

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Estudios Sociales y Globales

Maestría Profesional en Cambio Climático y Negociación Ambiental

Caracterización de la variabilidad climática de la cuenca hidrográfica del río Mira en el período 1981-2010, con base en la información hidrometeorológica disponible

Glenda Vanessa Chiles Arévalo

Tutor: William Sacher Freslon

Quito, 2020



Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Glenda Vanessa Chiles Arévalo, autora de la tesis intitulada “Caracterización de la Variabilidad Climática de la Cuenca Hidrográfica del Río Mira en el período 1981-2010, con base en la información hidrometeorológica disponible”, mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Cambio Climático y Negociación Ambiental en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo, por lo tanto, la Universidad utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en formato virtual, electrónico, digital u óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que, en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autora de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

14 de septiembre del 2020

Firma: _____

Resumen

El cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC) afectan la disponibilidad del recurso hídrico (RH) y constituye una preocupación a escala mundial. Ecuador, a pesar de ser un país rico en el RH, presenta una vulnerabilidad significativa frente a esto; los regímenes hidrológicos del país podrían afectarse en términos de frecuencia e intensidad de fenómenos extremos y de cambios en las precipitaciones y la temperatura, así como deshielo de glaciares Andinos. Estos cambios podrían agravar otros problemas socioeconómicos y ambientales, en particular en el ámbito de la salud humana, actividades productivas, afectación a los ecosistemas y biodiversidad. La cuenca del Río Mira (CRM) es un área estratégica en la frontera norte del país; está ubicada al Noroeste de Ecuador y al Sureste de Colombia y tiene un relieve variado; se caracteriza a priori por la VC, consecuencia de su ubicación geográfica y de esta compleja topografía. Este estudio analiza de la VC (restringiéndose a la temperatura y precipitación medias anuales) y caudales, en la parte alta de la CRM en el período 1981-2010. Se basa en la información de 34 estaciones meteorológicas y seis estaciones hidrológicas del INAMHI; se generó mapas de isoyetas e isotermas y estos se contrastaron con los del INAMHI y SUIA (MAE). La comparación de promedios decadales en el período 1981-2010 pone en evidencia una tendencia a la disminución paulatina de las precipitaciones de toda la parte alta de la cuenca. Los promedios decadales de temperatura, por su parte, no muestran una tendencia marcada, salvo variaciones importantes de aumento en estaciones específicas. Con base en estos resultados se ve la necesidad de replicar y ampliar este trabajo en todo el país para obtener una documentación satisfactoria de la VC en alta resolución.

Palabras clave: cambio climático, planificación de la adaptación al cambio climático, precipitación, temperatura

A mis padres por el cariño y dedicación que ha puesto para ofrecerme lo mejor,
siempre con su apoyo incondicional en la parte moral y económica;
para poder avanzar en mis estudios.

A mi hermano, sobrino y demás familia por ser un soporte
absoluto para la culminación de mis estudios de maestría.

Agradecimientos

Agradezco mucho por el apoyo de mi director de tesis de maestría, Ph.D. William Sacher, que sin su asistencia y conocimiento no hubiese sido posible culminar este proyecto.

Al Gobierno Provincial del Carchi, especialmente al biólogo William Défaz, por su colaboración incondicional en el avance del proyecto.

A la Fundación Randi Randi, especialmente a la doctora Susan Poats, por su contribución para el desarrollo del presente estudio.

Tabla de contenidos

Índice de ilustraciones	15
Abreviaturas.....	21
Introducción.....	23
Capítulo primero: Cambio climático y recursos hídricos	29
1. El cambio climático actual	29
1.1. Cambio climático y recursos hídricos	30
1.2. Cambio climático en el contexto andino	31
1.3. Cambio climático y recursos hídricos en Ecuador	32
1.4. Políticas del Ecuador sobre cambio climático.....	35
1.5. Necesidad de documentar la variabilidad climática en alta resolución.....	38
Capítulo segundo: Metodología	45
1. Recopilación de información.....	45
1.1. Diagnóstico de la zona	45
1.2. Información hidrometereológica	46
1.3. Variables climáticas	48
1.4. Análisis de la Cuenca	60
1.5. Representación Cartográfica de Isotermas e Isoyetas	62
1.6. Estaciones para la elaboración de mapas de Isotermas e Isoyetas	63
Capítulo tercero Descripción de la Cuenca del Río Mira.....	67
1. Datos generales de la Cuenca.....	67
1.1. Características físicas	67
1.2. Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Mira.....	72
1.3. Características bióticas	73
1.4. Características sociales.....	74
1.5. Características económicas.....	75
Capítulo cuarto: Análisis de los regímenes hidrológicos de la cuenca del río Mira	77
1. Descripción de los regímenes hidrológicos y térmico de la cuenca del Río Mira	77
1.1. Estudios existentes de los regímenes hidrológicos o meteorológicos en la cuenca del río Mira.....	77
Mapas temáticos de isoyetas e isothermas publicados por el Inamhi.....	77

1.2. Análisis de las Amenazas Climáticas (Actuales y Futuras) en el Ecuador según el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (Congope).....	79
1.3. Guía para la interpretación y uso de los escenarios de Cambio Climático (MAE-SUIA 2016).....	82
1.4. ENOS y PDO: dos fenómenos que pueden tener influencia en la variabilidad climática en el Ecuador	85
1.5. La Oscilación Decadal del Pacífico (ODP).....	86
1.6. Índice de Oscilación del Sur (IOS).....	87
1.7. Fenómeno de El Niño.....	87
1.8. Fenómeno de La Niña	88
Capítulo quinto: Análisis de resultados y vulnerabilidades	91
1.1. Isoyetas anuales en el período 1981--1990	91
1.2. Isoyetas anuales en el período 1991-2000.....	93
1.3. Isoyetas anuales en el período 2001--2010	94
1.4. Isotermas anuales en el período 1981-1990	96
1.5. Isotermas anuales en el período 1991-2000	97
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.....	98
1.6. Isotermas anuales en el período 2001 - 2010	99
1.7. Análisis de isoyetas e isotermas en series decadales 1981-1990. 1991-2000 y 2001-2010.....	100
1.8. Comparación de las isotermas promedias de las décadas 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010	101
1.9. Análisis año por año de los mapas de isoyetas e isotermas en el periodo 1981-2010 y comparación con las intensidades de ENSO y PDO.....	103
1.10. Comparación de los mapas obtenidos con los realizados por el Inamhi	106
1.11. Análisis de anomalías de temperatura y precipitación promedio anual según proyecciones futuras	108
1.12. Variabilidad climática y caudal medio anual	110
1.13. Análisis de caudales en la cuenca del Río Mira	111
1.14. Análisis de vulnerabilidades.....	113
Conclusiones y recomendaciones.....	119
Lista de referencias.....	125
Anexos.....	139

Anexo 1. Mapas físicos de la cuenca del río Mira.....	139
Anexo 2. Flora representativa.....	142
Anexo 3 Fauna representativa.....	144
Anexo 4 Comunidades y territorios colectivos presentes en la cuenca del río Mira	146
Anexo 6 Isotermas	183

Índice de ilustraciones

Lista de figuras

Figura 1 Pérdidas de hielo del Chimborazo 1802-2012, por Morueta-Home, et al (2015).	34
Figura 2 Disponibilidad de datos de precipitación. Elaboración del autor, a partir de los datos del Inamhi (2020).....	48
Figura 3 Disponibilidad de datos de temperatura. Elaboración del autor, a partir de los datos del Inamhi (2020).....	49
Figura 4. Ejemplo de correlación para la estación M0324. Elaboración del autor, a partir de los datos obtenidos del Inamhi 2020.....	54
Figura 5. Ejemplo de correlación para la estación M104. Elaboración del autor, a partir de los datos obtenidos del Inamhi 2020.....	59
Figura 6. Fotografía de la cuenca alta del río Mira	73
Figura 7. Fotografía de la rana de la familia Centrolenidae	74
Figura 8. Comportamiento interanual de la precipitación.	80
Figura 9. Comportamiento interanual de la temperatura media.	80
Figura 10. Comportamiento interanual de la precipitación.	81
Figura 11. Comportamiento interanual de la temperatura media.	81
Figura 12. Oscilación del Pacífico (PDO).....	86
Figura 13. Índice de oscilación del Sur (IOS).	87
Figura 14. Regiones de influencia del Niño.	88
Figura 15. Fenómeno de La Niña., por (National Oceanic and Atmospheric Administration 2020).....	88
Figura 16. Índice ENSO,	103
Figura 17. Disponibilidad de datos de Estaciones Hidrológicas. Elaboración del autor, a partir de los datos del Inamhi (2020).....	110

