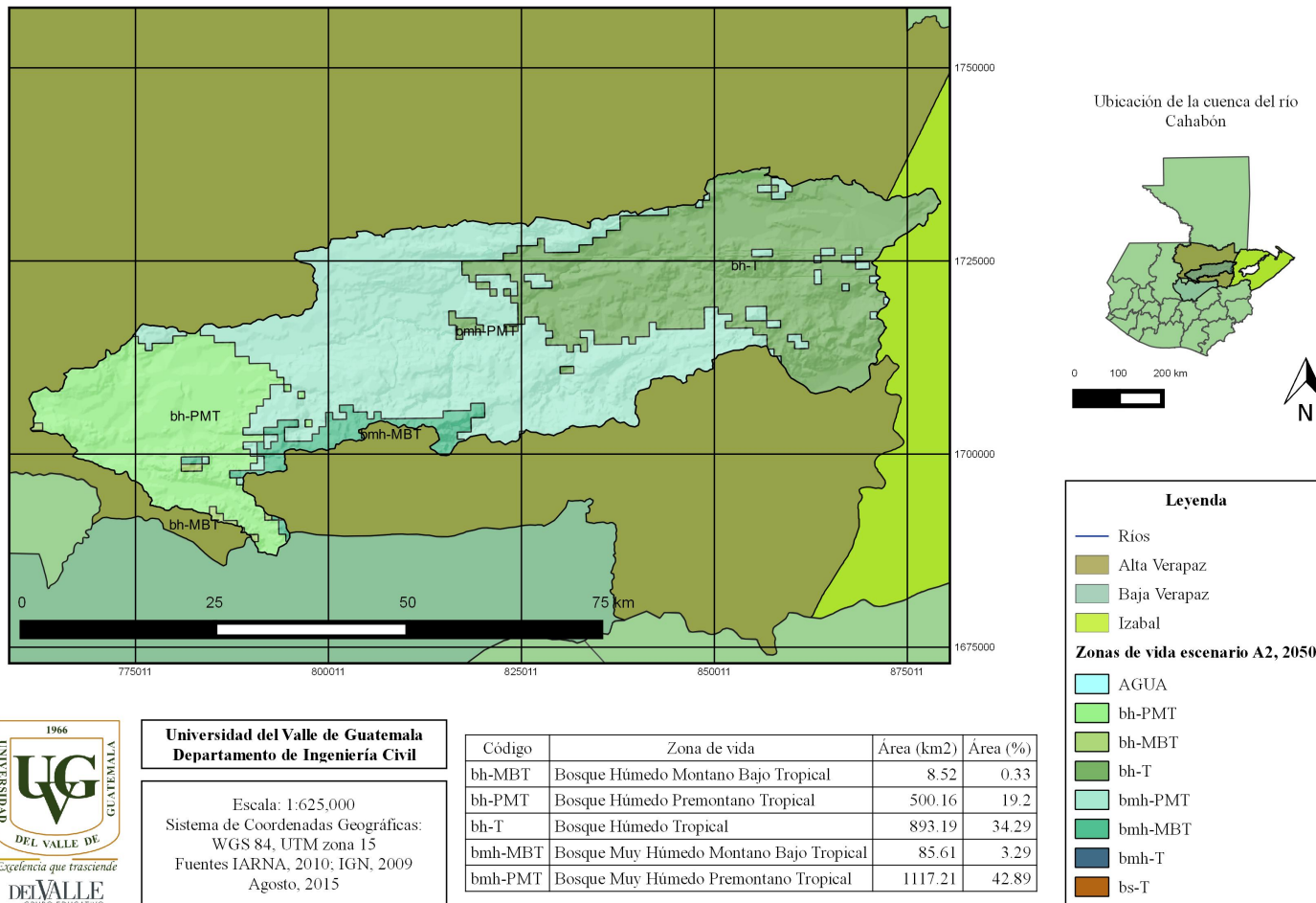


**Universidad del Valle de Guatemala**  
**Departamento de Ingeniería Civil**

Escala: 1:625,000  
 Sistema de Coordenadas Geográficas:  
 WGS 84, UTM zona 15  
 Fuentes: IARNA, 2010; IGN, 2009  
 Agosto, 2015

Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009 e IARNA, 2010.

Mapa 38. Zonas de vida en la cuenca del río Cahabón al año 2050 para escenario A2.

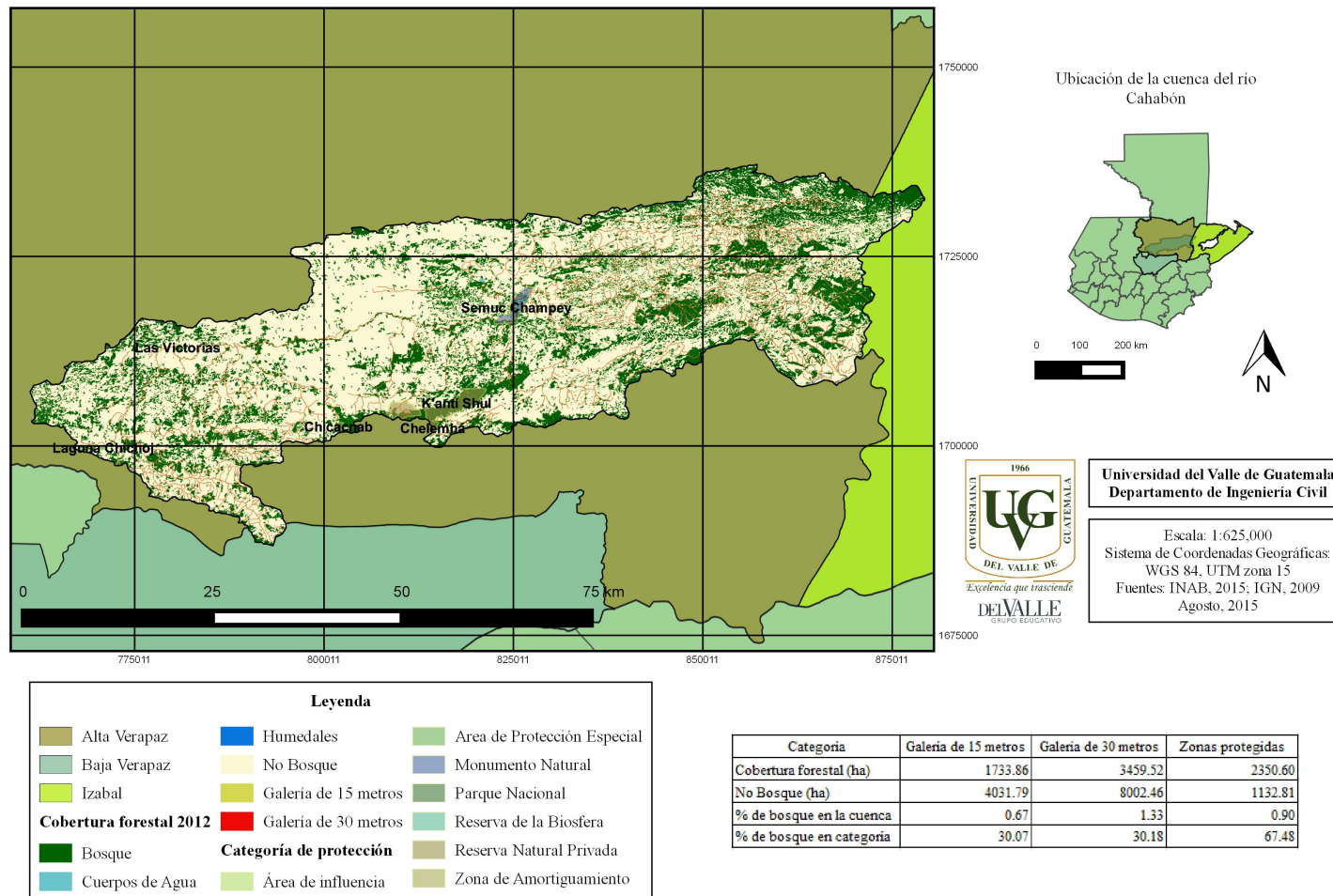


**Universidad del Valle de Guatemala**  
**Departamento de Ingeniería Civil**

Escala: 1:625,000  
 Sistema de Coordenadas Geográficas:  
 WGS 84, UTM zona 15  
 Fuentes IARNA, 2010; IGN, 2009  
 Agosto, 2015

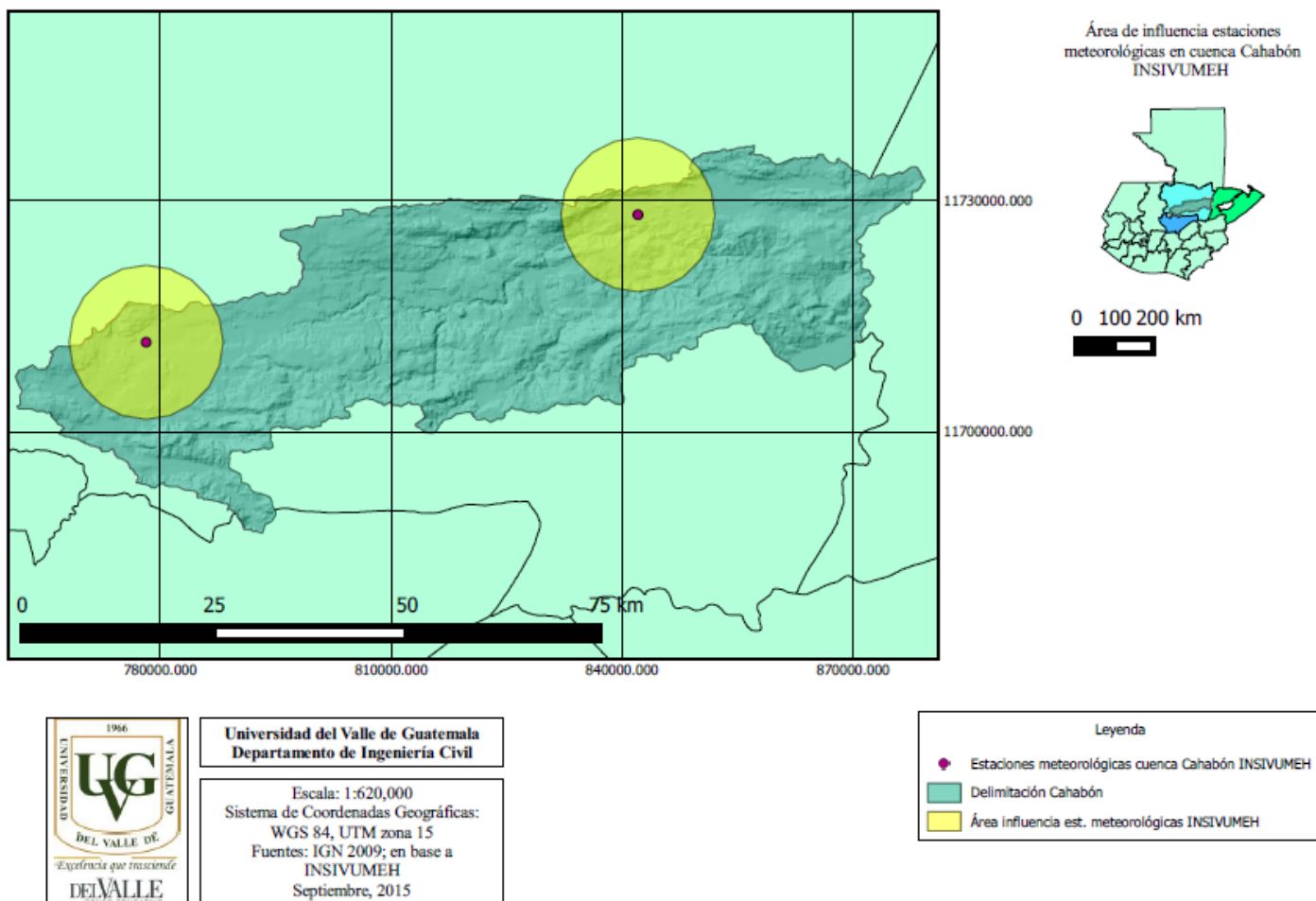
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009 e IARNA, 2010.

Mapa 39. Cobertura forestal en áreas protegidas y galerías de ríos en la cuenca del río Cahabón.



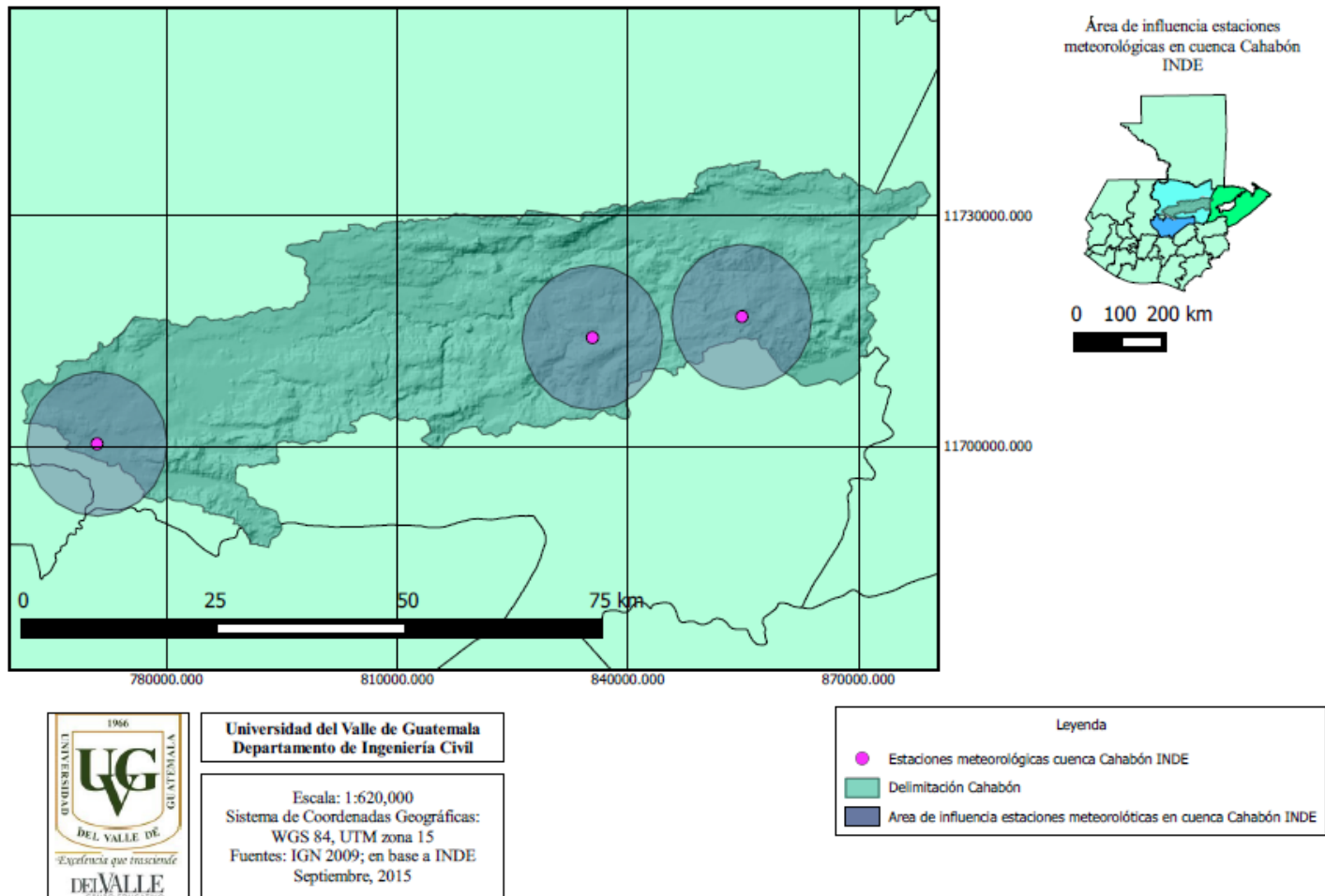
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009 e INAB-CONAP, 2015.