Lista de mapas

Mapa 1. Cuenca del río Mira. Elaboración del autor, a partir de los datos de Sistema Nacional de Información (2015).	28
Mapa 2. Cuenca del Río Mira en Unidades Hidrográficas Nivel 4.	60
Mapa 3. Ubicación de la cuenca del Río Mira.	61
Mapa 4. Ubicación de estaciones para Isoyetas.	64
Mapa 5. Ubicación de las estaciones para Isotermas.....	65
Mapa 6. Mapa de Elevación de la Cuenca del Río Mira.	68
Mapa 7. Áreas Protegidas Cuenca Río Mira	69
Mapa 8. Suelos de la cuenca del río Mira.....	70
Mapa 9 Mapa de Vegetación de la Cuenca del Río Mira.	71
Mapa 10. Isoyetas medias anuales de la serie histórica 1981-2010 para el Ecuador	78
Mapa 11. Isotermas medias anuales de la serie histórica 1981-2010 para el Ecuador... ..	78
Mapa 12. Precipitación anual observada en el periodo histórico 1981-2015.....	83
Mapa 13. Temperatura media anual observada en el periodo histórico 1981-2015.....	83
Mapa 14. Precipitación media anual observada en el periodo histórico 1981-2015.	84
Mapa 15. Temperatura media anual observada en el periodo histórico 1981-2015.....	84
Mapa 16. Comportamiento interanual de precipitación serie 1981-1990	92
Mapa 17. Comportamiento interanual de precipitación serie 1991-2000.	93
Mapa 18. Comportamiento interanual de precipitación serie 2001-2010.	95
Mapa 19. Comportamiento interanual de temperatura serie 1981-1990.	97
Mapa 20. Comportamiento interanual de temperatura serie 1991-2000.	98
Mapa 21. Comportamiento interanual de temperatura serie 2001-2010.	100
Mapa 22. Isoyetas medias anuales de la serie histórica 1981-2010 en series decadales.	101
Mapa 23. Isotermas medias anuales de la serie histórica 1981-2010 en series decadales.	102
Mapa 24. Comparación de Isoyetas medias anuales de la serie 1981-2010 con los mapas del Inamhi.	106
Mapa 25. Comparación de Isotermas medias anuales de la serie 1981-2010 con los mapas del Inamhi.	107
Mapa 26. Cambio porcentual de la precipitación, proyectado para el periodo 2016-2040.	109

Mapa 27. Cambio de la temperatura media, proyectado para el periodo 2016-2040...	110
Mapa 28. Relación entre susceptibilidad a movimientos en masa.	114
Mapa 29 Mapa de Incremento de la precipitación total anual.....	115
Mapa 30 Mapa de Exposición al Cambio climático.....	116
Mapa 31 Mapa de Sensibilidad al Cambio Climático.	117
Mapa 32 Mapa de Capacidad de adaptación al Cambio Climático.....	117
Mapa 33. Hidrogeología–Permeabilidad Cuenca Río Mira	139
Mapa 34 Cobertura vegetal Cuenca Río Mira 1982	140
Mapa 35. Cobertura vegetal Cuenca Río Mira 1990	141
Mapa 36. Isoyetas medias anuales 1981.....	149
Mapa 37. Isoyetas medias anuales 1982.....	150
Mapa 38. Isoyetas medias anuales 1983.....	151
Mapa 39. Isoyetas medias anuales 1984.....	152
Mapa 40. Isoyetas medias anuales 1985.....	153
Mapa 41. Isoyetas medias anuales 1986.....	154
Mapa 42. Isoyetas medias anuales 1987.....	155
Mapa 43. Isoyetas medias anuales 1988.....	156
Mapa 44. Isoyetas medias anuales 1989.....	157
Mapa 45. Isoyetas medias anuales 1990.....	158
Mapa 46. Isoyetas medias anuales 1991.....	159
Mapa 47. Isoyetas medias anuales 1992.....	160
Mapa 48. Isoyetas medias anuales 1993.....	161
Mapa 49. Isoyetas medias anuales 1994.....	162
Mapa 50. Isoyetas medias anuales 1995.....	163
Mapa 51. Isoyetas medias anuales 1996.....	164
Mapa 52. Isoyetas medias anuales 1997.....	165
Mapa 53. Isoyetas medias anuales 1998.....	166
Mapa 54. Isoyetas medias anuales 1999.....	167
Mapa 55. Isoyetas medias anuales 2000.....	168
Mapa 56. Isoyetas medias anuales 2001.....	169
Mapa 57. Isoyetas medias anuales 2002.....	170
Mapa 58. Isoyetas medias anuales 2003.....	171
Mapa 59. Isoyetas medias anuales 2004.....	172
Mapa 60. Isoyetas medias anuales 2005.....	173

Mapa 61. Isoyetas medias anuales 2006.....	174
Mapa 62. Isoyetas medias anuales 2007.....	175
Mapa 63. Isoyetas medias anuales 2008.....	176
Mapa 64. Isoyetas medias anuales 2009.....	177
Mapa 65. Isoyetas medias anuales 2010.....	178
Mapa 66. Isoyetas medias anuales serie histórica 1981-1990.....	179
Mapa 67. Isoyetas medias anuales serie histórica 1991-2000.....	180
Mapa 68. Isoyetas medias anuales serie histórica 2001-2010.....	181
Mapa 69. Isoyetas medias anuales serie histórica 1981 - 2010.....	182
Mapa 70. Isotermas medias anuales 1981	183
Mapa 71. Isotermas medias anuales 1982	184
Mapa 72. Isotermas medias anuales 1983	185
Mapa 73. Isotermas medias anuales 1984	186
Mapa 74. Isotermas medias anuales 1985	187
Mapa 75. Isotermas medias anuales 1986	188
Mapa 76. Isotermas medias anuales 1987	189
Mapa 77. Isotermas medias anuales 1988	190
Mapa 78. Isotermas medias anuales 1989	191
Mapa 79. Isotermas medias anuales 1990	192
Mapa 80. Isotermas medias anuales 1991	193
Mapa 81. Isotermas medias anuales 1992	194
Mapa 82. Isotermas medias anuales 1993	195
Mapa 83. Isotermas medias anuales 1994	196
Mapa 84. Isotermas medias anuales 1995	197
Mapa 85. Isotermas medias anuales 1996	198
Mapa 86. Isotermas medias anuales 1997	199
Mapa 87. Isotermas medias anuales 1998.....	200
Mapa 88. Isotermas medias anuales 1999.....	201
Mapa 89. Isotermas medias anuales 2000.....	202
Mapa 90. Isotermas medias anuales 2001.....	203
Mapa 91. Isotermas medias anuales 2002.....	204
Mapa 92. Isotermas medias anuales 2003.....	205
Mapa 93. Isotermas medias anuales 2004.....	206
Mapa 94. Isotermas medias anuales 2005.....	207

Mapa 95. Isothermas medias anuales 2006.	208
Mapa 96. Isothermas medias anuales 2007.	209
Mapa 97. Isothermas medias anuales 2008.	210
Mapa 98. Isothermas medias anuales 2009.	211
Mapa 99. Isothermas medias anuales 2010.	212
Mapa 100. Isothermas medias anuales serie histórica 1981-1990.....	213
Mapa 101. Isothermas medias anuales serie histórica 1991-2000.....	214
Mapa 102. Isothermas medias anuales serie histórica 2001-2010.....	215
Mapa 103. Isothermas medias anuales serie histórica 1981-2010.....	216

Lista de tablas

Tabla 1 Proyectos o investigaciones de Cambio climático en Ecuador	38
Tabla 2 Información cartográfica	45
Tabla 3 Estaciones meteorológicas	47
Tabla 4 Estaciones hidrológicas	47
Tabla 5 Ciclo estacional - precipitación	49
Tabla 6 Porcentaje de datos completos y faltantes de precipitación	53
Tabla 7 Ciclo estacional - temperatura.....	55
Tabla 8 Porcentaje de datos completos y faltantes de temperatura.....	58
Tabla 9 Histogramas de caudal.....	111

Lista de fotografías

Fotografía 1. Flora representativa parte baja de la cuenca del río Mira	143
Fotografía 2. Flora representativa parte baja de la cuenca del río Mira	145
Fotografía 3 . Comunidad Chachi.....	146
Fotografía 4 Comunidad Pueblo Épera	146
Fotografía 5 Comunidad Awa	147
Fotografía 6 Comunidad afroecuatoriana.....	147
Fotografía 7 Nacionalidad kichua	148

Abreviaturas

AR4	Cuarto Informe de Evaluación (IPCC)
AR5	Quinto Informe de Evaluación (IPCC)
CC	Cambio climático
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CH	Ciclo hidrológico
COP	Conferencia de las Partes
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
COVIEC	Comisión de Vecindad e Integración entre Ecuador y Colombia
CRM	Cuenca del Río Mira
CUS	Cambio de uso de suelo
ECHO	Dirección General de Ayuda Humanitaria (Europa)
EGEI	Emisiones de gases de efecto invernadero
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
GCM	Modelo de Clima Global/ Modelo de Circulación General
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAMHI	Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
MANUD	Marco de Asistencia al Desarrollo de las Naciones Unidas
MACC	Mitigación y adaptación al cambio climático
NC	Comunicaciones Nacionales
NDC	Contribución Determinada a nivel Nacional
ODP	Oscilación Decadal del Pacífico
OMM	Organización Mundial de Meteorología
PK	Protocolo de Kioto
PMA	Programa Mundial de Alimentos
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RCM	Modelo Regional de Clima
RCP	Vías de concentración representativas

RH	Recurso hídrico
SENAGUA	Secretaría del Agua
SNC	Segunda Comunicación Nacional
SNGR	Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias
SNI	Sistema Nacional de Información
SUIA	Sistema Único de Información Ambiental
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNISDR	Secretaría de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
VC	Variabilidad climática
WRF	Modelo de investigación y predicción meteorológica
W	Grupo de trabajo del IPCC
WI	Grupo de trabajo I del IPCC, la ciencia del cambio climático los impactos
WII	Grupo de trabajo II del IPCC, adaptaciones y vulnerabilidad
WIII	Grupo de trabajo III del IPCC, mitigación

Introducción

Nosotros tenemos que ser el cambio que
Queremos ver en el mundo.
(Mahatma Gandhi)

El cambio climático (en adelante, CC) del siglo XX, en especial los de temperatura, muestran una considerable variabilidad temporal y espacial; la mayor parte del planeta presenta una tendencia al calentamiento de 1.0 °C según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (en adelante, IPCC) (2019, 6). Es mucho más extenso e intenso (hasta 0.3 °C década⁻¹) en el hemisferio norte; en el hemisferio sur, donde la superficie del océano es mayor, el calentamiento es menos extendido e incluso se evidencia una banda de enfriamiento cerca de la periferia Antártida que se extiende en la Costa Oeste de Sudamérica.