Mapa 40. Área de influencia de 10 km<sup>2</sup> de estaciones meteorológicas de INSIVUMEH.



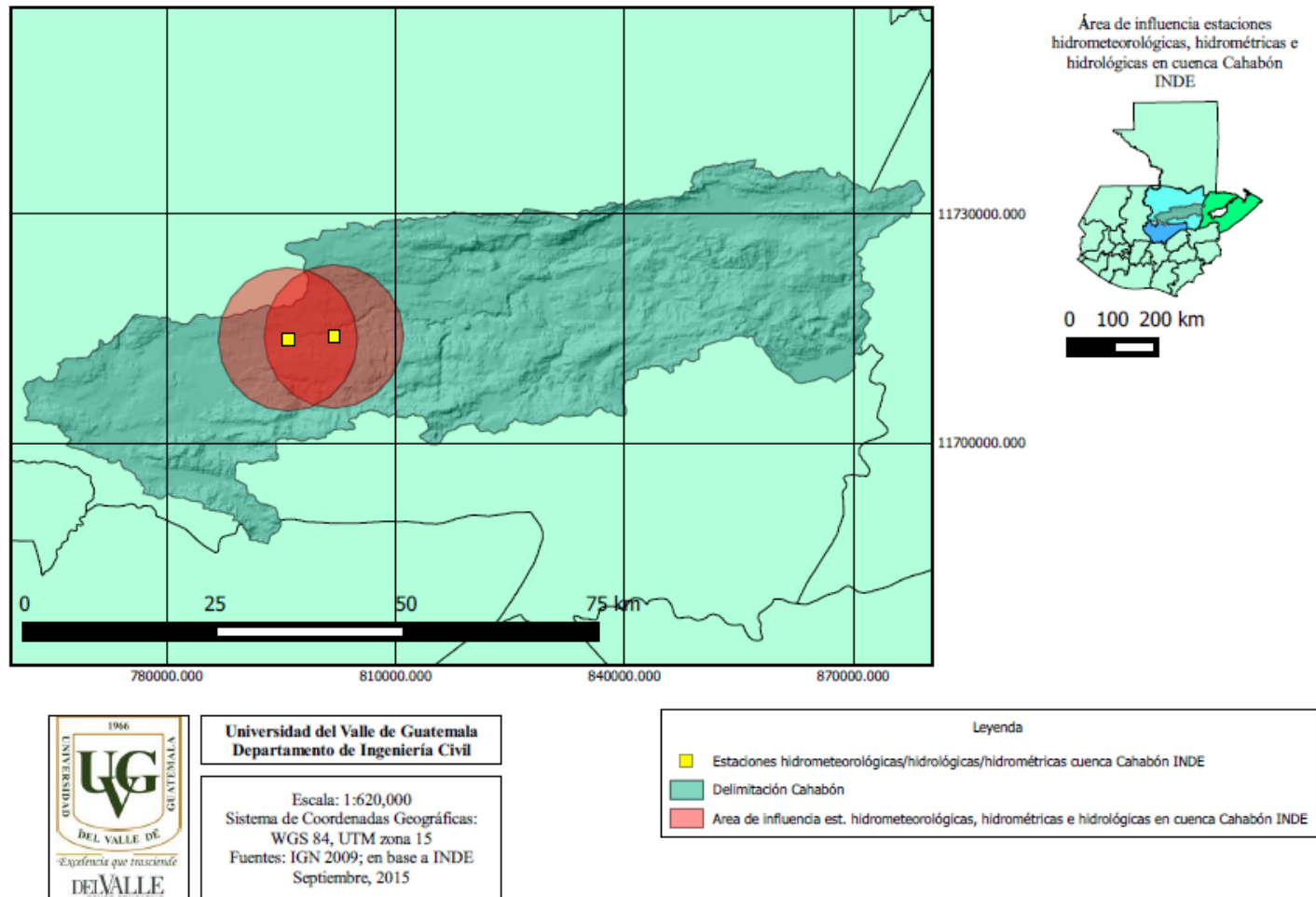
Fuente: Elaborado con información de INSIVUMEH, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 41. Área de influencia de 10 km<sup>2</sup> de estaciones meteorológicas de INDE.



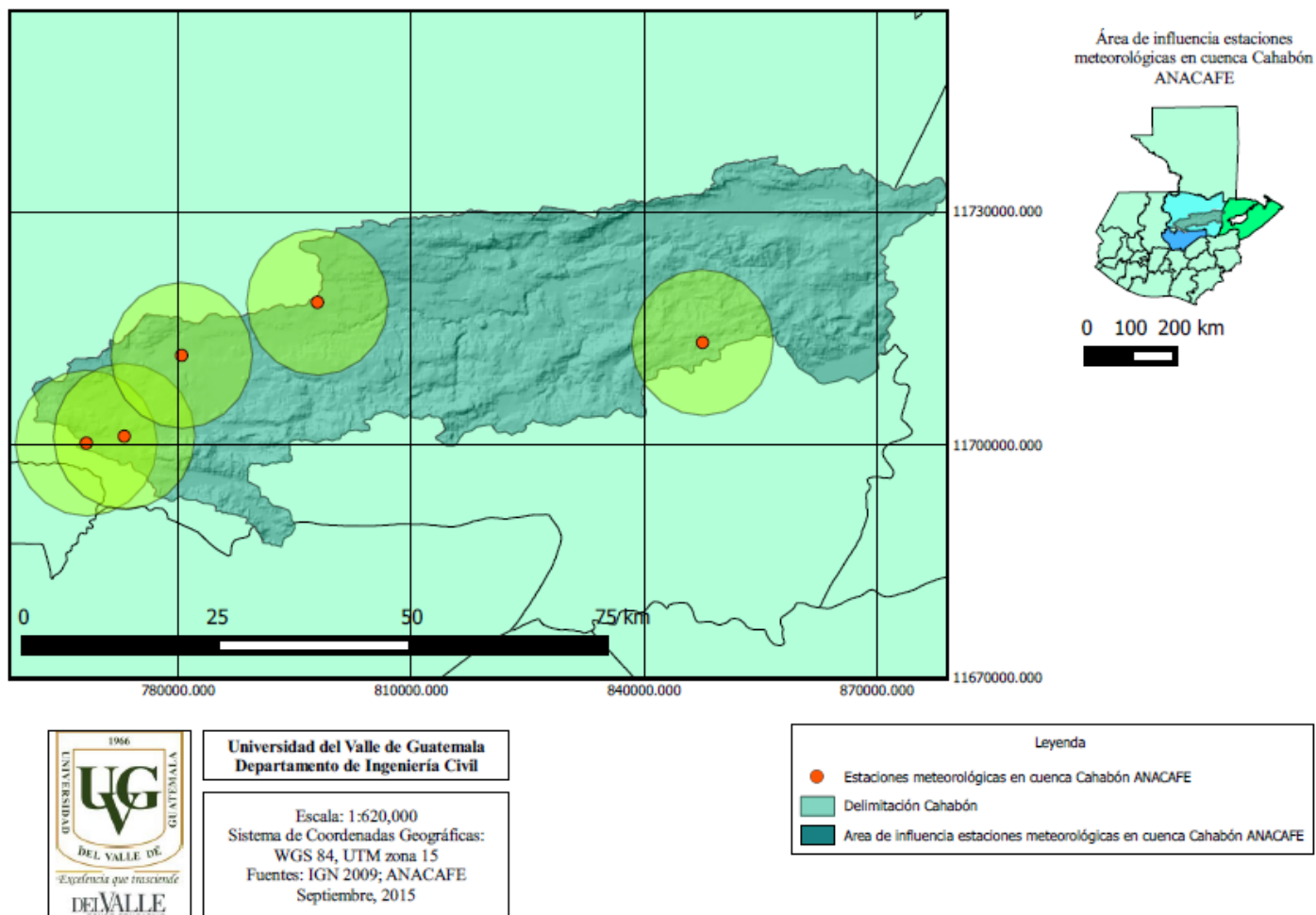
Fuente: Elaborado con información de INDE, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 42. Área de influencia de 10 km<sup>2</sup> de estaciones hidrometeorológicas, hidrométricas e hidrológicas de INDE.



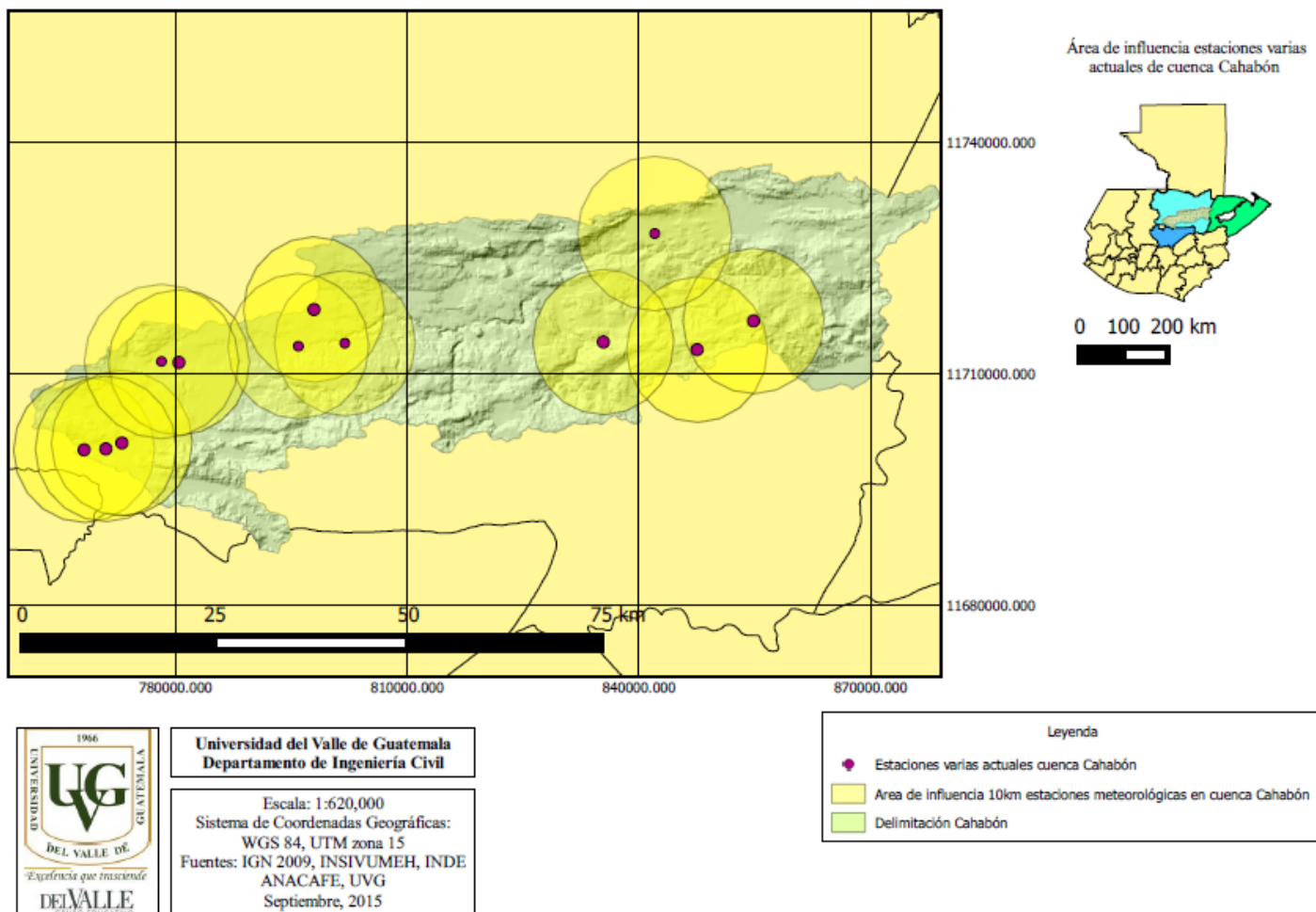
Fuente: Elaborado con información de INDE, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 43. Área de influencia de 10 km<sup>2</sup> de estaciones meteorológicas de ANACAFÉ.



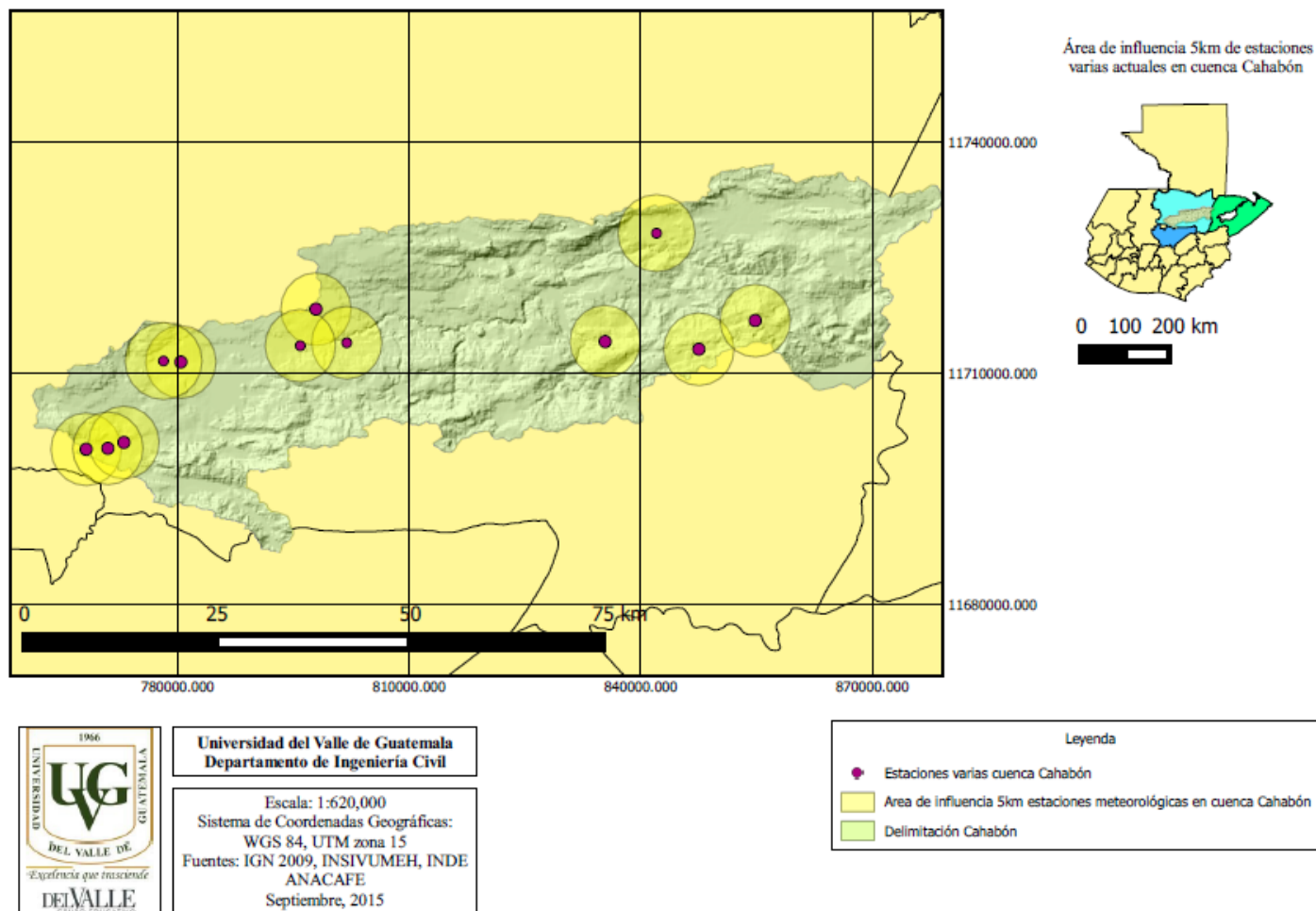
Fuente: Elaborado con información de ANACAFE, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 44. Cobertura total con estaciones varias de todas las instituciones.