En el último siglo, la temperatura media aumentó en 0.6 °C y en la última década se han presentado los años más cálidos. Según el IPCC (2014, 6), entre 1970 y 2010, en las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero (en adelante, GEI) se registró un importante aumento y los mayores incrementos decenales absolutos se produjeron al final de este período.

Los últimos 30 años han sido los más cálidos, con incrementos constantes desde 1950 (IPCC 2014, párr. 2). El aumento de las amenazas climáticas se evidencia en un incremento de los daños y costos asociados; en especial porque más personas están viviendo bajo condiciones vulnerables. Incluye el aumento y la frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos: inundaciones, sequías, ciclones y huracanes cada vez más intensos (Birkmann 2010, 185-206).

El CC es una realidad que cada vez tiene más incidencia en nuestras vidas. El IPCC (2014, 6) menciona que el CC registrado en las últimas décadas puede deberse a procesos naturales internos, por el forzamiento externo o cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o el uso de la tierra. La tendencia al calentamiento se debe a la creciente cantidad de los GEI emitida por las actividades humanas, a largo plazo podría desencadenar problemas de orden político, económico y social que podrían afectar a todos los países del planeta (IPCC 2014, 25).

El IPCC considera a los países en vías de desarrollo como más vulnerables al CC, porque no disponen de una capacidad económica adecuada para adaptarse a sus consecuencias (Comisión Europea 2006, 9). El IPCC (2001, 196) señala que la variabilidad climática se debe a procesos naturales dentro o fuera del sistema climático (SC). El aumento de GEI tiende a calentar el clima de la Tierra. Además, se espera un aumento de la variabilidad climática y de fenómenos climáticos extremos (IPCC 2002, 11).

Por procesos naturales internos se entiende, por ejemplo: las emisiones volcánicas, la circulación de las corrientes oceánicas, el acoplamiento entre circulación atmosféricas y oceánicas. Entre los procesos externos se encuentran, por ejemplo: cambios en la órbita de la Tierra, la actividad solar, así como las actividades humanas que producen GEI (Anchante et al. 2012, 3).

La Convención Marco sobre Cambio Climático (en adelante, CMCC) está ratificada por 33 países entre ellos Ecuador, entre cuyos objetivos se encuentran: lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera; diferenciar entre la variabilidad climática atribuida a causas naturales como fenómenos meteorológicos o volcánicos y el CC a causa de las consecuencias de las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera.

Según el Informe técnico III del IPCC (1997, 5) los cambios locales y regionales pueden alterar la disponibilidad de agua en mayor o menor grado; la variabilidad climática interanual y sus efectos en la superficie se están potenciando con el CC observado. En este contexto, se prevé que disminuya la calidad y cantidad del recurso hídrico, por múltiples factores en interacción: aumento de la temperatura; aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes por las fuertes lluvias; mayor concentración de contaminantes durante las sequías; e interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas (ONU-Agua 2019, 11).

La forma exacta en la que la variabilidad climática afecta a las cuencas hidrográficas no aparece clara. Sin embargo, hay evidencia que los fenómenos meteorológicos o climáticos afectan la vulnerabilidad ante futuros fenómenos climáticos extremos (IPCC_SREX_ES 2012, 5). El problema principal en la evaluación de los impactos futuros del CC en las cuencas hidrográficas y la disponibilidad de agua es la incertidumbre de las predicciones en este ámbito; la cual se debe a la variabilidad interna del SC en las emisiones futuras y los escenarios de desarrollo y la poca capacidad de los modelos climáticos de representar las precipitaciones. El CC en el futuro podría generar

problemas de disponibilidad, cantidad y calidad de los recursos hídricos (Farfán Durán 2016, 26).

Según el IPCC (2008, 8), el recurso hídrico puede afectarse tanto en calidad como cantidad por las actividades humanas. Por esta razón es probable que el CC afecte el acceso futuro al agua en todo el planeta. Estos cambios podrían percibirse de forma directa en las probables alteraciones en la precipitación (régimen de lluvia y su duración). Otros cambios podrían estar modulados por ajustes en los llamados servicios ecosistémicos, como el retroceso de los glaciares o la degradación de páramos, lo cual altera la calidad del agua y el caudal de los ríos según la estación del año.

El ciclo hidrológico está vinculado a los cambios de temperatura atmosférica y al balance radiativo (IPCC 2008, 15). El cambio está aumentando la variabilidad del ciclo hidrológico y de esta forma reduce la previsibilidad de la disponibilidad y la demanda del agua, esto afecta la calidad y amenaza la sostenibilidad del abastecimiento de agua en todo el mundo (ONU-Agua 2019).

La protección de los páramos Andinos es indispensable ante posibles amenazas climáticas aceleradas por el CC, para garantizar la calidad y cantidad del agua para la población. por que albergan ecosistemas montañosos, como lo indica Isch (2012, 19):

Se sitúan a partir de los 2800 m s. n. m., el páramo: Están a continuación del bosque alto Andino y asciende hasta las nieves perpetuas. Su temperatura promedio es de 10 °C y la humedad relativa va desde el 65 a 100%, dependiendo de la época del año; la vegetación capta de la niebla una importante cantidad de agua, al mismo tiempo que la precipitación frecuente alimenta los suelos, vertientes y ríos. El suelo del páramo es de origen volcánico y poroso con alta capacidad de retención de agua y C, en una relación de hasta tres veces su peso, por lo que se llena en épocas de lluvias y se suelta despacio en estiaje.

Las observaciones y proyecciones climáticas aportan evidencia científica de la vulnerabilidad de los recursos de agua dulce y pueden verse afectados por el CC y variabilidad climática, con consecuencias diversas tanto para los ecosistemas como para las personas (IPCC 2008, 3). En un contexto de vulnerabilidad puede atenderse con una visión a largo plazo a través del adecuado manejo de la cuenca y una amplia participación de los actores en cada zona, con enfoque de mitigación y adaptación al CC. Los conflictos sociales, económicos y ambientales en torno a la lucha por el control del agua se podrán ver exacerbados en zonas donde la escasez de agua se yuxtapone al crecimiento demográfico; las actividades productivas que esto supone demandan de más RH y ponen en riesgo las tradicionales prácticas de uso del agua (BID 2013, iii).

Ecuador es un país con alta vulnerabilidad a eventos climáticos, evidencia el CC en el deshielo de sus principales nevados, al igual que hay cambios en la temperatura y precipitación medias anuales. Si se relaciona estos cambios con los problemas sociales propios del país, y la escasez del recurso hídrico; se podría tener la convicción que estas dificultades pueden agravar los problemas sociales y ambientales de los habitantes. Por esta razón es de vital importancia establecer mapeos precisos de la variabilidad climática dada la presencia de varios microclimas, y de la ausencia hasta la fecha de tales mapeos a pequeña escala en el país. El país cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático que consta de tres partes que dan el direccionamiento y busca establecer a largo plazo una situación deseable respecto a la gestión del CC en el país (MAE 2012).

La economía ecuatoriana es vulnerable a los cambios de temperatura, precipitación y retroceso de los glaciares; esto se debe al perfil productivo y a la alta dependencia de los centros urbanos del recurso hídrico de alta montaña (Banco Interamericano de Desarrollo 2013). Por esta razón el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE), en sinergia con otras instituciones públicas y privadas, para generar datos sustentados con suficiente rigor científico para formular políticas, diseñar estrategias e implementar planes y medidas que permitan responder como país para atenuar los efectos del CC.

Al mismo tiempo que pone a disposición las proyecciones climáticas para Ecuador en para los períodos: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, con base en información actualizada utilizando cuatro modelos climáticos del proyecto CMIP5; realizadas por el IPCC para el país (MAE-SUIA 2016), se realizó bajo escenarios de CC del Quinto Reporte (AR5) del IPCC. Los resultados presentados evidencian alteraciones de la temperatura y precipitación en diversas zonas del país; bajo ciertos escenarios de emisiones de GEI (en adelante, EGEI) (MAE 2015, 8).

A pesar de que el MAE junto con otras instituciones se han encargado de promover investigaciones en CC y el país cuenta con alrededor de 60 estudios, de los cuales varios están en la cuenca del Río Mira (en adelante, CRM). El nivel de resolución de estos no es el más adecuado; el país a pesar de ser pequeño cuenta con variedad natural y micro climática que varía en pocos km². La CRM es importante porque en su recorrido pasa por selvas de enorme biodiversidad y parte del territorio pertenece a territorios indígenas Awa, comunidades afroecuatorianas y mestizas (Mapa 1).

El Río Mira tiene su origen en la cordillera oriental ecuatoriana, para luego de hacer un largo recorrido y llegar a tierras colombianas, con un recorrido de alrededor de

308 km que atraviesan a las provincias de Carchi, Imbabura y Esmeraldas, para luego llegar a territorio colombiano donde recorre el departamento de Nariño y culminar su recorrido en Cabo Manglares en la bahía de Tumaco en el Océano Pacífico. El objetivo principal fue caracterizar la variabilidad climática de la cuenca hidrográfica del Río Mira en el período 1981–2010, en base en información hidrometeorológica.

Por eso se realizó la recopilación de la información, levantamiento de información hidrometeorológica de las variables climáticas (temperatura, precipitación y caudal), representación cartográfica de isoyetas e isotermas, datos generales de la cuenca (características físicas, bióticas, sociales y económicas), caracterización morfométrica de la cuenca (área, perímetro, longitud axial, ancho promedio y forma de la cuenca). Se analizó los principales estudios en la CRM. También se realizó el análisis de los regímenes hidrológicos, térmicos y la comparación de los mapas temáticos de isotermas e isoyetas del MAE e Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (Inamhi), y el análisis de el Niño-Oscilación del Sur (ENOS) (Ciifen 2010, 10) y Oscilación decadal del Océano Pacífico. Análisis de anomalías de temperatura y precipitación promedio anual según proyecciones futuras.