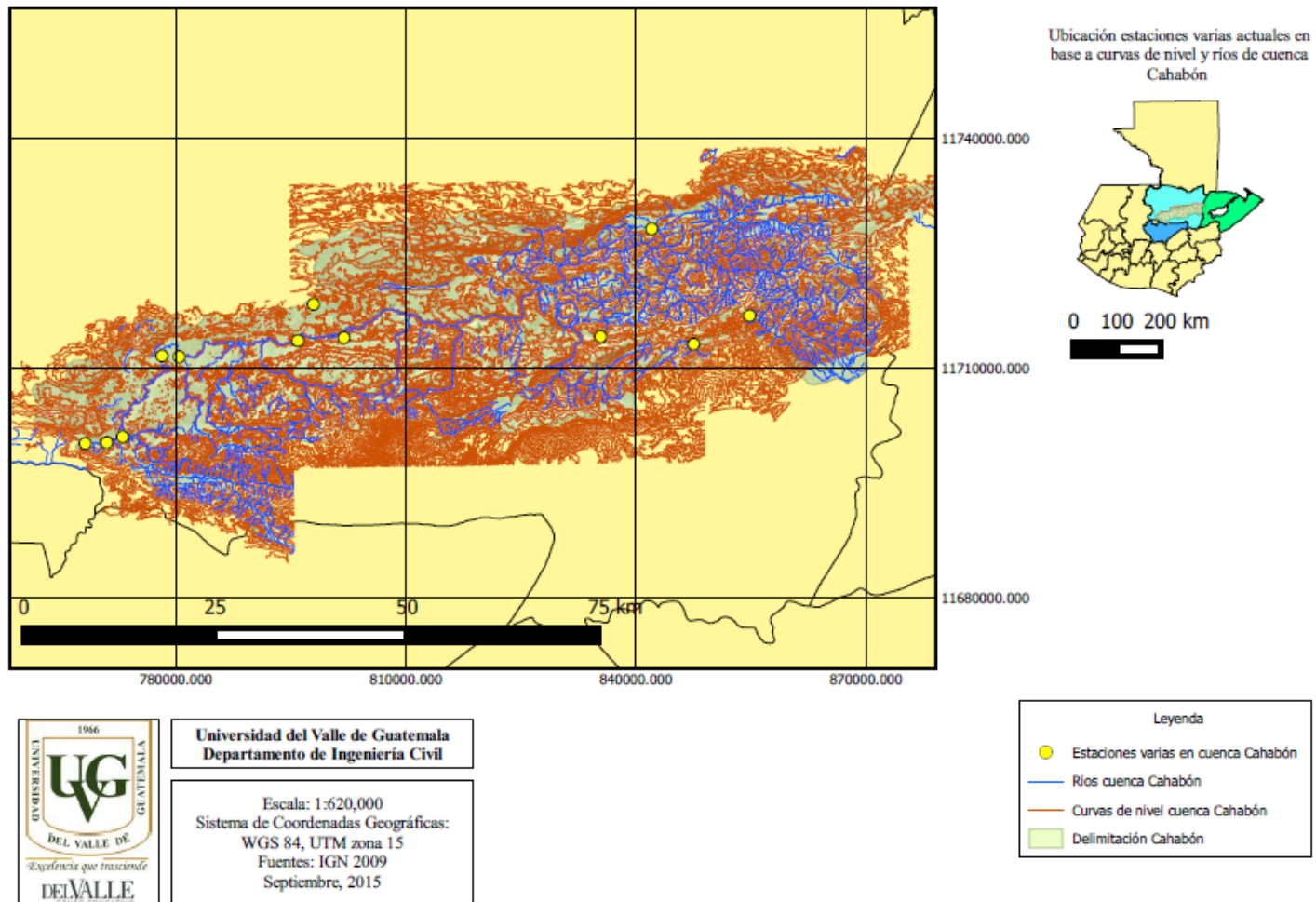
Fuente: Elaborado con información de INSIVUMEH, 2015; INDE, 2015; ANACAFE, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 45. Cobertura total con estaciones varias de todas las instituciones con área de influencia de 5 km<sup>2</sup>.



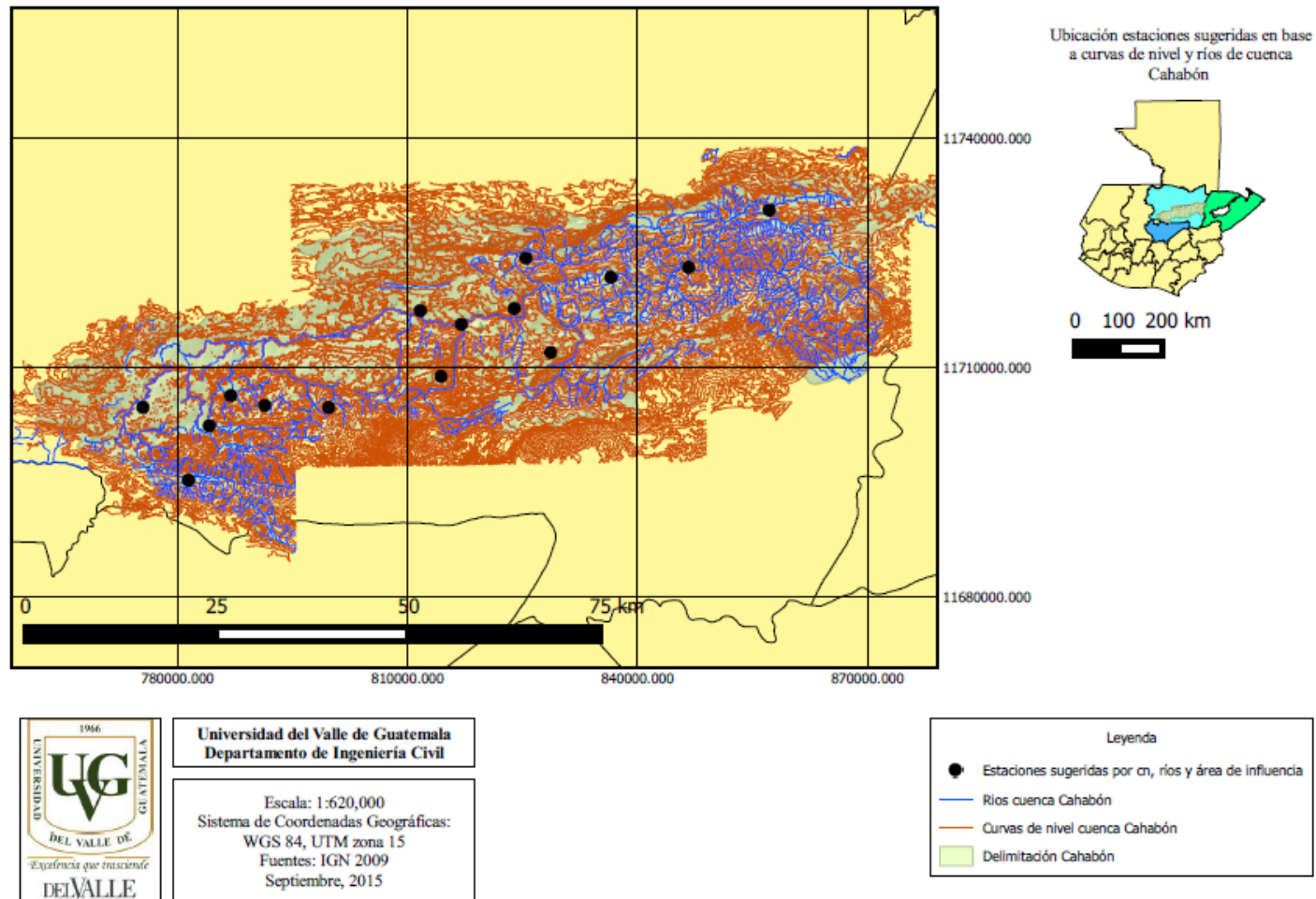
Fuente: Elaborado con información de INSIVUMEH, 2015; INDE, 2015; ANACAFE, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 46. Ubicación estaciones existentes varias actuales respecto a curvas de nivel y ríos de la cuenca.



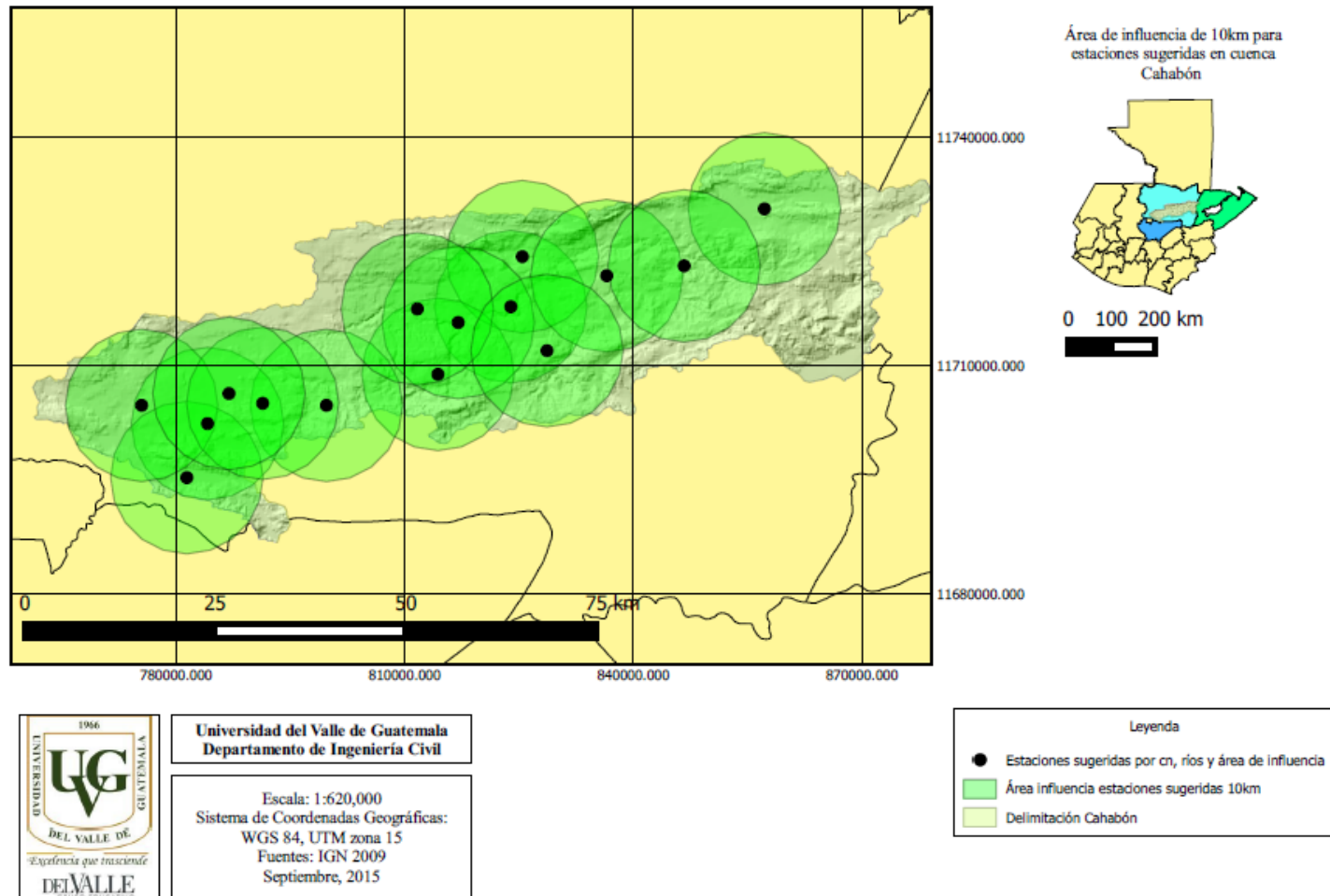
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 47. Ubicación estaciones sugeridas respecto a curvas de nivel y ríos de la cuenca.



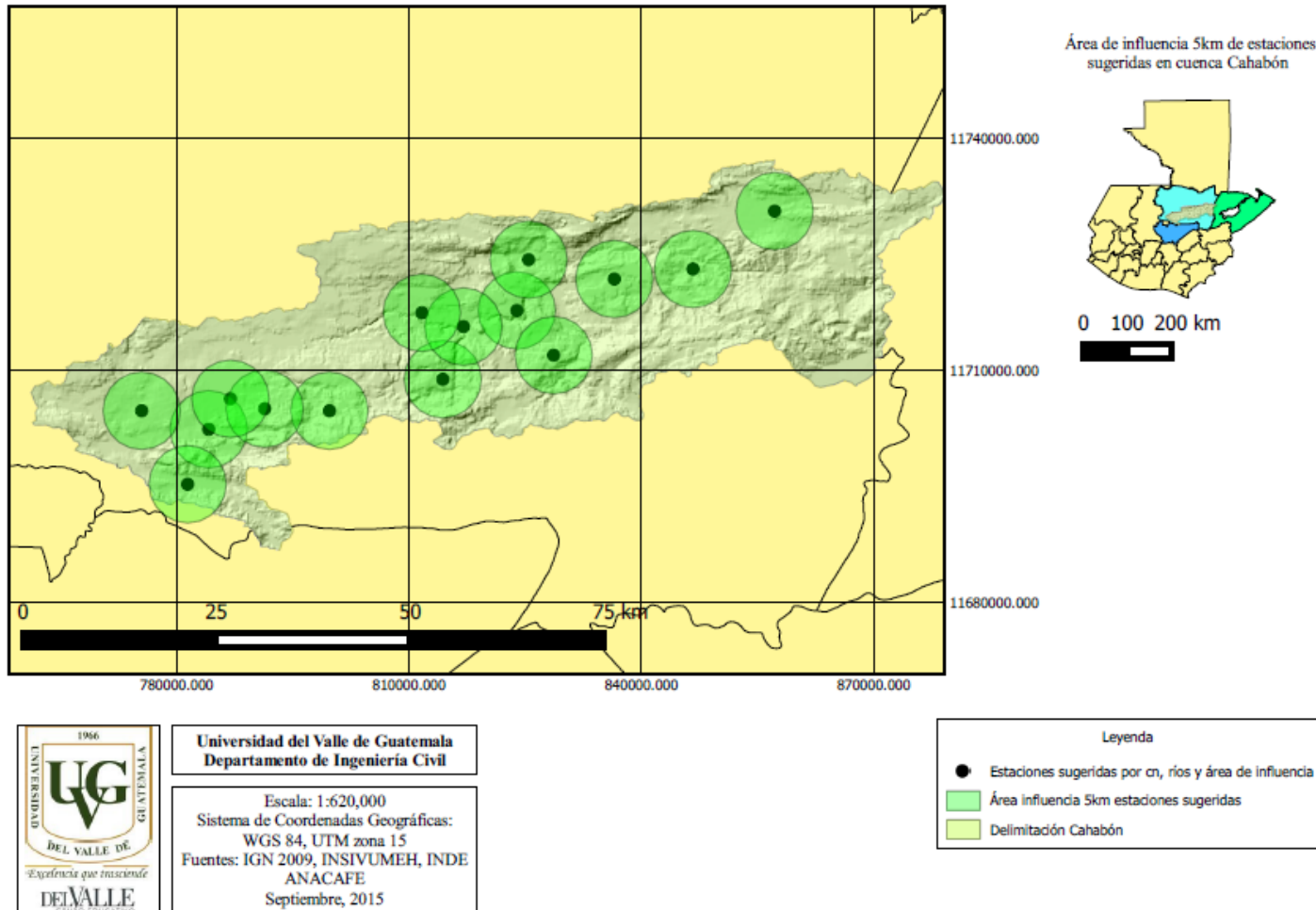
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 48. Área de influencia ideal de 10 km<sup>2</sup> para estaciones sugeridas.



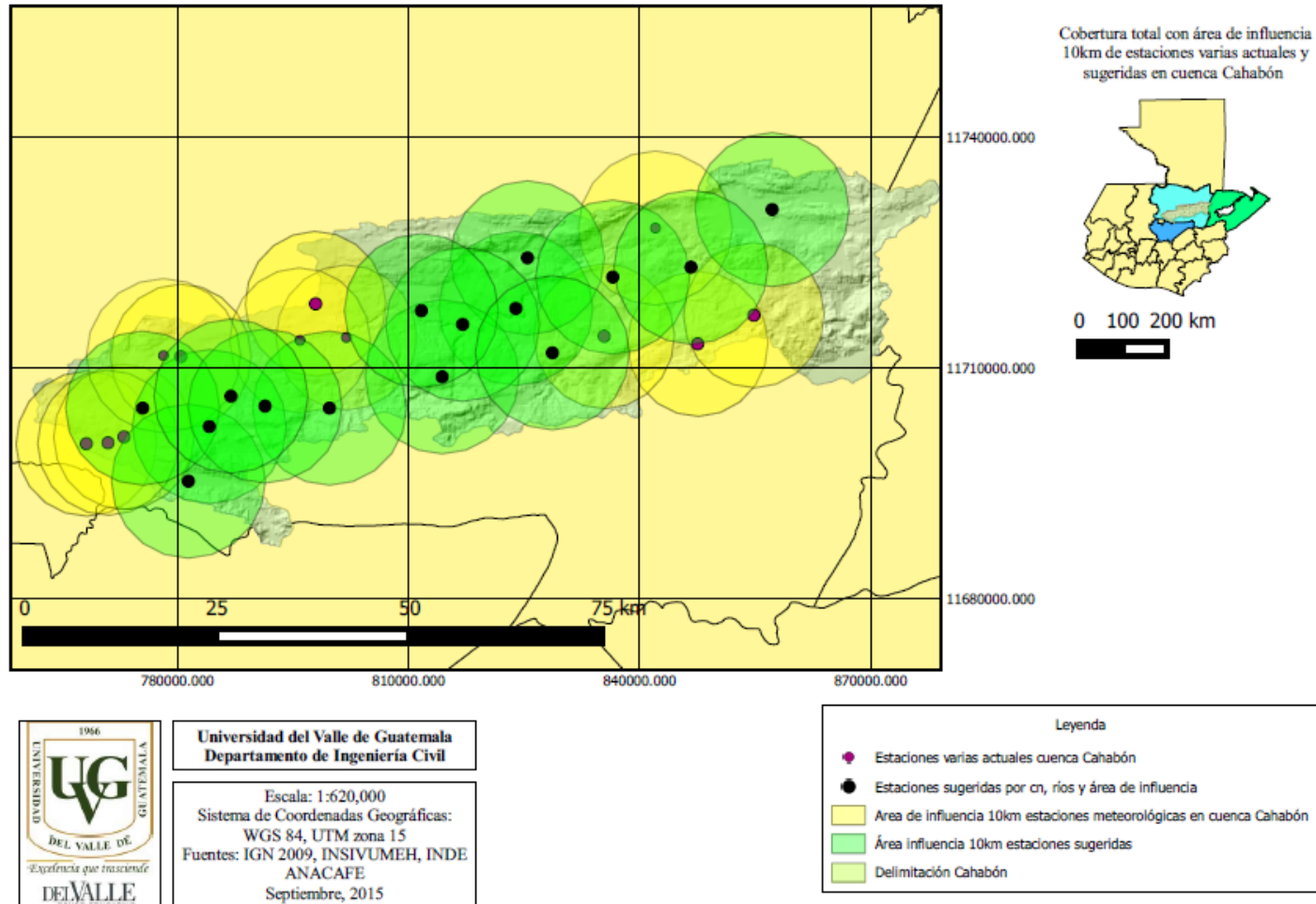
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 49. Área de influencia crítica de 5 km<sup>2</sup> para estaciones sugeridas.



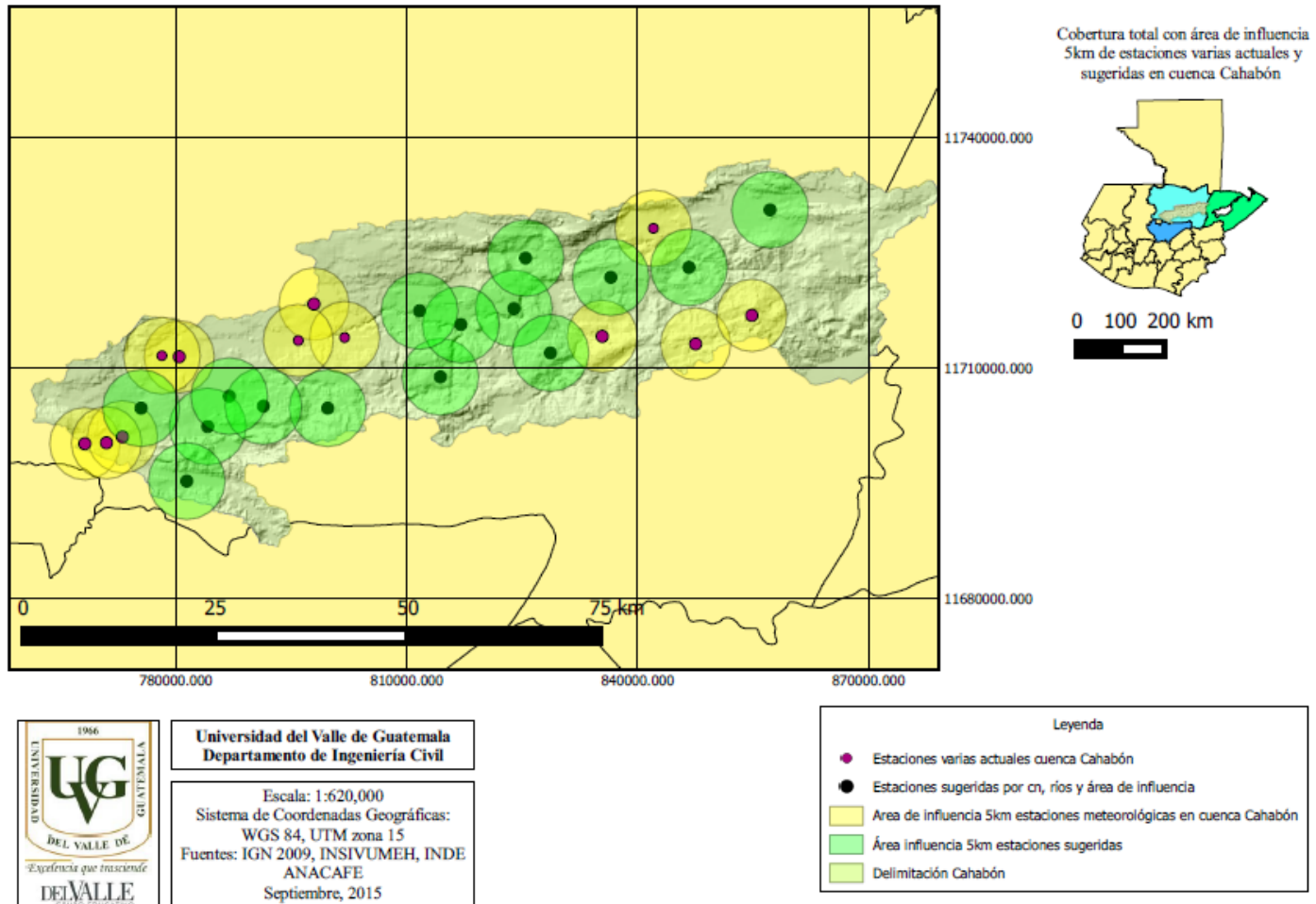
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 50. Área de influencia ideal para estaciones actuales y sugeridas.



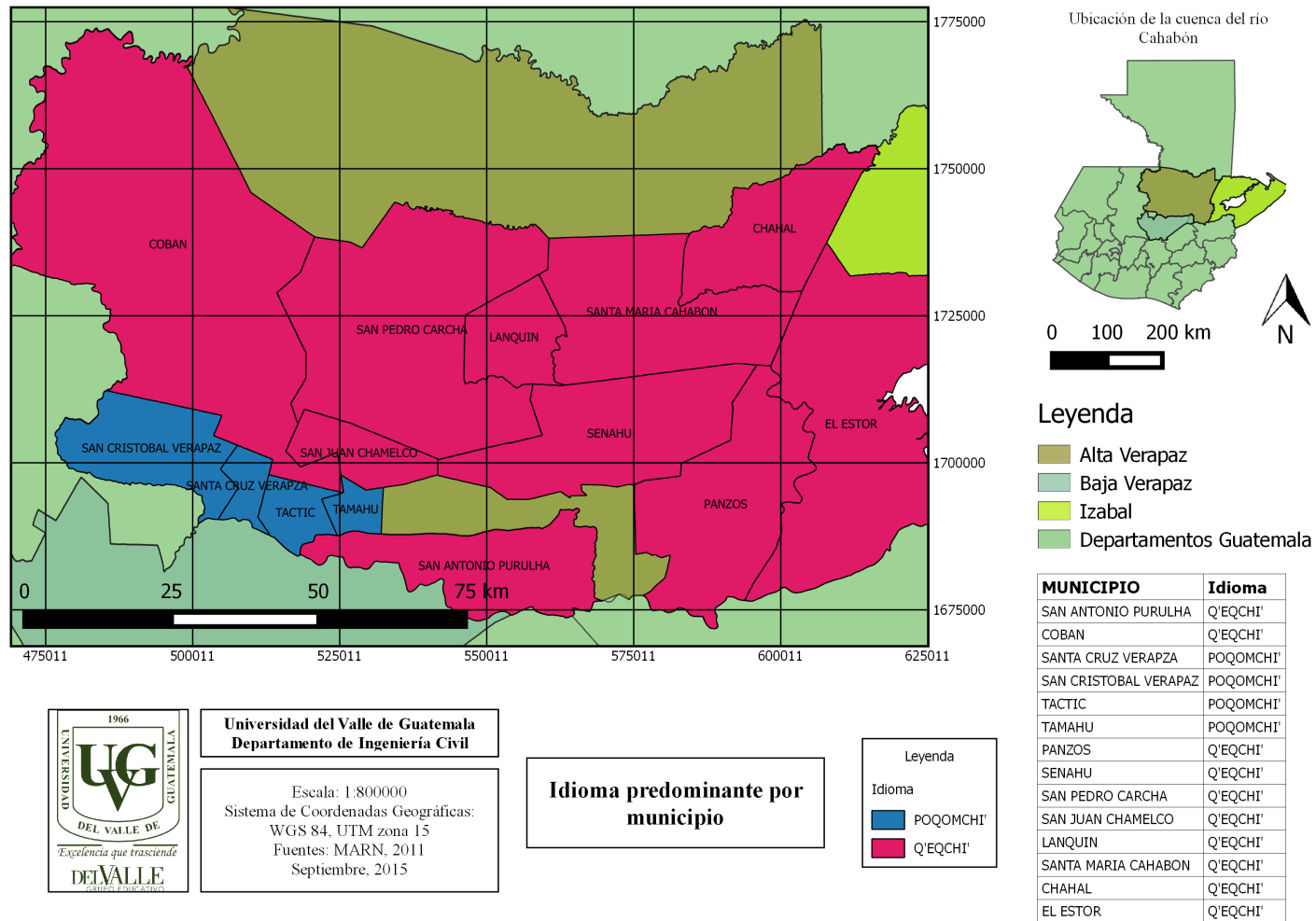
Fuente: Elaborado con información de INSIVUMEH, 2015; INDE, 2015; ANACAFE, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 51. Área de influencia crítica para estaciones actuales y sugeridas.



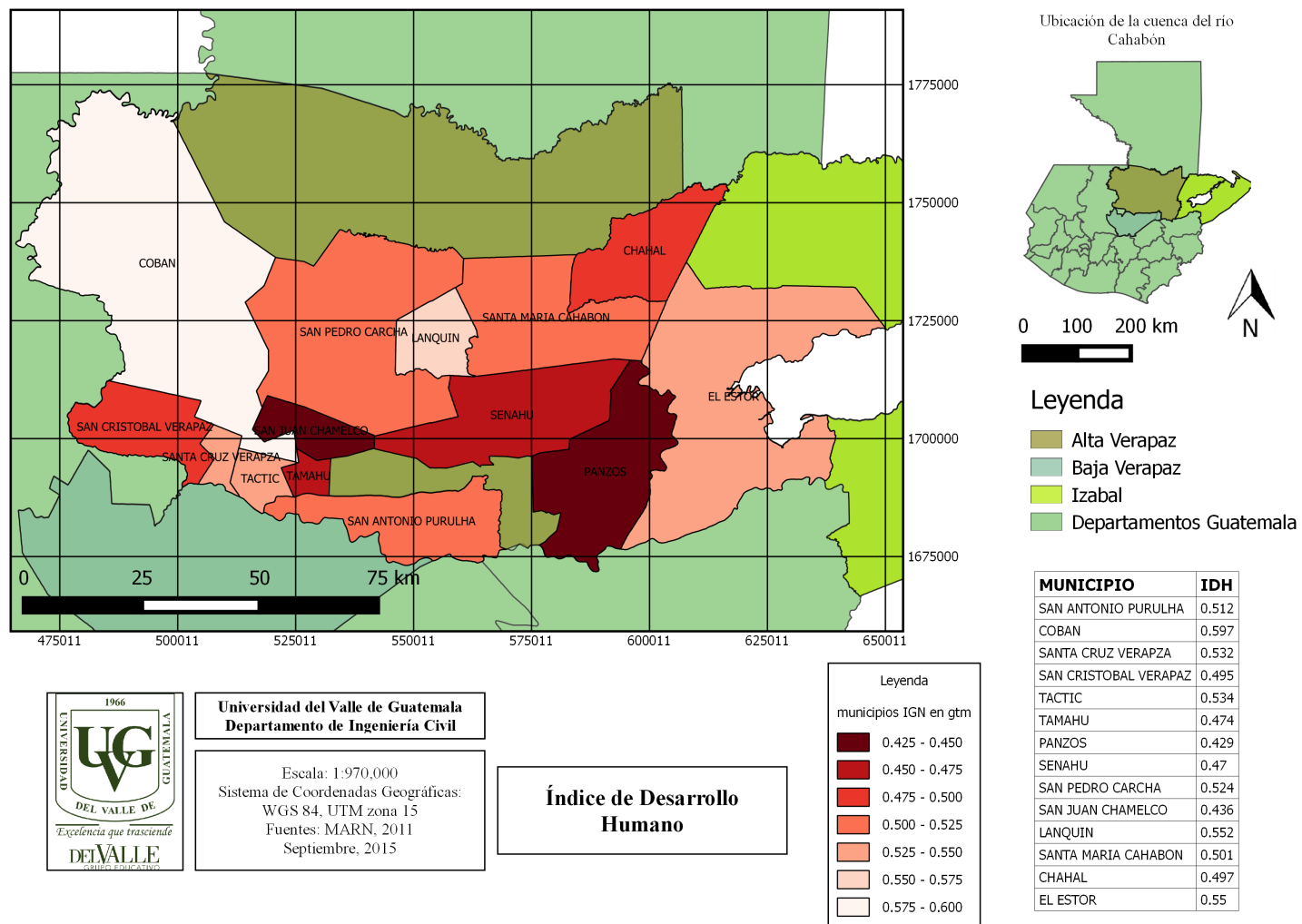
Fuente: Elaborado con información de INSIVUMEH, 2015; INDE, 2015; ANACAFE, 2015 e IGN, 2009.

Mapa 52. Idiomas predominantes por municipio de la cuenca del río Cahabón.