Este trabajo incluye cinco capítulos: Inicia con una breve introducción de las características de CC, el problema de investigación, el objetivo y la necesidad de documentar la variabilidad de alta resolución en futuras investigaciones.

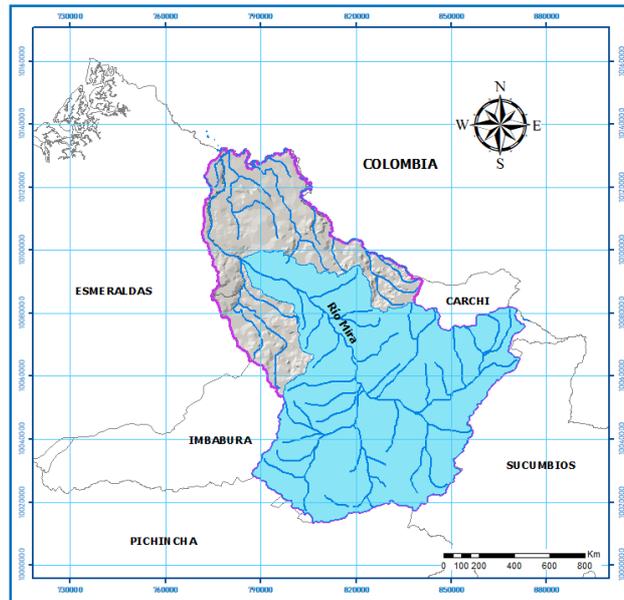
El capítulo primero se refiere al marco teórico y realiza un diagnóstico del cambio y variabilidad climática en contexto mundial, como el análisis de la situación del país porque es considerado uno de los territorios más vulnerables por la fragilidad de los ecosistemas por las condiciones geográficas, morfológicas, geológicas, climáticas y humanas.

El capítulo segundo presenta la metodología utilizada para caracterizar la variabilidad climática en la CRM, donde se utiliza datos meteorológicos de temperatura media y precipitación del período 1981-2010. Así como la recopilación bibliográfica de una amplia variedad de fuentes que contienen los aspectos físicos, bióticos, abióticos, socioculturales y culturales.

El capítulo tercero hace una descripción del área de estudio en los aspectos físicos (subcuencas, relieve, áreas protegida, edafología y uso de suelo); aspectos bióticos (flora y fauna), características sociales y económicos. Caracterización morfométrica de la cuenca (área, perímetro, longitud axial, factor de forma y ancho promedio), en las provincias de Imbabura y Carchi, haciendo énfasis en el RH.

En el capítulo cuarto se analizan los regímenes hidrológicos y térmicos en la CRM y los estudios existentes más representativos. Al mismo tiempo que analiza los eventos ENOS.

En capítulo quinto se analiza de forma interanual como interdecadal para determinar el régimen y variabilidad climática en la zona de estudio. Realiza la comparación de los resultados con estudios a nivel país por parte Inamhi y los resultados de este estudio también hace un análisis de vulnerabilidades.



Mapa 1. Cuenca del río Mira

Elaboración del autor, a partir de los datos de Sistema Nacional de Información (2015)

Capítulo primero

Cambio climático y recursos hídricos

Los puntos de inflexión son tan peligrosos porque si les pasa, el clima está fuera de control de la humanidad si la capa de hielo se desintegra y comienza a deslizarse hacia el océano no hay nada que podamos hacer al respecto.
(James Hansen)

Aquí se hace un diagnóstico de la relación entre variabilidad climática y el recurso hídrico a escala global y de la Región Andina. Se pone especial interés en Ecuador, país rico en el recurso hídrico y sensible a consecuencias significativas de la variabilidad climática, por sus particulares condiciones geográficas, morfológicas, geológicas, climáticas, ecosistémicas y humanas. Es evidente cómo el CC pondría en el futuro conducir a problemas en el manejo del recurso hídrico.

1. El cambio climático actual

Según el IPCC, el CC y la variabilidad climática recientes son de origen antropogénico, en particular a la alteración de la composición de la atmósfera por las EGEI. Es decir, el aumento de las concentraciones de gases contaminantes como el CO₂ que superaron el umbral de 400 mg L⁻¹ en el 2014, respecto a los niveles preindustriales de 1750 (Organización Meteorológica Mundial 2014).

Este proceso alteró el balance radiativo del sistema tierra-atmósfera y condujo a un calentamiento progresivo (en promedio) de la superficie del planeta (IDEAM - UNAL 2018). El aumento significativo de EGEI de origen antrópico coincide con el inicio de la llamada Revolución Industrial en la Europa del siglo XIX. A esta correspondió el uso intensivo y extensivo de la máquina a vapor, haciendo más eficientes los sistemas industriales de producción; al mismo tiempo que la locomotora y el barco a vapor complementaron.

Todas estas nuevas tecnologías implicaron el uso de combustibles fósiles como fuente de energía (petróleo y carbón mineral; luego también fue asociado un aumento de la producción de carbón vegetal) (Martín, 1989).

La producción industrial significó un impacto directo en los bosques porque requiere un volumen alto de madera. Según conclusiones del IPCC (2019, 9), la evidencia de la influencia humana en el sistema climático cada vez es más sólida y notable. Se tiene la seguridad que el clima pasado fue diferente al actual y los cambios se han dado de forma continua. Es el caso de los impactos del CC en los sistemas naturales, en especial en el recurso hídrico; si el ciclo del agua se modifica afecta al mar y la temperatura terrestre. Esto puede traer como consecuencia el deshielo de los glaciares y polos, que podría subir el nivel del mar poner en riesgo a las personas que viven a nivel del mar.

1.1. Cambio climático y recursos hídricos

Como se pone en evidencia en el Informe síntesis del IPCC (2014, 6) las últimas décadas han sido afectadas por cambios en los patrones climáticos que han causado impactos en los sistemas humanos y naturales en el planeta. Muchas de las regiones presentan cambios en el ciclo hidrológico con cambios en la precipitación y derretimiento de los glaciares; afectando el recurso hídrico en calidad y cantidad. Las proyecciones indican que las reservas de agua almacenadas en los glaciares y en la capa de nieve disminuirán durante este siglo, reduciendo así la disponibilidad de agua durante los períodos calurosos y secos (IPCC 2008, 3). Esta situación conduce a una afectación a la producción agrícola y la capacidad de alimentación de las poblaciones en general.

Según (Francou et al. 2014, 31) en la Región Andina, se prevé que los efectos del CC traigan modificaciones considerables en cuanto a la calidad o accesibilidad del agua. Esto, porque el agua es vulnerable a los cambios en temperatura y precipitación y el retroceso de los glaciares. Los centros urbanos son dependientes del RH de sistema de alta montaña y glaciares, para el uso de agua en el consumo humano.

En el estudio de la Comunidad Andina (2007, 32) en Ecuador, a causa del CC actual, se evidencia una elevación de la temperatura que puede cambiar el ciclo del agua e inducir a una redistribución del recurso hídrico. Estos cambios en los regímenes hidrológicos, debido a variaciones en los balances hidrogeológicos, podrían generar cambios y tener repercusiones aguas abajo (Francou et al. 2014, 35). Según el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, hay a escala nacional una escorrentía media total de $432000 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$, con una pluviosidad específica de 1600 mm año^{-1} . Esto supone un caudal de $439500 \text{ m}^3 \text{ habitante}^{-1} \text{ año}^{-1}$, lo que es superior a la media mundial de 10800 m^3 (MAE 2018, pág. 2).

El país tiene alta vulnerabilidad a eventos climáticos extremos, por su ubicación geográfica, condiciones geológicas, morfológicas y climáticas; que pueden provocar serias consecuencias para el ambiente y la sociedad. Según reportes de la CEPAL ponen en evidencia las pérdidas que causó el Fenómeno de El Niño de los años 1997-1998 y tuvo una equivalencia del 15% del PIB en 1997 (SNGR/ECHO/Unisdr 2012, 61).

1.2. Cambio climático en el contexto andino

Según el estudio de CC en los Andes y la Amazonía de la UICN (2012, 11) el CC es uno de los fenómenos globales que genera una preocupación a nivel global por sus posibles efectos y consecuencias en todos los aspectos de la vida. En los Andes, los páramos son sitios de particular vulnerabilidad, ser ecosistemas tropicales de altura frágiles. Por esta razón es importante comprender las relaciones entre CC y páramo para actuar con medidas de MACC que sean necesarias y viables.

Los páramos cumplen funciones de mucha importancia para las personas y son ecosistemas únicos en los que sobreviven especies endémicas y son capaces de brindar servicios ambientales fundamentales como el recurso hídrico. Fenómenos asociados con el CC en especial el aumento de temperatura y los diferentes regímenes de precipitación y nubosidad puede causar mayores impactos en la funcionalidad y la estructura de los ecosistemas al igual que en aspectos sociales y culturales. Los impactos producidos en su mayor parte afectan a la vida de las comunidades y el sustento de las poblaciones porque dependen de estos ecosistemas, pero también las poblaciones que se benefician de las funciones ecosistémicas, en especial el abastecimiento del recurso hídrico.

En estudios relacionados en dos páramos que se está implementando en Colombia, se determinó que la variación interanual causada por los fenómenos de El Niño y La Niña es mayor que el impacto del CC en sí (Hofstede et al. 2015). Según el Parlamento Andino (2015, 28) en los páramos y otras zonas andinas altas del trópico, ya se pueden evidenciar numerosos impactos del CC; en particular a nivel de la biodiversidad, con la modificación en la distribución de las especies, en especial endémicas. Los Andes albergan 45000 especies de plantas y 3000 especies de vertebrados, sin contar con los peces con alrededor de un 12 a 15% de las especies a nivel global, y casi la mitad de las especies son endémicas (Anchante et al. 2012, 11).