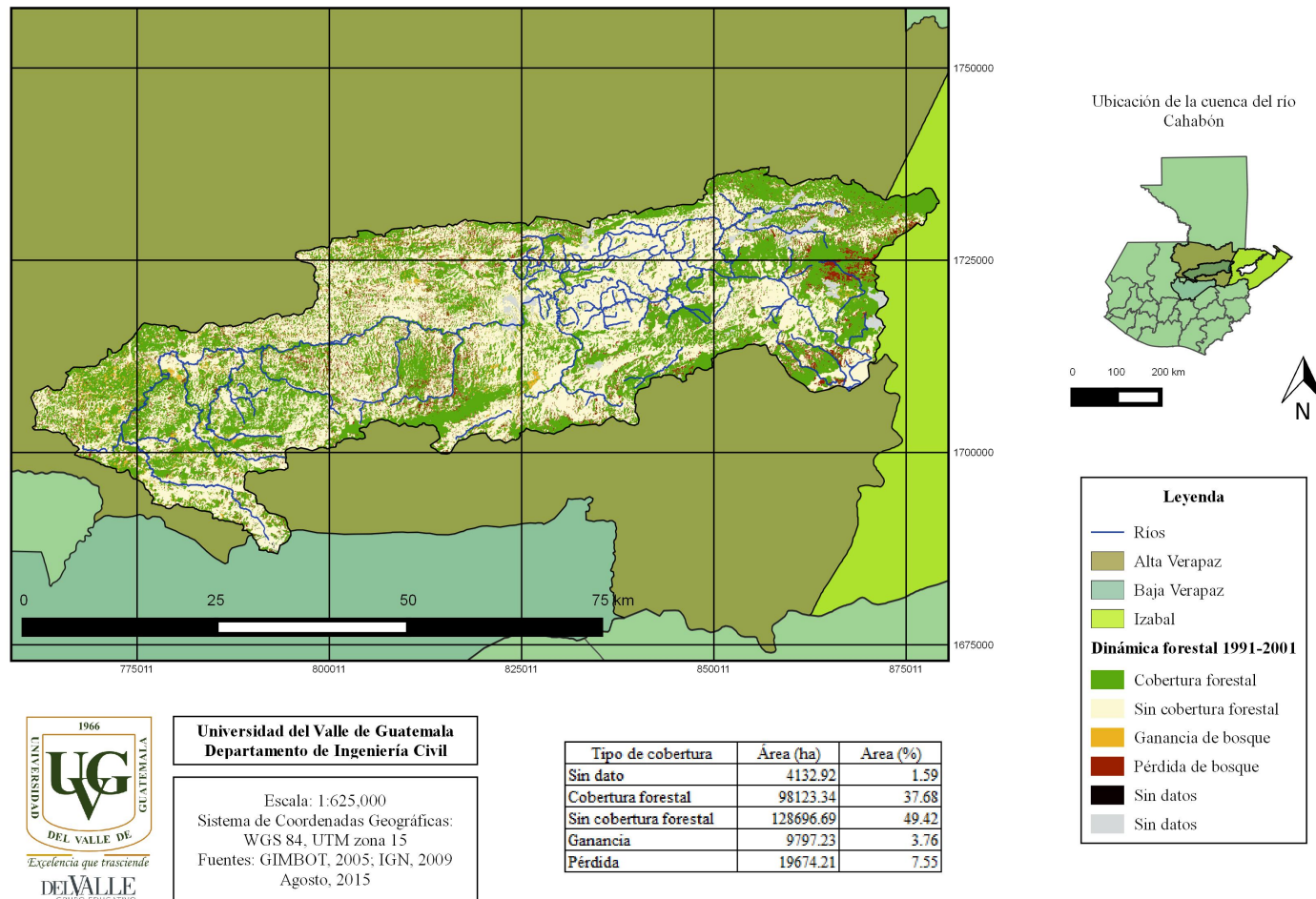
Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 53. Índice de desarrollo humano por municipio de la cuenca del río Cahabón.



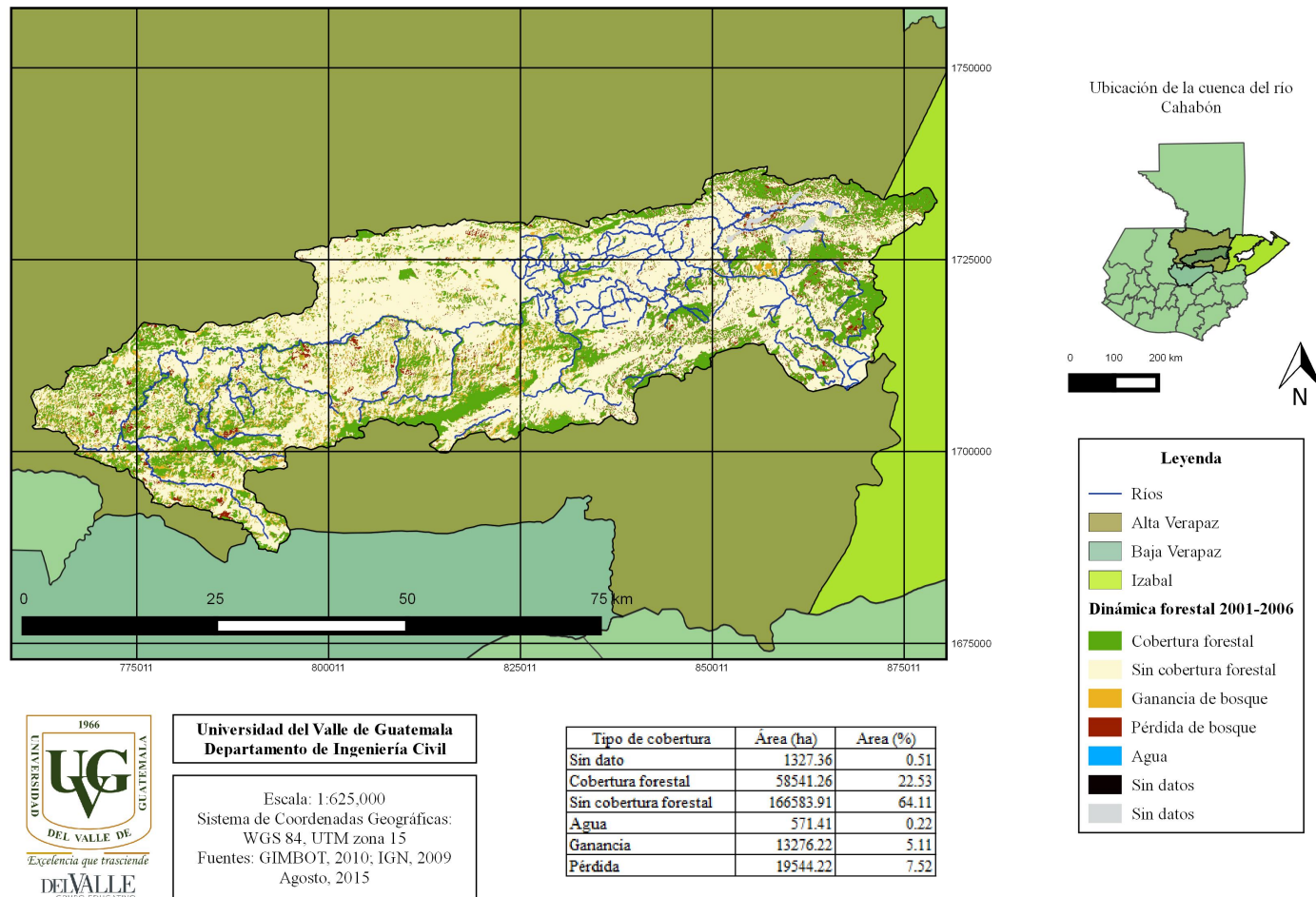
Fuente: Elaborado con información de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2011.

Mapa 54. Dinámica de cobertura forestal para el período 1991-2001 en la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009 y GIMBOT 2006.

Mapa 55. Dinámica de cobertura forestal para el período 2001-2006 en la cuenca del río Cahabón.

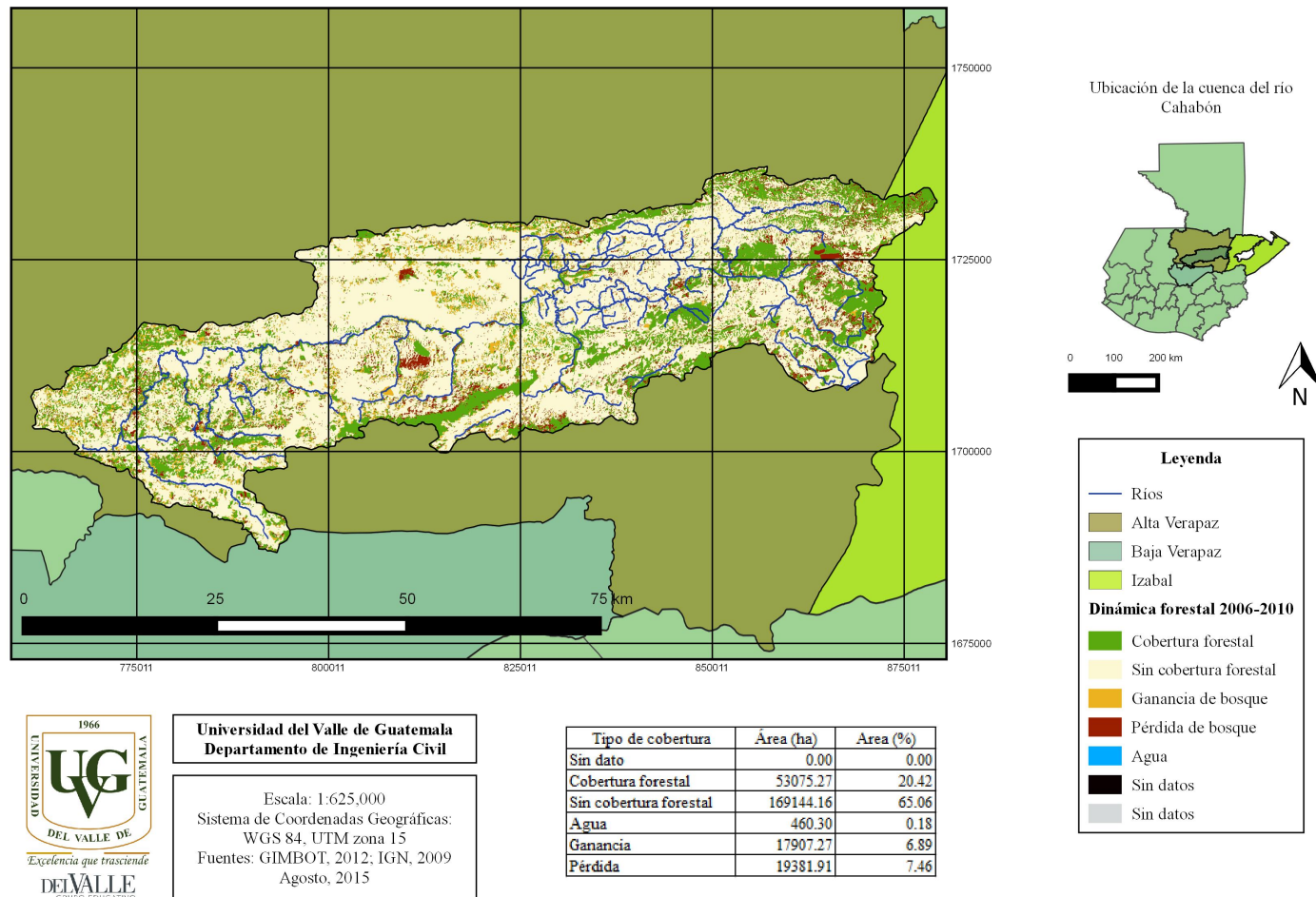


Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:625,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: GIMBOT, 2010; IGN, 2009  
Agosto, 2015

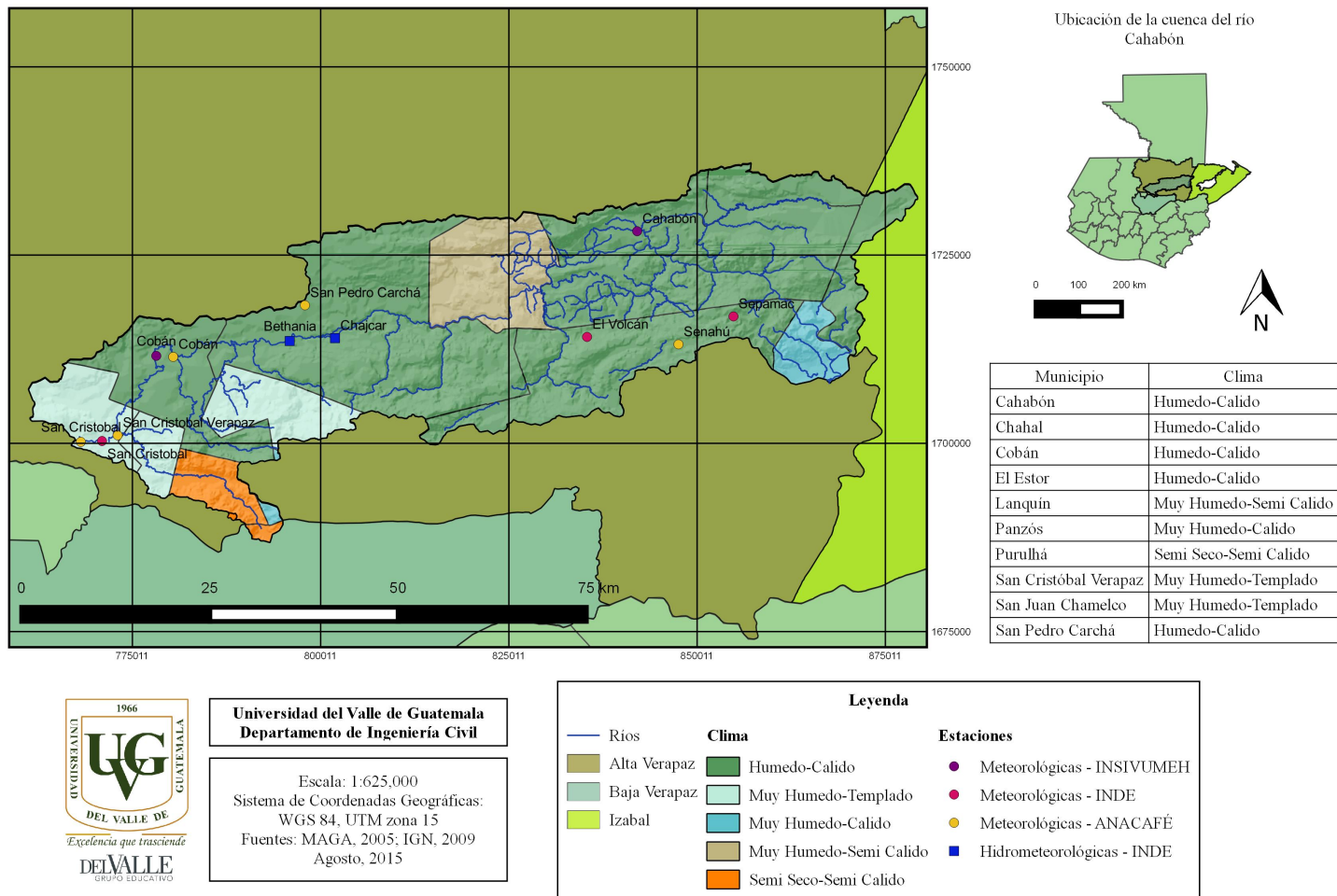
Fuente: Elaborado con información IGN, 2009 y GIMBOT, 2010.

Mapa 56. Dinámica de cobertura forestal para el período 2006-2010 en la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009 y GIMBOT, 2012.

Mapa 57. Ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas actuales en zonas climáticas de la cuenca del río Cahabón.

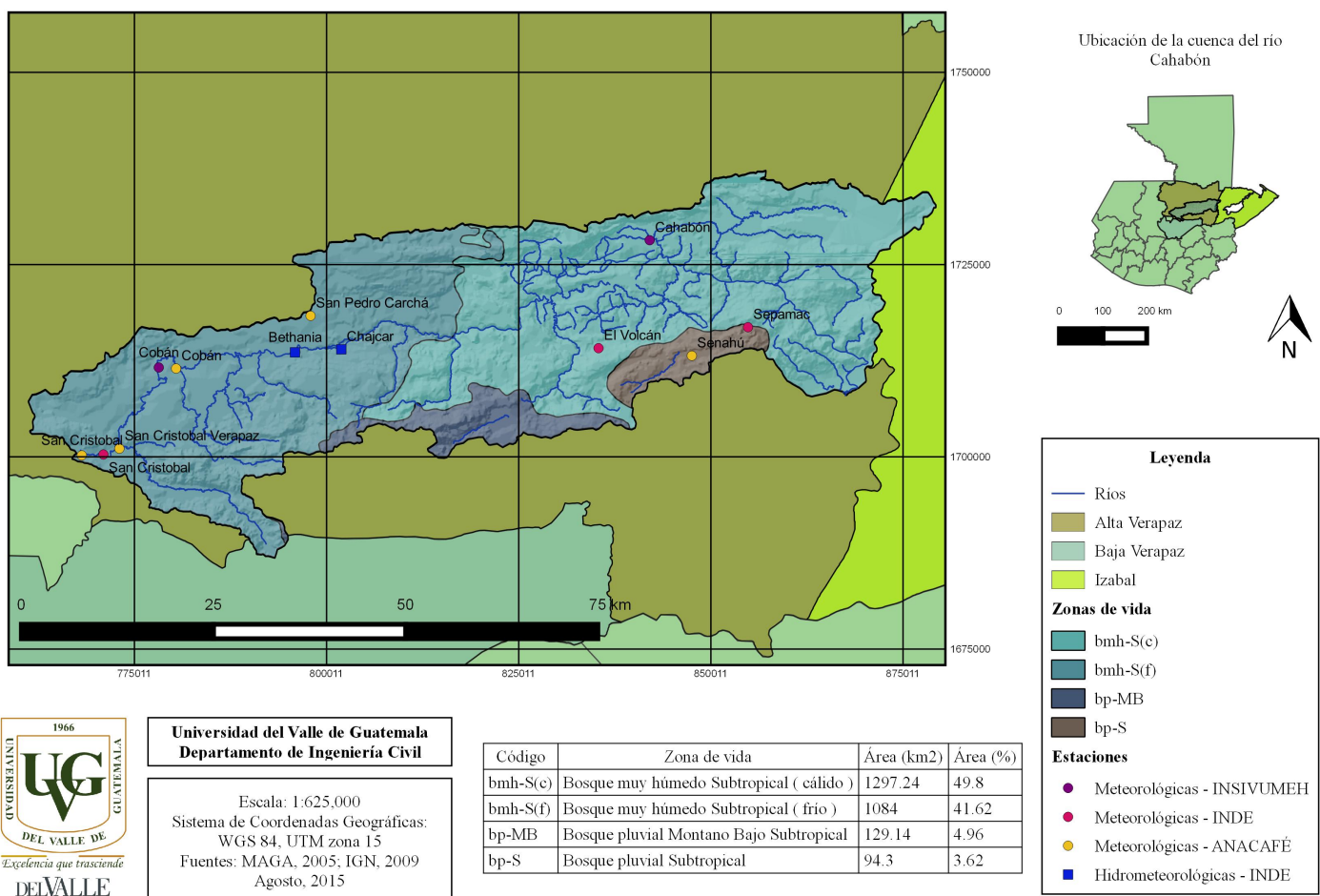


Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:625.000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MAGA, 2005; IGN, 2009  
Agosto, 2015

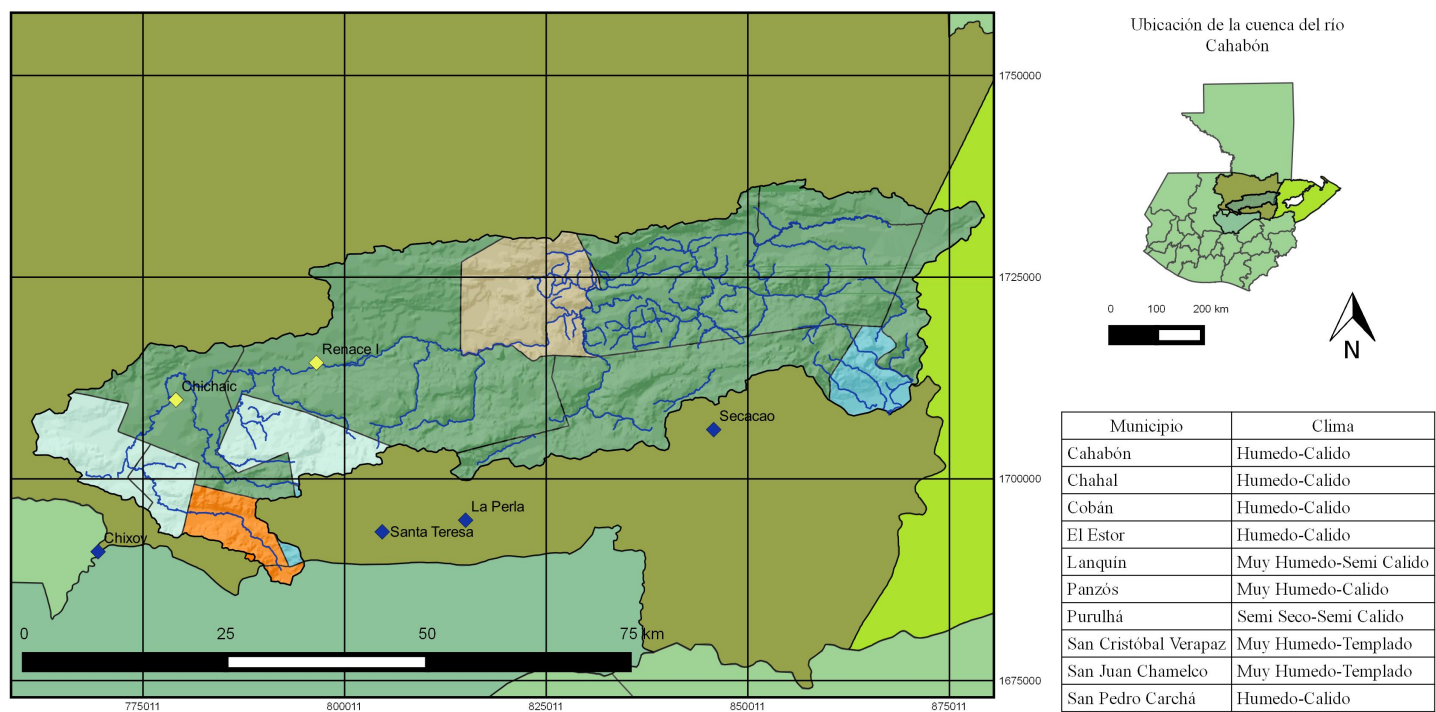
Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 58. Ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas actuales en zonas de vida de la cuenca del río Cahabón.



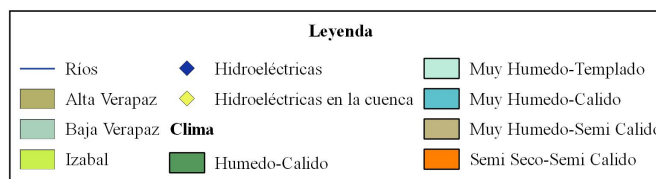
Fuente: Elaborado con información de MAGA, 2005; IGN, 2009 .

Mapa 59. Ubicación de hidroeléctricas activas en zonas climáticas de la cuenca del río Cahabón.



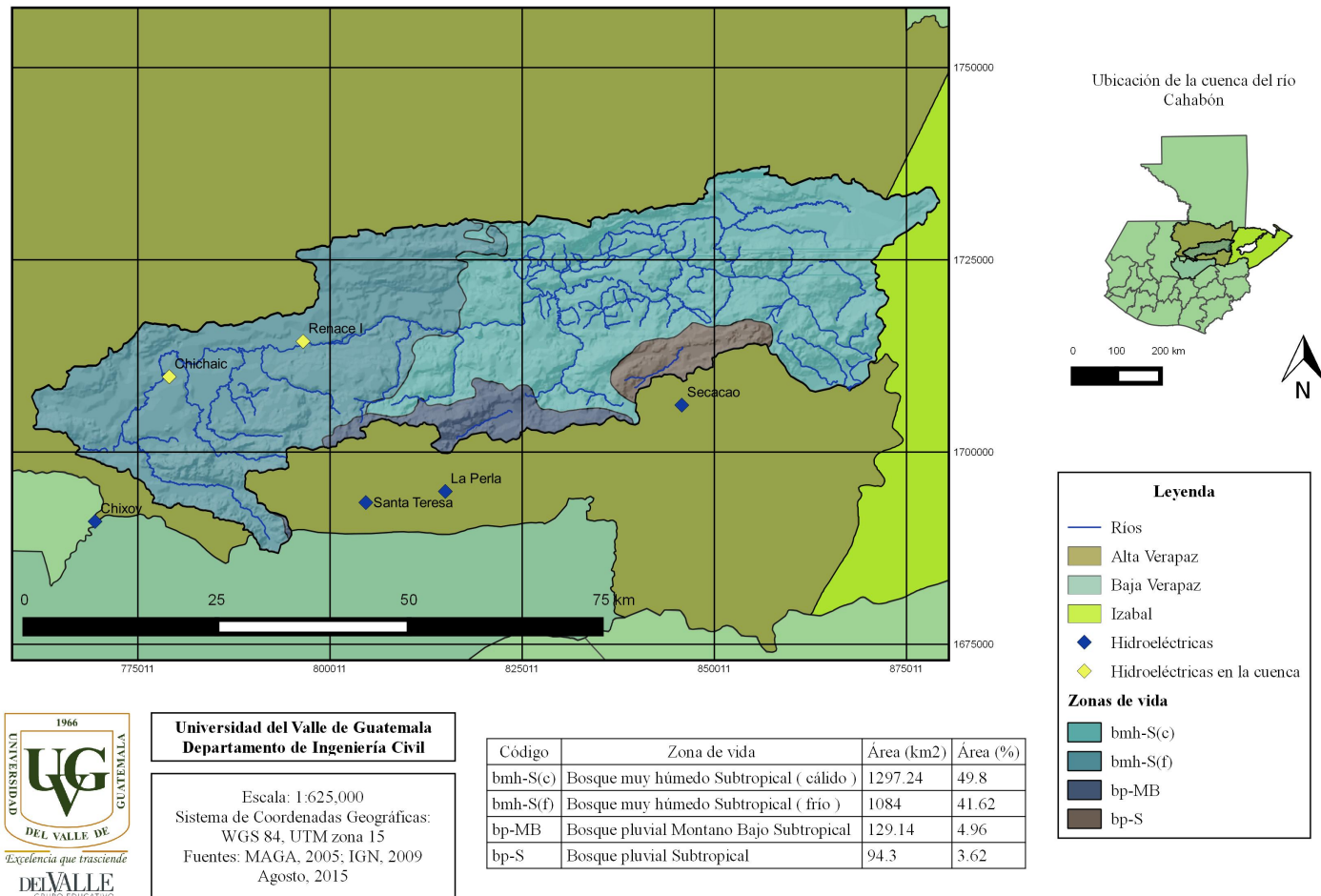
Universidad del Valle de Guatemala  
Departamento de Ingeniería Civil

Escala: 1:625,000  
Sistema de Coordenadas Geográficas:  
WGS 84, UTM zona 15  
Fuentes: MAGA, 2005; IGN, 2009  
Agosto, 2015



Fuente: Elaborado con información de IGN, 2009.

Mapa 60. Ubicación de hidroeléctricas activas en zonas de vida de la cuenca del río Cahabón.



Fuente: Elaborado con información de MAGA, 2005 e IGN, 2009.

## XXI. GLOSARIO

- Activo: Según el diccionario de la Real Academia Española (DRAE), se refiere a algo que obra prontamente o produce sin dilación su efecto.
- Aerogeneradores: son turbinas de viento que se asemejan en forma a un molino. La función principal es transformar la energía cinética del viento en energía eléctrica. Cuando el viento posee cierta velocidad, el mismo hace girar las paletas del “molino”, las cuales están conectadas a una bobina, que se encarga de la transformación de energía.
- Aeronáutica: «Ciencia que estudia la navegación aérea»
- Afluentes: «Son los ríos secundarios que desagan en el río principal.»
- Aforo: es el procedimiento que se realiza en una sección conocida de un río para poder medir el caudal correspondiente del cuerpo de agua. Las mediciones del caudal pueden ser puntuales o permanentes, lo cual dependerá del objetivo de las mediciones, pues para proyectos hidroeléctricos, las mediciones en el tiempo son las que proporcionan la información más valiosa.
- Agroforestal: Adjetivo atribuido a aquellas prácticas que involucran actividades agrícolas y forestales en conjunto.
- Agrológico: relativo a la agrología, en base a las características de las tierras cultivables
- Aguas depuradas: Aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable.
- Antropogénico: «De origen humano o derivado de la actividad del hombre.» (GreenFacts, n.d.)
- Atenuación: «Disminución de la intensidad.»
- Automatización: «Acción y efecto de automatizar».
- Balance hídrico: el equilibrio entre las entradas y salidas de agua en un sistema, en un lugar y tiempo determinados, en base a los procesos del ciclo hidrológico.
- Batería ciclo profundo: Guardan energía de modo que las fuentes de corriente eléctrica las recarguen por medio de alternadores como los paneles solares, molinos de viento y otros (Cavasassi, 2012).
- Biodegradable: «Dicho de un compuesto químico: Que puede ser degradado por acción biológica.» (Real Academia Española, n.d.)
- Biodiversidad: «Variedad de especies animales y vegetales en su medio ambiente.» (Real Academia Española, n.d.)
- Bosque de galería: vegetación que cubre la riberas de los ríos, lagos y otros cuerpos de agua.
- Bosque latifoliado: comprende especies forestales de hojas anchas con importancia en diversidad de especies por la creación de hábitats.
- Bosque mixto: cobertura forestal que incluye especies de coníferas y de latifoliadas.
- Cárstica: «Rocas carbonatadas, como las calizas u otras rocas solubles (yesos, sales).»
- Caudal: Se define como la cantidad de líquido o gas que fluye en un determinado lugar por unidad de tiempo.