Los países con mayores consecuencias negativas son los que menos contribuyen a las EGEEI. Los Andes Tropicales tienen una alta influencia en el clima local, porque las

montañas forman una barrera para el aire que viene desde las costas del Océano Pacífico; al chocar las masas de aire, el vapor de agua que contienen se condensa y genera lluvias. En el estudio de la UICN de Anchante et al. (2012, 11-13) indica que: producto de la lluvia, la selva aumenta en vegetación lo cual acelera la captura de CO₂. Las actividades humanas han puesto en riesgo el correcto funcionamiento y la subsistencia de los ecosistemas de esta región y, por ende, ha afectado los recursos que éstos proveen.

Recursos hídricos en el contexto andino

Según la Comunidad Andina (2008, 10) la cordillera de los Andes es la columna vertebral del territorio de los países Andinos, y se configura como una de las más extraordinarias y complejas geografías del planeta Tierra; una de las características más valiosas del territorio es una enorme heterogeneidad de ecosistemas como consecuencia de varios aspectos). Esta complejidad hace difícil predecir con claridad la manera que puede afectar los cambios de clima global en los ecosistemas andinos.

El recurso hídrico cumple con una función de almacenador y equilibrador en la estacionalidad del ciclo hidrológico y su importancia tiene valor trascendental porque casi todas las poblaciones dependen de un curso de agua que proviene de los páramos. La Región Andina es rica en el recurso hídrico, un ciclo hidrológico dinámico y abundante constituye uno de los principales factores de desarrollo y bienestar social (Comunidad Andina 2010, 10-12).

El recurso hídrico es indispensable e irremplazable para la vida humana y todas las actividades que se desarrolla para su supervivencia. En el contexto Andino que tiene diversas culturas la visión del recurso hídrico es amplia; sin embargo, las grandes urbes no tienen conciencia de los costes ambiental y económico de tener el agua en sus domicilios.

1.3. Cambio climático y recursos hídricos en Ecuador

El CC podría tener una incidencia marcada en la oferta del recurso hídrico, por esta razón es de esperarse que los cambios en el ciclo hidrológico produzcan alteraciones en los ecosistemas y la salud de los seres humanos. En la Primera Contribución Nacional Determinada (NDC) del MAE (2019, 4) Ecuador dispone de 376018 hm³ año⁻¹ del recurso hídrico, de los cuales 96% es superficial y 4% es subterráneo. Esta dotación de agua es

sensible ante la ocurrencia de cambios en las precipitación y temperatura, y se vería afectado si las condiciones de déficit o superávit se acentúan en las cuencas hídricas.

Según Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2008, 58) el país a pesar de tener un recurso hídrico abundante, tiene factores como acaparamiento, redistribución y la actualización de las autorizaciones de uso y aprovechamiento del recurso hídrico; que podrían desencadenar conflictos por parte de los usuarios, al mismo tiempo el exceso de agua podría causar inundaciones y deslizamientos.

Si se tiene en cuenta que el 88% de la población se aloja en la cuenca del Océano Pacífico y la disponibilidad del agua es limitada, el CC ya ha elevado la vulnerabilidad del país y es crítica en diversas zonas. Al mismo tiempo que en las últimas décadas se ha intensificado los fenómenos de variabilidad natural (El Niño y La Niña), porque se han desencadenado eventos extremos que ocasionan daños significativos que incluye pérdida de vidas humanas, perjuicios socioeconómicos y ambientales.

Según el IPCC (2008, 8-9) el CC podría agravar las condiciones de acceso al agua dulce en todas las escalas de la población en especial en las zonas más vulnerables. El retroceso de los glaciares se evidencia en la pérdida de más del 50% de su superficie en los últimos 50 años lo que ha causado repercusiones y de manera especial a las comunidades Andinas.

Los eventos meteorológicos extremos podrían causar la reducción o pérdida en la producción agrícola, pesquera y acuícola; al mismo tiempo que podrían causar una reducción del acceso a la alimentación, favorecer las condiciones para desarrollar enfermedades respiratorias y tropicales, y cambios en la calidad del agua de consumo humano (MAE 2019, 27).

Glaciares

En el CC y la criósfera Andina de Gonda (2019, 19), la criósfera juega un papel fundamental en los sistemas biológicos, sociales y físicos de gran parte del ecosistema y desempeñan un papel fundamental en el sistema climático global mediante la regulación del ciclo hidrológico y el nivel del mar. Al existir pérdida en los glaciares hay impactos directos en la disponibilidad del recurso hídrico afectando a los ecosistema y comunidades. En Ecuador: el volcán Antisana y Cotopaxi son dos glaciares que contribuyen al suministro de agua de la capital donde viven más de 2×10^6 de personas que dependen de este recurso.

Según el estudio del impacto del retroceso de los glaciares en el recurso hídrico de Schoolmeester et al. (2018, 42) en Ecuador, el CC se evidencia en el deshielo de los glaciares de las montañas donde hay un retroceso de un 40% de los glaciares, en especial en los volcanes Antisana y Cotopaxi. Los regímenes de lluvias también han cambiado, antes empezaba la época lluviosa a inicios octubre y ahora solo hay lluvias esporádicas, también se evidencia el incremento de la temperatura media en todo el país.

En la guía de Humboldt en el Chimborazo de la Embajada de Alemania (2019, 9) se evidencia el retroceso del glaciar (véase en figura 1). De 4814 m durante la vista de Humboldt a 5270 m s. n. m. en la actualidad, al mismo tiempo que hay un registro importante en cambio de uso de suelo (Uscuss). En la actualidad hay agricultura intensiva hasta los 3000 m s. n. m. y una fuerte fragmentación del paisaje. Para afrontar el progresivo deshielo del Chimborazo se han ejecutado medidas preventivas para garantizar en el futuro el abastecimiento de agua potable de Riobamba.

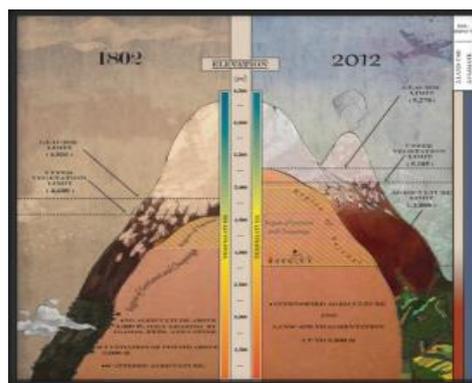


Figura 1. Pérdidas de hielo del Chimborazo 1802-2012
Fuente: Morueta-Home et al. (2015)

Los patrones atmosféricos climáticos han cambiado por completo, se evidencia el desfase del inicio de las épocas lluviosas y la falta de veranos marcados (Ontaneda, 2015). Como indica Diario La Hora (2013, párr. 9) en la Sierra, la época lluviosa iniciaba en octubre y terminaba en diciembre, teniendo dos veranillos de entre 10 y 15 días cada uno, que se presentaban en noviembre y diciembre; esto permitía planificar las actividades agrícolas y también coincidía con el inicio y finalización de las actividades escolares. Según el estudio de Schoolmeester y Alfthan (2018, 42) muestra el retroceso del glaciar del Chimborazo, que disminuyó en un 59% entre 1962 y 2010, en especial en los meses de noviembre y diciembre se registraron deslizamientos de masas de hielo y material pétreo que se atribuyen al aumento de la temperatura en la zona y esto afectó las vías de conexión entre comunidades y los sistemas de agua potable.

1.4. Políticas del Ecuador sobre cambio climático

La MACC están guiadas por instrumentos internacionales vigentes como la Agenda 2030, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Acuerdo de París, CMCC y Marco Sendai, que forman el marco bajo el cual el país diseña e implementa las acciones identificadas como necesarias.

Según el MAE (2012, 1), Ecuador se plantea lineamientos para afrontar desde el Estado el fenómeno de CC a través de una variedad de disposiciones nacionales en la Constitución, Plan Nacional de Desarrollo, Estrategia Nacional de Cambio Climático, Tercera Comunicación Nacional del Ecuador, Primera (NDC) y diversas políticas nacionales vinculadas con este.

Mediante la implementación de la Contribución Determinada Nacional (en adelante NDC), el país busca cumplir con las obligaciones del Acuerdo de París; e incluye la ambición del país medidas de mitigación, reducción de emisiones y adaptación a los efectos adversos del CC teniendo en cuenta las circunstancias y capacidades internas.

Acuerdo de París

El país ha participado de las 23 conferencias realizadas por la Convención del CC. Durante la Conferencia de las Partes (en adelante, COP) en París, el Ecuador se comprometió a presentar un informe oficial que resuma los esfuerzos nacionales para mitigar y combatir el CC. Informe que fue entregado y ratificado en junio del 2017 recopila información de las políticas implementadas y los logros alcanzados (MAE 2016, párr. 2). Lenin Moreno presidente de la República, implementará políticas para contribuir a la descarbonización del medio ambiente para reducir las emisiones para evitar que el incremento de la temperatura pase el umbral de los dos grados centígrados.

Los compromisos asumidos por el país pretenderán reducir las EGEI y las acciones se enfocarán en la MACC, y las metas serán cumplida a partir del 2020 (La Hora 2013, párr. 3). La selva tropical en Ecuador tiene una riqueza excepcional en biodiversidad tanto de flora como de fauna, esto permite al país ofrecer una variedad de servicios turísticos al mundo, el cual podría ser afectado por el CC.

Según el análisis del contexto institucional del Ecuador para el acceso al financiamiento climático de Rosero Chávez (2019, 25) para hacer frente a estos impactos y mitigar las emisiones de las actividades de los sectores forestal y transporte, Ecuador

necesitará US\$ 7546 x 10⁶ hasta 2030, de acuerdo con la evaluación de los flujos de inversión y financieros (FI&F) que se completó en septiembre 2011.