- Células fotovoltaicas (placas semiconductoras): los electrones de las células fotovoltaicas poseen la capacidad de absorber la energía emitida por la luz (fotones). Los fotones le brindan la energía necesaria a los electrones para liberarse de los átomos (en la capa más externa de los mismos). Los electrones empiezan a moverse, y el espacio que dejan libre es ocupado por otro electrón, resultando así que una parte de la lámina de la placa conductora posea más concentración de electrones, originando el voltaje.
- Ceniza volcánica: Geol. Producto expulsado en el transcurso de una erupción volcánica, formado por granos de tamaño inferior a 2 mm. Puede permanecer en suspensión en la atmósfera durante un tiempo considerable, y depositarse a grandes distancias del foco de emisión. (RACEFN)
- Censo poblacional: «Estudio de una zona determinada que da como resultado la enumeración de toda la población y la recopilación de la información demográfica, social y económica concerniente a dicha población en un momento dado.» (Centro Centroamericano de Población)(Centro Centroamericano de Población).
- Centros de acción: «Regiones en las que se generan las masas de aire que definen el tiempo atmosférico.»
- Ciclo monzónico: «Resultado de la variación de la radiación solar entrante y el calentamiento en las superficies de la tierra y el agua.»
- Ciudadanía: Condición que reconoce a una persona una serie de derechos políticos y sociales que le permiten intervenir en la política de un país determinado.
- Clima: «Conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región».
- Cobertura vegetal:«Proporción del suelo ocupada por la proyección perpendicular de las partes aéreas de las plantas sobre el suelo.» (UNESCO)
- COGUANOR: Comisión Guatemalteca de Normas.
- Coliformes:«[...] designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.» (Diken Internacional)
- Coliformes fecales: «Segmento de las coliformes totales»
- Coloide: «Sustancia de partículas muy pequeñas dispersas en un medio sin llegar a ser una auténtica disolución, presenta una cierta homogeneización que se difunde lentamente y puede atravesar los filtros ordinarios, pero no los ultra filtros, tienen un tamaño comprendido entre 10 y 10,000 Å. En ejemplo claro de un coloides es la gelatina.»
- Compacidad (Coeficiente): Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca.
- Concertación: Es un acuerdo realizado entre varias partes para un fin específico. (World Vision)
- Condensación:«Proceso por el cual el vapor de agua (gas) se transforma en agua (líquido)» (UNESCO)

- Constitución: Es la máxima ley, la ley fundamental y la de mayor jerarquía. En ella se establecen los derechos y obligaciones de los ciudadanos, la estructura y organización del Estado y bajo sus lineamientos se aprueban las demás normas que rigen la vida del país.
- Contaminación: «f. Degradación que sufre el medio ambiente por las sustancias perjudiciales que se vierten en él» (WordReference).
- Coordenadas: «f. Geom. Cada una de las rectas que son paralelas a cada uno de los dos ejes de referencia, trazados sobre un plano, o a alguna de las intersecciones de tres planos, con respecto a los cuales se determina la posición de un punto del espacio por las longitudes de dichas rectas, contadas desde los ejes o planos no paralelos a ellas» (RAE).
- Coordenadas geográficas: Son un conjunto de líneas imaginarias que permiten ubicar con exactitud un lugar en la superficie de la Tierra.
- Corriente: «f. Movimiento de traslación continuado, ya sea permanente, ya accidental, de una masa de materia fluida, como el agua o el aire, en una dirección determinada» (RAE).
- Corte transversal: Sección por donde ha sido cortada una pieza, terreno, etc. (RAE).
- Cosmovisión: Manera de interpretar el mundo. Conjunto de creencias que permiten analizar y reconocer la realidad a partir de la propia existencia.
- Cota: «f. topog. Número que en los mapas indica la altura de un punto sobre el nivel del mar o sobre otro plano de nivel» (WordReference).
- Crecida: «Aumento del caudal de los ríos y arroyos» (Real Academia Española, n.d.).
- Cresta de montaña: «f. Pícos de una montaña» (WordReference).
- Cuencas hidrográficas: «Territorio cuyas aguas afluyen todas al mar a través de una red de cauces secundarios que convergen en un cauce principal único» (Asociación de Riego Sostenible).
- Cultivos: Cuenca con cauce del río compartido dentro de 2 o más países.
- Curva de nivel intermedia: Representación de altura a un mismo nivel que se encuentra y representa valores contenidos entre 2 curvas de nivel maestras.
- Curva de nivel maestra: Representación de altura a un mismo nivel que permite llevar un control de cotas en múltiplos numéricos determinados.
- Curvas de nivel: Relacionado a la topografía que permite realizar una línea por puntos de un terreno que se encuentran a la misma altura.
- Deforestación: Tala desmedida de bosques que puede causar inestabilidad en el ambiente.
- Demografía: Ciencia que estudia las poblaciones humanas tratando, desde un punto de vista principalmente cuantitativo, su estructura su dimensión, su evolución y sus características generales.
- Densidad de drenaje: Relación entre la infiltración y la escorrentía, dando a conocer la permeabilidad que posee el terreno (Linsley, Kohler, & Paulus, 1977).
- Densidad poblacional: Cantidad de habitantes establecidos en un área determinada, comúnmente se expresa en habitantes por kilómetro cuadrado.

- Departamento: «m. En algunos países de América, provincia (l división de un territorio sujeta a una autoridad administrativa)» (RAE).
- Desarrollo Social: Se refiere al desarrollo del capital humano y del capital social de una sociedad. Implica y consiste en una evolución positiva en las relaciones entre individuos, grupos e instituciones.
- Desastres: «m. Cosa de mala calidad, mal resultado, mala organización, mal aspecto, etc.» (RAE).
- Digitalizar: Se hace para mostrar datos de manera digital.
- Dolina o sigüan: Depresión de forma circular característica de zonas cársticas.
- Drenaje: Sistema de tuberías utilizado para el desalajo de líquidos y aguas negras.
- Drenaje clandestino: Sistema de tuberías utilizado para el desalajo de líquidos y aguas negras, generalmente su elaboración es improvisada y no cuenta con el aval de la municipalidad encargada de velar por su correcta utilización e instalación.
- Drenaje municipal: Sistema de tuberías utilizado para el desalajo de líquidos y aguas negras, que cuenta con el aval de la municipalidad encargada de velar por su correcta utilización e instalación.
- Drenaje urbano: Sistema de tuberías utilizado para el desalajo de líquidos y aguas negras, parte de la red urbana.
- Ecología: «f. Ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno» (RAE).
- Ecorregión: Ecosistema extenso delimitado por sus características geográficas, de clima y de los seres que la habitan.
- Ecosistema: «m. Comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente» (RAE).
- Ecoturismo: tipo de turismo que aprovecha los recursos naturales como atractivo que procura ocasionar el menor daños posible al entorno en que se desarrolla.
- Ecuador: « m. Geogr. Círculo máximo que equidista de los polos de la Tierra» (RAE).
- Efecto invernadero: «Es el motivo del calentamiento global y el cambio climático, es el aumento de los gases de efecto invernadero los que aumentan la absorción de calor y a su vez genera cambios».
- Efímero: «adj. Pasajero, de corta duración» (RAE).
- Efluente: «Líquido que procede de una planta industrial.» (Real Academia Española, n.d.)
- Embalse: «Gran depósito que se forma artificialmente, por lo común cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa, y en el que se almacenan las aguas de un río o arroyo, a fin de utilizarlas en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones, en la producción de energía eléctrica, etc.» (Real Academia Española, n.d.).
- Encharcamiento: «m. Acumulación de agua en parte de un terreno» (El Mundo).
- Endémico: especies de flora y fauna restringidas a un territorio, donde sólo en él pueden ser encontradas.
- Endorreico: «m. Geol. Afluencia de las aguas de un territorio hacia el interior de este, sin desagüe al mar» (RAE).

- Equidistante: «intr. Geom. Dicho de un punto, de una línea, de un plano o de un sólido: Hallarse a igual distancia de otro determinado» (RAE).
- Erosión: «f. Desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, como el agua o el viento» (RAE).
- Escala: «f. Tamaño de un mapa, plano, diseño, etc., según la escala a que se ajusta» (RAE).
- Escherichia Coli: Bacteria principal del grupo Coliforme, que es relevante como indicador de contaminación de agua y alimentos. (Diken International)
- Escorrentía: «Agua de lluvia que discurre por un terreno» (RAE).
- Esquistos: «m. Roca metamórfica de color negro azulado que se divide con facilidad en hojas o láminas.»
- Esquistosomiasis: «Enfermedad parasitaria producida por gusanos platelmintos de la clase trematodos del género Schistosoma.» (Organización Mundial de la Salud, 2012)
- Estaciones de lluvia: Periodos de tiempo que se caracterizan por lluvias continuas.
- Estaciones meteorológicas: «Es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico» (PCE-Iberica).
- Estado: Comunidad social con una organización política común y un territorio y órganos de gobierno propios que es soberana e independiente políticamente de otras comunidades.
- Estepa: «Bioma que comprende un territorio llano, de vegetación herbácea, propio de climas extremos y escasas precipitaciones.»
- Estiaje: Referente a la época seca en el año, cuando los caudales de los ríos son mínimos.
- Estuarios: «m. Desembocadura de un río caudaloso en el mar, caracterizada por tener una forma semejante al corte longitudinal de un embudo, cuyos lados van apartándose en el sentido de la corriente, y por la influencia de las mareas en la unión de las aguas fluviales con las marítimas.» (RAE)
- Eutrófico: «Dicho de un órgano o de un organismo: En estado de eutrofia.» (Real Academia Española, n.d.)
- Eutrofización: «Incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, que provoca un exceso de fitoplancton» (Real Academia Española, n.d.).
- Evaporación: «Acción y efecto de evaporar o evaporarse» (Real Academia Española, n.d.).
- Evotranspiración: se define como la evaporación de la superficie terrestre (incluyendo todos los cuerpos de agua), prestando énfasis específicamente en la evaporación de los seres vivos, en especial las plantas.
- Exorreica: «adj. GEOG. Se dice del terreno que tiene aguas superficiales que llegan hasta el mar» (El Mundo)
- Fauna: Grupo de especies animales que viven en un área.
- Fenómenos hidrometeorológicos: «Fenómeno formado por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera. Las partículas acuosas pueden estar en suspensión, ser remontadas por el viento desde la superficie terrestre o ser depositadas sobre objetos situados en la

atmósfera libre. Entre los principales se encuentran la lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, neblina, rocío, escarcha, chubasco y tromba» (Tutiempo.net, n.d.).

- Fisiografía: Estudio del conjunto de características de relieve de una zona.
- Flora: Grupo de especies vegetales que viven en un área.
- Flujo turbulento: se define como flujo turbulento, a la trayectoria de un flujo de agua cuyas partículas poseen un gradiente de velocidad significativo, provocando el choque entre partículas y por consecuencia, efectos de rotación en las mismas. Debido a la rotación y al choque constante de partículas, el flujo es caótico, es decir, no se puede predecir su movimiento.
- Freático: «Nivel de las aguas subterráneas, también llamado acuífero, que se puede encontrar a distintas profundidades, dependiendo de la fuente que los origina» (UNESCO).
- Ganadería: «f. Crianza, granjería o tráfico de ganados» (RAE).
- Garífuna: «Los garífuna son un grupo étnico afro descendiente que reside en varias regiones de Centroamérica, Caribe y Estados Unidos» (Universidad Panamericana Rabinal, 2011).
- Gaseoso: «adj. Con las propiedades del gas» (WordReference).
- Gases de efecto invernadero: «Gases que se encuentran en la atmósfera que tienen como función captar la radiación solar para aumentar la temperatura del aire, haciéndola apta para la existencia de la vida»
- Geodesia: «f. Ciencia matemática que estudia y determina la figura y magnitud de todo el globo terrestre o de una gran parte de él, y construye los mapas correspondientes» (WordReference).
- Geoespacial: adj. De o relacionado a la posición relativa de cosas en la superficie terrestre. (Collins English Dictionary).
- Geomorfológico: «Pertenciente o relativo a la geomorfología» (Real Academia Española, n.d.).
- Georreferenciación: Procedimiento utilizado para el posicionamiento geográfico de objetos por medio del uso de sistemas de coordenadas.
- Gestión: Acción o trámite que, junto con otros, se lleva a cabo para conseguir o resolver una cosa.
- GIS: Acrónimo por sus siglas en inglés, Geographic Information System. Sistema de Información Geográfico.
- Globo terrestre: Representación de las características físicas de la tierra en forma esférica.
- GPS: Siglas del inglés Global Position System. Es un sistema que hace uso de satélites para determinar la posición de objetos sobre el globo terrestre (Diccionario.com).
- GRASS: Siglas del inglés Geographic Resources Analysis Support System. Es un software libre que permite el manejo de datos geoespaciales, análisis, procesamiento de imágenes, gráficos y producción de mapas. (GRASS GIS, 2013)
- GTM: Siglas en español para el sistema de coordenadas locales (Guatemala Transversa Mercator).
- Guamil: Cobertura vegetal que surge de la regeneración de espacios previamente desprovistos de vegetación.
- Hábitat: «Lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal» (Real Academia Española, n.d.).

- Hacinamiento: Estado de cosas lamentable, caracterizado por el amontonamiento o acumulación de individuos o animales en un mismo lugar, el cual no esté preparado para albergarlos.
- Hidatidosis: «Enfermedad causada por cestodos del género Echinococcus. Es una parasitaria, provocada por las larvas de un tipo de tenia, que se transmite por la ingestión de alimentos infectados y que forma quistes en órganos vitales: hígado, pulmón, etc.» (Berrueta, 2015).
- Hidráulica: «Pertenece o relativo a la hidráulica. Parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos.» (Real Academia Española, n.d.).
- Hidrocarburos: Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados por átomos de carbono e hidrógeno. Pueden encontrarse en la naturaleza en 3 estados, sólido, líquido y gaseoso. La máxima representación de los hidrocarburos son el gas natural y el petróleo.
- Hidroeléctrica (Planta): «Una planta hidroeléctrica es una instalación para generar electricidad aprovechando la energía potencial del agua» (Torres Obleas, 2010).
- Hidroelectricidad: adj. De la energía eléctrica obtenida por fuerza hidráulica o relativo a ella
- Hidrología: «Parte de las ciencias naturales que trata de las aguas» (Real Academia Española, n.d.).
- Hidrometeoro: «Meteoro producido por el agua en estado líquido, sólido y de vapor» (Real Academia Española, n.d.).
- Hoja cartográfica: Son representaciones geográficas de la tierra en una superficie plana. Su diferencia con los mapas es la inclusión de información de nivel del terreno y datos para la correcta georreferenciación de los elementos presentados.
- Humedad: «f. Presencia de agua u otro líquido en un cuerpo o en el ambiente» (El Mundo).
- Humedal: «Terreno de aguas superficiales o subterráneas de poca profundidad» (Montipedia).
- Huso: «Cada una de las partes en que queda dividida la superficie terrestre por veinticuatro meridianos y en que rige una misma hora» (WordReference).
- IGN: Acrónimo para Instituto Geográfico Nacional. «Es una dependencia del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; de carácter técnico científico, rector y proveedor de productos y servicios, que elabora y garantiza la información geográfica y cartográfica confiable para la investigación, planificación y monitoreo, para el desarrollo del país a nivel público y privado» (IGN).
- Impacto ambiental: Efectos o consecuencias generadas en el ambiente tras la realización de algún procedimiento o proyecto.
- Inactivo: «Carente de acción o movimiento».
- Incertidumbre: Duda de la certeza en la precisión de una medida o un dato.
- Independencia energética: Capacidad de un país o de una persona de no requerir petróleo u otros combustibles fósiles, de otro país; y continuar con el mismo estilo y calidad de vida.
- Índice de aridez: «Valor que indica el déficit de humedad.»
- Índice de Desarrollo Humano: Indicador que expresa de manera sintética tres dimensionales básica para el desarrollo humano: salud, educación y nivel de vida.

- Índice de humedad: «Excedente de agua durante los meses en donde la precipitación es mayor que la evapotranspiración»
- Índice hídrico: «Reflejan el régimen de precipitación y evaporación»
- Indígena: Etnia representativa del poblador originario del territorio que habita.
- Infiltración: «f. Introducción o penetración paulatina de un líquido entre los poros de un sólido» (WordReference).
- Ingeniería Civil: Rama de la Ingeniería que se dedica al estudio y comprensión de procesos constructivos relacionados a la realización de obras de infraestructura, edificación, urbanización, demolición, etc.
- Inland: Término en inglés que se refiere a "tierra adentro" o "hacia el interior".
- In situ: «En el lugar, en el sitio».
- Insoluble: «adj. Que no puede disolverse ni diluirse» (WordReference).
- Instrumento ambiental: «Documentos técnicos en los cuales se encuentra contenida información necesaria para realizar una identificación y evaluación ordenada de los impactos o riesgos ambientales de un proyecto, obra, industria o actividad» (Diario de Centroamérica).
- Integral: Que comprende todos los aspectos o todas las partes necesarios para estar completo.
- Intermitente: «adj. Que se interrumpe y se reactiva, generalmente en intervalos regulares» (WordReference).
- Inundación: «Período en el que las precipitaciones reales son muy superiores a la media del escenario en particular. Una inundación se caracteriza por el aumento de los niveles de las orillas de los ríos, que a veces se extienden mucho más allá del río» (Asociación de Riego Sostenible).
- Inversión: «Acción de destinar los bienes de capital a obtener algún beneficio» (WordReference).
- Invierno benigno: «Clima que se encuentra templado o suave».
- JPG: Formato estándar para el manejo de imágenes digitales.
- Laderas: «f. Declive de un monte o de una altura» (RAE).
- Ladino: Cultura con orígenes en el siglo XVI, poco después del surgimiento de las familias de mestizos, principalmente por la unión (muchas veces violenta y otras pacífica) de sangre indígena y española. (Universidad Panamericana Rabinal, 2011)
- Lago: «m. Gran masa permanente de agua depositada en depresiones del terreno» (RAE).
- Láser: «(Del ingl. laser, acrónimo de light amplification by stimulated emission of radiation, amplificación de luz mediante emisión inducida de radiación). m. Dispositivo electrónico que, basado en la emisión inducida, amplifica de manera extraordinaria un haz de luz monocromático y coherente» (RAE).
- Latifoliado: «Comunidad de árboles propio de los climas cálidos y húmedos, templados y fríos; éstos bosques se caracterizan por la presencia de especies de las familias y géneros del tipo Angiospermas; es decir, árboles de hoja ancha como caoba, cedro, hormigo [...]» entre otros (Infojardín).