Ecuador declaró Política de Estado la MACC; trabaja e impulsa iniciativas para reducir la vulnerabilidad del país frente a sus impactos , y reducir las emisiones en los sectores productivos y sociales (MAE 2012, 8). El desarrollo de capacidades nacionales y la evaluación de los flujos de inversión son herramientas clave para la planificación nacional y la gestión del CC (PNUD 2011).

Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) 2012-2025

Después de observar las investigaciones y efectos producidos por las actividades en el clima del planeta, el Estado presenta este documento para enfrentar los eventos climáticos extremos en el país que pueden presentarse con mayor intensidad y frecuencia; para afrontar de forma metódica y regularizada los efectos del CC.

Este documento presenta metas a cumplir para el año 2025, bajo la dirección del Estado que busca una planificación adecuada a largo plazo respecto a la gestión del CC. Se presenta dos líneas estratégicas para el cumplimiento de la visión: MACC; identificando sectores importantes en los cuales se va a enfocar las acciones para evitar pérdidas en sectores como: agricultura, ganadería, pesca y acuicultura, salud, recursos, ecosistemas naturales, grupos humanos vulnerables, turismo, infraestructura, asentamientos humanos y recursos hídricos.

Los sectores y subsectores prioritarios para la reducción de las EGEI son: agricultura, uso de suelo, Uscuss y silvicultura, energía, manejo de desechos de procesos industriales sólidos y líquidos. Para su aplicación, se estableció un mecanismo de implementación que coordina los esfuerzos en marcha y los que se deben generar en el futuro para la MACC (MAE 2012, 21-35).

Tercera Comunicación Nacional del Ecuador

Según el MAE (2017, 13-15) los países que ratifiquen el compromiso multilateral internacional que guía las acciones del CC, deben elaborar sus Comunicaciones Nacionales a través de las cuales los estados informan las fuentes de emisión y absorción de GEI y las acciones que están desarrollando en la MACC. Para el desarrollo de la Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la (CMCC) primero se identificó las

prioridades e intereses del país respecto a la problemática del CC y se tuvo en cuentas los logros alcanzados en la Segunda Comunicación.

En este documento se toma en cuenta la transversalidad del CC con base en tres ejes fundamentales: articulación y coordinación entre instituciones, aplicación de medidas de MACC a nivel local y el fortalecimiento de las capacidades. Se incluyó la participación de actores claves (instituciones públicas, sociedad civil y gobiernos autónomos descentralizados (en adelante, GAD's)) para construir una visión nacional estratégica más inclusiva con 36 actividades de intercambio de información y criterios técnicos. El documento consta de seis capítulos que incluyen: circunstancias nacionales, inventario de GEI, acciones de mitigación, avances en adaptación, información relevante y apoyo recibido para la MACC (MAE 2017, 67-73)

Contribución Nacional Determinada (NDC)

El Ecuador forma parte del acuerdo internacional que compromete a diferentes países a trabajar por la implementación de medidas que permitan reducir las emisiones de C y aumentar su nivel de resiliencia frente a los cambios climáticos extremos que pueden suceder en el presente y futuro. La Subsecretaria de CC del MAE presentará la NDC a la CMNUCC en su próxima reunión. En el país el sector energético presenta los más altos niveles de CO₂, le sigue el sector del Uscuss y agricultura, silvicultura, industrias y desecho de residuos sólidos (MAE 2017, párr. 1)

El país conformó un Comité Interinstitucional para tratar el CC y afrontar la problemática ambiental que estaba conformada por once instituciones estatales y pactó los compromisos para cumplir el NDC que intentará reducir las EGEI en un 20% al 2015 y que se relaciona con el Protocolo de París.

Para implementar las nuevas políticas de MACC el NDC es un compromiso fundamental. Esta contribución toma en cuenta las capacidades y la planificación para incrementar las capacidades adaptativas y de resiliencia de las poblaciones frente a los efectos del CC; así como la reducción de GEI.

Respecto al recurso hídrico, el país a pesar de ser un país con abundante agua hay factores en Ecuador que podían desencadenar potenciales conflictos y competencia desleal entre usuarios; por otro lado, podría causar inundaciones y deslizamientos. La mayor parte de población ecuatoriana se aloja en la cuenca del Océano Pacífico y esta zona dispone del 31% del RH del país (MAE 2019, 29-35).

1.5. Necesidad de documentar la variabilidad climática en alta resolución

Las primeras investigaciones dirigidos a estudiar las variaciones del clima se remonta a 1961 en Ecuador, y se implementa un sistema de observaciones climáticas. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología en la actualidad cuenta con 260 estaciones meteorológicas. Después de adoptar en 1992 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático el país inició un proceso de capacitación en el tema, con el fin de enfrentar los posibles impactos en áreas estratégicas y definir alternativas de respuesta y cumplir con los compromisos internacionales. (Betancourt y Aguilar 2008, 1-3)

Sin embargo, se ha puesto énfasis en acciones de MACC, sin tomar en cuenta que lo más importante es tener una base de datos meteorológicos e hidrológicos confiable para realizar estas investigaciones y aplicarlas de forma adecuada de acuerdo con las políticas públicas existentes. A continuación, se presentan los proyectos e investigaciones más relevantes del país y dentro del área de estudio (Tabla 1).

Tabla 1
Proyectos o investigaciones de Cambio climático en Ecuador

Proyecto	Financiamiento	Resultados
Proyecto Ecuador Climate Change Country Study	EPA_USEPA Inamhi	Evidencias del Cambio Climático en el Ecuador, Escenarios Básicos y del Cambio Climático, Estudio de Cambio Climático en el Ecuador
Proyecto CC: Train- Ecuador	MAE	Conformación provisional de Comité Nacional del Clima
Proyecto ECU/99/G31 Cambios Climáticos	GEF_PNDU	Primera Comunicación Nacional del Ecuador a la CMNUCC
Mitigación al Cambio Climático a través de la educación ambiental informal	SENPLADES	Promover la conciencia y uso racional de los recursos naturales
Efectos del cambio Climático y la Variabilidad en los Esquemas de servicios Ambientales en la Cuenca Carchi - Guitara	OEA	Políticas de mitigación y adaptación fortalecidas en la comunidad con la finalidad de reducir los efectos de la variabilidad climática
Adaptación al cambio climático, una lectura desde las experiencias agroecológicas en los páramos del Carchi, Ecuador	UICN	Manejo sustentable e integral en la producción mediante la implementación de fincas integrales
Estudio hidrometeorológico de variabilidad climática y de riesgos climáticos en las Cuencas Binacionales	WFP	Construyendo capacidades adaptativas al cambio climático a través de la seguridad alimentaria con acciones nutricionales en comunidades afro e indígenas en la zona de frontera de Colombia-Ecuador

Investigación de la fragmentación y cambio de cobertura vegetal en el corredor formado entre el Bosque Protector Las Golondrinas y la Reserva Ecológica El Ángel , en escenario de cambio climático, provincia del Carchi	Burbano Jairo	Análisis de la fragmentación de la cobertura vegetal en el corredor formado entre el Bosque Protector las golondrinas y la Reserva Ecológica El Ángel y el impacto del cambio climático.
Atlas socioambiental de las Cuencas Transfronterizas Mira y Mataje-Aportes para su ordenamiento y gestión integral	WWF	Análisis histórico de las distintas versiones de territorio y los procesos de transformación sucedidos en el tiempo
Plan Binacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico de las Cuencas Transfronterizas Carchi-Guitara y Mira Mataje	COVIEC	Elaboración del plan Binacional de gestión del recurso hídrico.

Fuente: Recopilación web
Elaboración propia

El Ministerio de Ambiente según Betancourt y Aguilar (2008, 2) es el encargado de “promover la socialización de información, el país cuenta con alrededor de más de 60 estudios, investigaciones y metodologías sobre cambio climático realizados muchos de ellos con cooperación internacional”. En la actualidad existen legislación vigente que promueve la incorporación de Cambio Climático dentro de las competencias que el estado proporcionó a cada una de las instituciones (Villafuerte et al., 2018, 60).

Proyecto Ecuador Climate Change Country Study

Financiado por EPA-USEPA de los Estados Unidos y con la coordinación técnica del Inamhi y con la participación de varias instituciones, con la finalidad de dar inicio a la difusión y concientización. El proyecto trabajó principalmente en incorporar la adaptación al Cambio Climático en la integración de los riesgos climáticos en los planes de desarrollo locales y nacionales. Según Betancourt y Aguilar (2008, 3) “los principales ejemplares que se imprimen y difunden fueron: Evidencias del Cambio Climático en el Ecuador, Escenarios Básicos y del Cambio Climático, Estudio de Cambio Climático en el Ecuador–Resumen”. El proyecto también incluye vulnerabilidad de los recursos hídricos y los procesos en la toma de decisiones (PNUD Ecuador 2010, párr. 3).

Proyecto CC: Train- Ecuador

Fue también un proyecto de difusión y capacitación, según Betancourt y Aguilar (2008, 3) uno de los principales resultados fue la conformación “provisional de Comité

Nacional del Clima (1997), también trabajó la metodología para la evaluación de las acciones de mitigación y la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero”.

Los objetivos de este comité son:

Proponer y diseñar las políticas y estrategias en los aspectos climáticos, brindar el apoyo político para la aplicación de políticas y estrategias, desarrollar la capacidad nacional para enfrentar la variabilidad y el cambio climático, coordinar el cumplimiento de los convenios y de los tratados internacionales sobre el cambio climático, proponer medios institucionales para la aplicación MDL y coordinar acciones en materia de cambio climático con las de biodiversidad. (Betancourt y Aguilar 2008, 3)

Proyecto ECU/99/G31 Cambios Climáticos

El proyecto tiene el propósito de preparar la Primera Comunicación Nacional del Ecuador a la CMNUCC, este proyecto tuvo dos fases: la primera, se centró en la preparación de la Primera Comunicación Nacional. “Evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación e inventarios nacionales y la segunda parte: a los factores de emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores energético y forestal (Betancourt y Aguilar 2008, 3). En la actualidad se encuentra realizando investigación sobre glaciares y gobernabilidad en relación al cambio climático. La elaboración de esta investigación constituyó un importante reto para el Ecuador y permitió la oportunidad de integrar y consolidar los resultados de varios estudios y evaluaciones realizadas dentro del país en los últimos años.