- Latitud: «f. Distancia que hay desde un punto de la superficie terrestre al Ecuador, contada por los grados de su meridiano» (WordReference).
- Leña: «f. Conjunto de troncos, ramas y trozos de madera seca que se emplea para hacer fuego» (WordReference).
- Levantamiento topográfico: Permite trazar mapas o planos de un área haciendo uso de las características físicas del mismo como las diferentes alturas.
- Línea divisoria: «Son líneas ubicadas en los puntos de cota máxima de las cuencas, estas dividen la precipitación que cae entre cuencas inmediatamente vecinas» (World Vision).
- Liquidámbar: Se puede referir a la especie o género de árbol caducifolio que puede alcanzar alturas de 30 metros. Se caracteriza por sus hojas palmadas que cambian de color con las estaciones del año. Su hábitat se extiende por Norte América en zonas templadas.
- Longitud: «Distancia de un lugar respecto al primer meridiano, contada por grados en el Ecuador» (WordReference)
- Manantial: «m. Nacimiento de las aguas» (WordReference).
- Manto lacustre: Superficie de la tierra referente a los lagos y otros cuerpos de agua.
- Mapa: «m. Representación geográfica de la Tierra o de parte de ella en una superficie plana» (WordReference).
- Mapas digitales: Es un formato de representación para mapas de forma digital que facilita el intercambio de información y mejora la interacción con la información presentada.
- Mapas temáticos: Mapas con temas específicos sobre la información que presentan, mapas hídricos, eólicos, etc.
- Marginación: Situación social de aislamiento e inferioridad. Separación de una persona del trato social.
- Masas de aire: «Adquieren sus propiedades en contacto con superficies sobre las que se forman (temperatura y humedad)».
- Materia orgánica: «Contenido de desechos carbonáceos de materia vegetal o animal, originado por fuentes domésticas o industriales» (Infojardín).
- Materia prima: «Son las sustancias naturales o artificiales, elaboradas o no, empleadas por la industria de alimentos para su utilización directa, fraccionamiento o conversión en alimentos para consumo humano» (INVIMA, 2013).
- MED: Acrónimo en español para Modelo de Elevación Digital. Representación digital, en tres dimensiones, de las elevaciones de un terreno.
- Meridiano: «m. Geogr. Cada uno de los semicírculos de la esfera terrestre que van de polo a polo» (RAE).
- Mesotrófico: «Pertenece o relativo a la mesotrofia. Propiedad de las aguas de lagos con poca transparencia y escasa profundidad, que no son ni oligotróficos ni eutróficos» (Real Academia Española, n.d.).
- Microclima: Es el clima local con características distintas a las de la zona en que se encuentra.

- Miscibles: Que se puede mezclar.
- Monitoreo: Conocimiento y control de situaciones de cambio que se produzcan en un elemento de interés.
- Montañas: «f. Gran elevación natural del terreno» (RAE).
- Monzón: «Cambio estacional en la dirección del viento, que provocan cambios en la precipitación y temperatura»
- msmm: Metros sobre el nivel del mar
- Municipio: «m. Porción de territorio sometido a la autoridad de un ayuntamiento» (RAE).
- Nacimiento: «m. Lugar o sitio donde brota un manantial» (RAE).
- Nanómetros: «Es una medida de longitud utilizada para medir radiaciones.  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ »
- Natalidad: Cifra proporcional de los nacimientos que tienen lugar en una población y un periodo de tiempo determinados. Desde la perspectiva de la demografía, la tasa de natalidad constituye una medida que permite cuantificar los niveles de fecundidad.
- Nivel del mar: Punto de referencia utilizado para medir alturas que se encuentran sobre el nivel del mar.
- Nivel Freático: «Altura que alcanza la capa acuífera subterránea más superficial» (Infojardín).
- Objetos: Conjunto de figuras geométricas, textos e imágenes que permiten representar información en un plano digital.
- Octas: «Unidad de medida de la nubosidad que corresponde a la octava parte del cielo».
- Offshore: Término en inglés que se refiere a "costa afuera".
- Oligotrófico: «Pertenece o relativo a la oligotrofia. Propiedad de las aguas de lagos profundos de alta montaña, con escasa cantidad de sustancias nutritivas y poca producción de fitoplancton.» (Real Academia Española, n.d.).
- Orden: Número utilizado para clasificar el cauce de un río mediante la cantidad de ramificaciones que este posea.
- Organoléptico: Que se percibe con los sentidos a diferencia de las propiedades químicas, microscópicas, entre otras.
- Orografía: «Parte de la geografía física que trata de la descripción de las montañas».
- Ortofoto: Fotografía aérea de una porción de terreno, corregida de forma geométrica para prevenir distorsiones en la imagen final. (GRAFCAN)
- Parte alta de una cuenca: Cabecera de la cuenca en donde se da la mayor captación del agua de lluvias.
- Parte baja de una cuenca: Cercana a las costas y se evidencian impactos positivos o negativos de las acciones de las partes superiores de la cuenca.
- Parte media de una cuenca: En ésta se dan mayormente actividades productivas y es la región de amortiguamiento entre la parte alta y baja.
- Pendiente: «f. Cuesta o declive de un terreno» (RAE).
- Pérdidas por fricción: son las pérdidas de energía provocadas por el contacto entre el fluido y las paredes de la tubería utilizada como conducción del agua. Mientras más larga sea la tubería, las

pérdidas de fricción serán significativas. Para calcular las pérdidas por fricción, las ecuaciones más utilizadas son: Hazen y Williams, Manning y Darcy.

- Perfil de terreno: m. Geom. Figura que representa un terreno cortado real o imaginariamente por un plano vertical. (RAE)
- Perímetro: «m. Contorno de una superficie» (RAE).
- Permeable: «adj. Que puede ser penetrado o traspasado por el agua u otro fluido» (RAE).
- Pertenencia étnica: Grupo étnico al cual pertenece una persona o grupo de habitantes.
- Pixel: «m. Inform. Superficie homogénea más pequeña de las que componen una imagen, que se define por su brillo y color (RAE)»
- Planeación: «tr. Trazar o formar el plan de una obra» (RAE).
- Planicies: «f. Terreno llano de alguna extensión» (RAE).
- Plano de referencia: «m. Posición, punto de vista desde el cual se puede considerar algo» (RAE).
- Planta de tratamiento: Lugar donde se realizan procesos para retirar contaminantes sólidos y líquidos de aguas para recuperar su estado no dañino al ambiente.
- Plantas acuáticas: Plantas adaptadas para sobrevivir en humedales, ríos, lagos tanto dentro como fuera del agua.
- Plugin: Conocido en español como complemento. Son programas que se añaden a un programa principal y permiten aumentar las capacidades del mismo.
- Pluvial: f. Meteor. Agua procedente de la atmósfera, que desciende a la superficie terrestre en forma líquida (lluvia). (RAE)
- Población: «f. Conjunto de personas que habitan la Tierra o cualquier división geográfica de ella» (RAE)
- Polígono (Shape GIS):m. Geom. Porción de plano limitada por líneas. (RAE)
- Potencia: «f. Capacidad generativa» (RAE).
- Potencial hídrico: Capacidad generativa que posee un cuerpo de agua. (RAE)
- Pozo: «m. Hoyo profundo, aunque esté seco» (RAE)
- Pozo petrolero: m. Perforación que se hace en la tierra para buscar y extraer petróleo.
- Precipitación: «f. Meteor. Agua procedente de la atmósfera, y que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra» (RAE).
- Prevención: «f. Preparación y disposición que se hace anticipadamente para evitar un riesgo o ejecutar algo» (RAE).
- Proyección: «f. Geom. Figura que resulta, en una superficie, de proyectar en ella todos los puntos de un sólido u otra figura» (RAE)
- Proyecto: «m. Plan y disposición detallados que se forman para la ejecución de una cosa» (El Mundo).
- Punto: Es el elemento geométrico más simple que permite representar una posición en un espacio.
- Punto de control: Puntos seleccionados o de interés en un área específica para el monitoreo de un elemento.

- Radar: «m. Electr. Sistema que utiliza radiaciones electromagnéticas reflejadas por un objeto para determinar la localización o velocidad de este» (RAE).
- Ramificación: f. Hidro. División y extensión de las ríos o riachuelos que, como ramas, nacen de un mismo principio o tronco. (RAE)
- Raster (GIS): Nombre que reciben las imágenes que pueden colocarse sobre un plano digital en un programa GIS.
- Recarga hídrica: Áreas de tierra o procesos por los cuales un acuífero recibe un aporte de agua. «La recarga natural procede del agua de infiltración o agua superficial de las precipitaciones que se infiltra en el terreno, del agua de ríos y lagos, y en acuíferos litorales, incluso del agua del mar» (Infojardín).
- Recurso hídrico: «Son todas las fuentes de agua, representadas por los mares, ríos, lagos, embalses, aguas subterráneas, etc. que favorecen el desarrollo y la conservación de la vida en el planeta» (Infojardín).
- Red hidrométrica: Conjunto de estaciones de medición que se tiene dentro de un sistema que puede ser de riego, hidrográfico o de agua potable. Tiene como fin determinar el caudal que circula en toda la red.
- Red trófica: conjunto de organismos relacionados entre sí por la transferencia de energía y nutrientes.
- Registro pluvial: Agua proveniente de lluvia.
- REGSA: Acrónimo en español para Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental. Este es un acuerdo gubernativo emitido oficial.
- Rehabilitación: f. Conjunto de métodos que tiene por finalidad la recuperación de una actividad o función perdida o disminuida por impacto ambiental negativo (RAE).
- Relieve: «m. Conjunto de formas complejas que accidentan la superficie del globo terráqueo» (RAE).
- Resolución (GIS): Calidad de una imagen, que depende del número de columnas de puntos de luz que se pueden mostrar. (El Mundo)
- Riachuelo: «m. Río pequeño y de poco caudal» (RAE).
- Río: «m. Corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar» (RAE).
- Roca impermeable: Roca que no permite el traslado de agua.
- Rocas sedimentarias: son rocas formadas por la acumulación de material orgánico e inorgánico (sedimentación), que por efectos del viento y del agua son transportados. A partir de procesos físicos y químicos (diagénesis), las rocas inician su composición, formando un material con cierto grado de consolidación.
- Roza: práctica agrícola que consiste en la remoción de la parte superior de la vegetación. En países del trópico usualmente es acompañada de la quema de los restos vegetales para dar paso a nuevos cultivos.
- Rural: Pertenciente o relativo a la vida del campo y a sus labores.
- Saturación: Nombre que recibe el estado de un suelo que se encuentra colmado de agua.
- Sector primario: Actividades económicas relacionadas con la transformación de los recursos naturales en productos primarios no elaborados.

- Sector secundario: Actividades económicas que transforman los productos primarios en productos de consumo. Conocido como sector industrial.
- Sector terciario: Actividades económicas relacionadas con los servicios materiales no productivos. Servicios que se prestan para cubrir las necesidades de la población.
- Sedimentación: «m. Proceso por el que materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad» (RAE).
- Sincretismo: Conciliación de distintas doctrinas o posturas. Implica la fusión de diferentes elementos que, en ocasiones, carecen de una coherencia interna.
- Sinóptica: «Que permite una exposición general de una materia o asunto, presentados en sus líneas esenciales».
- Sostenible: Está en condiciones de conservarse o reproducirse por sus propias características, sin necesidad de intervención o apoyo externo.
- Subducción de placas: se le denomina subducción al proceso mediante el cual una placa oceánica se sumerge bajo una placa continental. Un ejemplo de este fenómeno es el movimiento de subducción que existe entre la placa de Cocos y la placa del Caribe en Guatemala, generando así cadenas volcánicas numerosas y extensas.
- Sustentable: Que se puede sustentar o defender con razones.
- Tasa de Crecimiento Poblacional: Promedio porcentual anual del cambio en el número de habitantes, como resultado de nacimientos y muertes, y el balance de los migrantes que entran y salen de un país.
- Topografía: «Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno».
- Transpiración: «Salida de vapor de agua, que se efectúa a través de las membranas de las células superficiales de las plantas, y especialmente por los estomas» (Real Academia Española, n.d.).
- Tundra: «Bioma que se caracteriza por su subsuelo helado, falta de árboles naturales, lo cual se debe al clima muy frío. La vida vegetal tiende a ser de crecimiento bajo».
- Urbano: Perteneciente o relativo a la ciudad.
- Vertiente hidrográfica: región o superficie por la que fluye el agua.
- Yacimientos de hidrocarburos: Estructura geológica en el subsuelo conformada por rocas porosas y permeables que permiten la acumulación de petróleo y gas en cantidades comercialmente explotables y rodeadas por rocas adyacentes impermeables que impiden la transmigración de los fluidos hacia otras zonas.
- Yacimientos de Minerales: Concentraciones anormales de un tipo determinado de roca, ya sea por procesos que llevan a la diferenciación de un magma, formación de roca sedimentaria o metamórfica que ocasionan transformaciones profundas químico-mineralógicas.
- Zonificación: división de una región de acuerdo a sus características y aplicaciones.

## XXII. LISTA DE SIGLAS

- AIMET: Agencia Estatal de Meteorología.
- AMASURLI: Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Izabal y Río Dulce
- CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
- CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CGI: Comité de Gestión Interinstitucional
- CMR: Comisión Mundial de Represas
- COCODE: Consejo Comunitario de Desarrollo
- CODEDE: Consejo de Desarrollo Departamental
- COMUDE: Consejos Municipales de Desarrollo
- CONADUR: Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural
- CONAP: Consejo Nacional de Áreas Protegidas
- COPREDEH: La comisión Presidencial Coordinadora de la Política del Ejecutivo en materia de Derechos Humanos.
- COREDUR: Consejos Regionales de Desarrollo
- COVIAL: Unidad Ejecutora de Conservación Vial
- DIP: Dirección de Incidencia Pública
- DMA: Directiva Marco de Agua
- EIA: Estudio de Impacto Ambiental
- EPT: Evapotranspiración.
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- GEA: Gabinete Específico del Agua
- GIMBOT: Grupo Interinstitucional de Monitoreo de los Bosques y Uso de la Tierra
- GIRH: Gestión Integrada de Recursos Hídricos
- GWP: Global Water Partnership
- IARNA: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar
- ICC: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático
- IDH: Índice de Desarrollo Humano
- IDIES: Instituto de Investigación Económicas y Sociales
- IGN: Instituto Geográfico Nacional
- INAB: Instituto Nacional de Bosques
- INDE: Instituto Nacional de Electrificación
- INE: Instituto Nacional de Estadística
- INGUAT: Instituto Guatemalteco de Turismo
- INSIVUMEH: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

- INTRAPAZ: Instituto de Transformación de Conflictos para la construcción de la Paz
- IPN: Instituto de Problemas Nacionales
- MAGA: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
- MARN: Ministerio de Ambiente y de Recursos Naturales.
- MEM:Ministerio de Energía y Minas
- OMS:Organización Mundial de la Salud
- ONU: Organización de las Naciones Unidas
- P: Precipitación.
- PEA:Población Económicamente Activa
- PGI:Plan de Gestión Interinstitucional
- PINFOR: Programa de Incentivos Forestales
- PINPEP: Programa de incentivos para pequeños poseedores de tierras de vocación forestal o agroforestal
- PMIC:Plan de Manejo Integrado de Cuenca
- PNUD:Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- RESAH:Reconocimiento Económico al Servicio Ambiental Hidrológico
- RSE:Responsabilidad Social Empresarial
- SEGEPLAN: Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia
- SIFGUA:Sistema de Información Forestal de Guatemala
- SIGAP: Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
- URL: Universidad Rafael Landívar
- USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
- UTE:Unidad Técnica de Ejecución
- UVG: Universidad del Valle de Guatemala.