Mitigación al Cambio Climático a través de la educación ambiental informal

El proyecto se ejecutó en Carchi, por los eventos extremos de CC que presenta. Como la educación ambiental es un asunto marginal y aislado de la mayoría de los sistemas educativos, provocando que la comunidad en general desconozca la importancia del cuidado del medio ambiente. Las autoridades dieron paso al proyecto con una población beneficiaria de 3152 habitantes de escuelas, comunidades, clubes ecológicos y socios de cooperativas de transporte.

La finalidad del proyecto es comenzar a incentivar la concienciación y empleo razonable de los recursos naturales, porque esto permitirá reducir los impactos ambientales y los capitales económicos que se requerirán para la remediación y mitigación de estos (SENPLADES 2018).

Efectos del cambio Climático y la Variabilidad en los Esquemas de servicios Ambientales en la Cuenca Carchi - Guitara

Con la finalidad de contribuir al fortalecimiento y la discusión de políticas de adaptación y mitigación para disminuir la variabilidad climática, se realiza este estudio; enfocado en la parte alta de la cuenca Carchi-Guitara localizada en la alta montaña del Norte de los Andes. En esta zona se desarrolla una intensa actividad de la población en el límite de los dos países, la población se dedica principalmente a la agricultura y la ganadería y se sirve de los bienes y servicios medio ambientales, y los páramos juegan un papel fundamental. (Organizations of American States. Department of Sustainable Development 2015, 13)

El CC contribuiría a alterar los patrones de temperatura y precipitación a los que están ajustados en la actualidad los procesos biogeofísicos y socioeconómicos. El fin de este estudio permite analizar de manera preliminar los impactos y el diagnóstico de situaciones que requieran soluciones o estudios más profundos. Permitiendo de esta manera adelantarnos a mitigar los probables impactos ambientales, sociales o económicos que puedan generar estos cambios meteorológicos (Organizations of American States. Department of Sustainable Development 2015).

Adaptación al cambio climático, una lectura desde las experiencias agroecológicas en los páramos del Carchi, Ecuador

Los proyectos se basan en el fortalecimiento de capacidades de las mujeres y hombres que viven en el área rural de los páramos andinos para una mejor adaptación de los ecosistema a la variabilidad o cambio climático (UICN 2015).

La Corporación Grupo Randi Randi promueve el manejo sustentable e integral en la producción mediante la implementación de fincas integrales, con la finalidad de frenar la expansión agrícola sobre las zonas de páramo. Estas fincas como sistemas agro sustentables cuentan con seis componentes; avicultura y cunicultura para la producción de abono orgánico, huevos y carne de consumo familiar, crianza de cerdos para la producción de biogás que puede ser usado en la cocina, y biol para los cultivos, lombricultura, para mejorar la fertilidad del suelo frutales y una huerta de plantas medicinales. (UICN 2015, párr. 2-3)

Estudio hidrometereológico de riesgos climáticos y variabilidad climática en las Cuencas Binacionales Guaitara, Carchi

El Programa Mundial de Alimentos (en adelante, PMA) es la Agencia Multilateral Implementadora de este proyecto ubicado en las cuencas binacionales Mira- Mataje,

Guitara - Carchi que están ubicadas en la frontera Norte entre Ecuador y Colombia (2018, párr. 2); haciendo énfasis en las poblaciones Awa y afrodescendientes. La variabilidad climática y los efectos del CC pueden agravar la seguridad alimentaria y la nutrición de estas comunidades. Este proyecto es una experiencia binacional, financiada por el fondo de adaptación y beneficia a 19000 personas de más de 120 comunidades en la zona de frontera. El PMA (2018, párr. 2), implemento este estudio que:

Tiene una duración de cinco años y espera aportar a la conservación y recuperación de 3000 hectáreas de bosque y 200 hectáreas de manglares amenazados por el cambio climático. Se denomina Construyendo capacidades adaptativas al cambio climático a través de la seguridad alimentaria con acciones nutricionales en comunidades afro e indígenas en la zona de frontera de Colombia-Ecuador.

Análisis de cambio de cobertura y fragmentación en el corredor de conservación comunitaria el Ángel-bosque golondrinas, provincia del Carchi en un escenario de cambios climático

Este estudio indagó la fragmentación de la cobertura vegetal del corredor existente entre el bosque Protector Las Golondrinas y la Reserva Ecológica El Ángel y los impactos del CC. Este estudio se realizó mediante mapas de cobertura vegetal y fragmentación actual y el cruce con mapas del escenario de CC A2 de la proyección al año 2080.

El estudio determinó la riqueza potencial actual y futura de la cobertura vegetal e indica que el mayor número de especies está bajo los 600 m s. n. m. Y la mayor pérdida de especies se presenta en áreas de páramo y frailejones con alturas sobre los 3000 m s. n. m. Como resultado se obtuvo que la mayor incidencia y pérdida de especies se presenta en el área de páramo. La mayor parte de las pérdidas se encontraron entre los 1500 y 2500 m s. n. m. con hasta un 50% de pérdidas de las especies existentes (Burbano Piedra 2012, 6).

Atlas socioambiental de las Cuencas Transfronterizas Mira y Mataje-Aportes para su ordenamiento y gestión integral

Este atlas es el resultado de un trabajo mancomunado entre organizaciones de Colombia y Ecuador, liderado por la WWF-Colombia y con el apoyo de Fundación MacArthur. El estudio se basa en un análisis histórico de las distintas versiones de territorio y los procesos de transformación sucedidos en el tiempo. Además, contiene

temas que enfrenta la gestión de la biodiversidad con la apropiación social del territorio, y esto va mucho más allá de esos espacios individuales de personas y familias, porque no solo se conecta con paisajes remotos sino también con otros tiempos (Gómez et al., 2017).

Plan Binacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico de las Cuencas Transfronterizas Carchi-Guitara y Mira Mataje

El Plan de Luna e Iza (2017, 7) responde a uno de los compromisos adquiridos en el marco de la Comisión de Vecindad e Integración entre Ecuador y Colombia (COVIEC), donde las actividades para elaborarlo iniciaron en el 2011, estructurando los términos de referencia, y en el 2013 se inició las gestiones para elaborar el plan. Se desarrolló a través del grupo de trabajo binacional de cuencas hidrográficas; consta de 6 secciones: marco conceptual, enfoque binacional para la gestión del RH, visión y objetivo binacional, identificación de actores, descripción de las cuencas y conclusiones y recomendaciones. El período para el desarrollo de las actividades se ha previsto para 20 años (2015-2035).

Contrario lo que podría pensarse después de revisar los estudios relacionados al CC en Ecuador, el país no cuenta con la información necesaria ni suficiente para realizar un seguimiento del CC de los últimos 30 años como evidencian estos estudios. Según Cadilhac et al. (2017, 169) el estudio y conocimiento del CC y la variabilidad climática es un reto para la planificación local y desarrollo sustentable del Ecuador; los vacíos que presentan los registros meteorológicos dificultan el estudio y determinación de tendencias climáticas.

Como evidencia la Estrategia Quiteña al CC (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito 2009, 10), en el país hay estudios que demuestran los efectos del CC en incrementos sostenidos de temperatura, variación del régimen hidrológicos y retroceso de glaciares. Sin embargo, se pone en evidencia la inadecuada ubicación de las estaciones meteorológicas para extraer datos concretos de la variabilidad climática y por ende no se cuenta con datos importantes de temperatura y precipitación para realizar estudios climáticos en Quito.

Por esta razón es importante para el país la generación de datos e información con elevados niveles de rigor científico que posibiliten la proyección y evolución de estos cambios y los efectos en el futuro y que pueda proporcionar las herramientas e insumos técnicos para el planteamiento de posibles soluciones con miras al fortalecimiento de la capacidad de gestión de los tomadores de decisiones.

Por lo tanto, se entiende la dispersa y desigual distribución de las estaciones meteorológicas y la inexacta recolección de datos; la cual debe tomarse a intervalos determinados para garantizar la calidad de la información y si no hay datos completos se requiere realizar técnicas de interpolación o extrapolación para relleno de datos; pero estas metodologías no toman en cuenta la complejidad topográfica ni la diversidad de condiciones climáticas, lo que lleva a tener una información poco veraz y con una probabilidad alta de error dependiendo de la metodología aplicada.

El estudio pone en evidencia la falta de mantenimiento de las estaciones meteorológicas, lo que refleja una base histórica incompleta de datos climáticos. El Estado debe hacer hincapié en el funcionamiento adecuado de las estaciones meteorológicas existentes y la implementación de nuevas estaciones en lugares que falte; sin duda alguna contribuirá para investigaciones presentes y futuras para todo el país.

En el siguiente capítulo realizamos la descripción de la metodología utilizada en la elaboración de la presente investigación.

Capítulo segundo

Metodología

Estamos enfrentando una crisis climática global. Se está profundizando. Estamos entrando en un período de consecuencias.
(Al Gore)

En este capítulo se presenta la metodología de estudio, con un enfoque cualitativo y cuantitativo.

Se utilizaron datos climáticos de las estaciones meteorológicas disponibles dentro y cerca de la cuenca de las variables climáticas de temperatura y precipitación medias mensuales observados en el período 1981-2010 para evaluar la variabilidad climática en la CRM.

1. Recopilación de información

Está sustentada en la definición, descripción y análisis extraído de la revisión bibliográfica, analizando una amplia variedad de fuentes como: artículos científicos, libro, informes, información de internet, páginas web e instituciones públicas y privadas.

1.1. Diagnóstico de la zona

Se presenta a continuación las características generales de la cuenca del río Mira, tanto en aspectos físicos como meteorológicos:

Aspectos físicos, bióticos, abióticos, socioeconómicos y culturales

Los aspectos físicos, abióticos, socioeconómicos y culturales se realizaron mediante recopilación bibliográfica. La delimitación espacial del estudio es la cuenca alta del Río Mira (Tabla 2):

Tabla 2
Información cartográfica

Información cartográfica	Formato	Año	Descripción	Institución responsable
División política del Ecuador	shp	2011	División del Ecuador	INEC
Datos Base	shp	2010	Capas de Información geográfica base	SNI
Hidrología	shp	2012	Capas de Información geográfica base	IGM
Red de estaciones hidrometeorológicas e hidrológicas	vector	2013	Ubicación de estaciones	INAMHI
Mapas de isoyetas	shp	2017	Isoyetas	INAMHI
Mapas de isotermas	shp	2017	Isotermas	INAMHI

Fuente: Inamhi
Elaboración propia

1.2. Información hidrometeorológica

Para realizar este estudio de caracterización climática y estimación de caudales se utilizó información hidrometeorológica de las bases de datos del INAMHI, y también de otras instituciones que están en el sitio de estudio. A pesar de disponer de una amplia red de estaciones, el manejo de estas no es el más adecuado porque la mayoría de ellas no trabajan en la actualidad porque hay recorte de personal por parte del Estado por la recesión económica. La disponibilidad de la información no es del todo pública y para obtenerla hay que realizar una serie de trámites burocráticos que conllevan mucho tiempo y la calidad de los datos depende de cada estación meteorológica o hidrológica, porque dependiendo de las necesidades; las estaciones funcionan por ciertos períodos de tiempo.

Después de realizar la solicitud al INAMHI por medio de solicitud verbal y solicitud física de parte de la universidad, se obtuvo el acceso a las bases de datos de las diferentes estaciones, los archivos estaban en bloc de notas y fueron transferidos a Excel; un formato más accesible para la ejecución del trabajo, donde se pudo verificar la falta de registros en las diferentes estaciones. A continuación, se detalla las estaciones utilizadas:

Estaciones meteorológicas

El espacio físico de estudio constituye la cuenca del río Mira, el análisis de la representatividad de la red de estaciones hidrometeorológicas se limita a las estaciones que se encuentran dentro y cerca de la zona de estudio. Para esto se determinó 34 estaciones meteorológicas (véase Tabla 3) del INAMHI y otras que están en el área de estudio con suficientes datos disponibles y que cubren la superficie de la CRM. Se utilizó información climática de 30 años (1981-2010) para lograr mayor precisión y exactitud.

Tabla 3
Estaciones meteorológicas

Nro.	Código	Estación	Altura (m)	X_Coord	Y_Coord
1	M001	Inguincho	3140	789081.0	10028216.0
2	M003	Izobamba	3058	772463.0	9959068.0
3	M021	Atuntaqui	2200	809319.1	10036890.0
4	M025	La Concordia	379	680259.0	9997297.0
5	M053	Ibarra-Aeropuerto	2214	819345.6	10038430.0
6	M083	Cuasmal	2735	859607.6	10060950.0
7	M084	Bolivar CI	2640	844965.9	10059070.0
8	M085	Salinas Inerhi	1730	819197.9	10056160.0
9	M086	San Vicente de Pusir	1870	829087.3	10054770.0
10	M099	Carpuela	1650	836551.4	10047810.0
11	M102	El Ángel	3000	839975.0	10068967.0
12	M103	San Gabriel	2860	852777.8	10066710.0
13	M104	Mira-Fao Granja la Portada	2270	829643.7	10059640.0
14	M105	Otavalo	2550	805884.0	10026560.0
15	M106	Lita	740	784036.7	10096550.0
16	M107	Cahuasqui Fao	2335	810207.0	10056962.0
17	M110	San Pablo de Lago	2700	812323.9	10023720.0
18	M224	San Lorenzo	5	740140.1	10140076.0
19	M301	Ff CC Carchi	1280	815522.8	10074880.0
20	M303	Bolívar - INAMHI	2615	844719.2	10056880.0
21	M304	Monte Olivo	2040	849415.8	10043320.0
22	M305	Julio Andrade	2890	864521.0	10072242.0
23	M307	Gruta La Paz	2470	852271.7	10055494.0
24	M308	Tufiño	3418	849867.0	10088284.0
25	M309	San Juan de Lachas	950	805504.5	10083304.0
26	M310	Mariano Acosta	2980	835780.0	10033023.0
27	M311	Cahuasqui	2380	810239.9	10057420.0
28	M312	Pablo Arenas	2340	812250.0	10055211.0
29	M314	Ambuqui	1880	832866.0	10046796.0
30	M315	Pimampiro	2090	840533.0	10043138.0
31	M317	Cotacachi Hda	2410	804796.4	10034540.0
32	M321	El Topo I	2860	815231.0	10023026.0
33	M324	San Francisco de Sigsipamba	2230	843581.0	10032625.0
34	M694	Maldonado	1550	821230.0	10100272.0

Fuente: Inamhi

Elaboración propia

Estaciones hidrológicas

Para complementar el estudio se analizó el caudal en la CRM se determinó 6 estaciones hidrológicas (Anexo 1) del INAMHI (Tabla 4).

Tabla 4
Estaciones hidrológicas

Nro.	Código	Estación	Altura (m)	X Coord.	Y Coord.
1	H0013	Blanco AJ Mira	890	803366.58	10084324
2	H0015	Chota en Pte. Carretera	1590	825554.13	10052877
3	H0016	Apaquí AJ Chota	1750	841029.81	10049022

4	H0017	Apaquí de Gruta La Paz	2323	850887.98	10055189
5	H0045	Apaquí DJ Minas	2650	857937.40	10059541
6	H0064	El Ángel en Pte. Ayora	2850	839423.05	10069286

Fuente: Inamhi
Elaboración propia

1.3. Variables climáticas

Este estudio se limita a las siguientes variables del clima: precipitación mensual y temperatura media anual. La información publicada en los anuarios meteorológicos no es de todas las estaciones y además presentan vacíos. En el caso de la precipitación se tiene 7186 datos completos y 238 datos faltantes, como se puede observar en la figura 2.

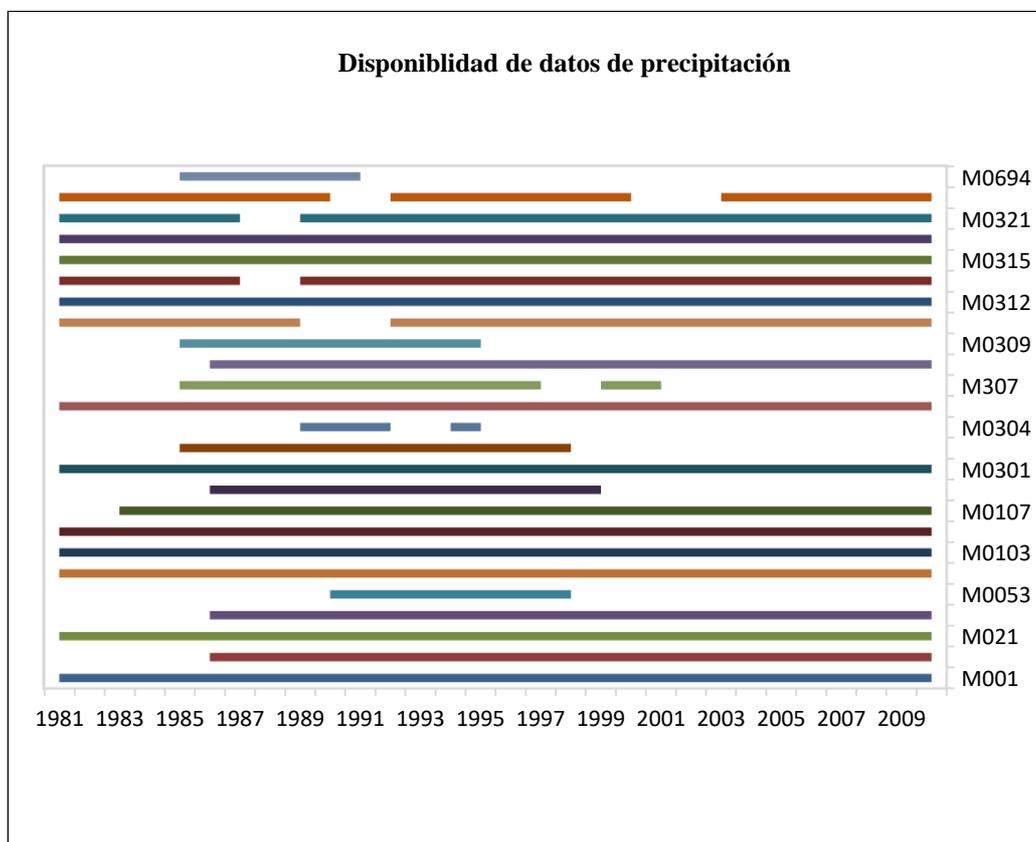


Figura 2. Disponibilidad de datos de precipitación
Elaboración del autor, a partir de los datos del Inamhi (2020)

En la temperatura se tiene 2987 datos completos y 49 datos faltantes, como se puede observar en la figura 3. Para el uso de estos se requiere el relleno de los datos antes de su utilización; para el efecto se aplicó métodos estadísticos de correlación y regresión entre las series climáticas de estaciones vecinas.

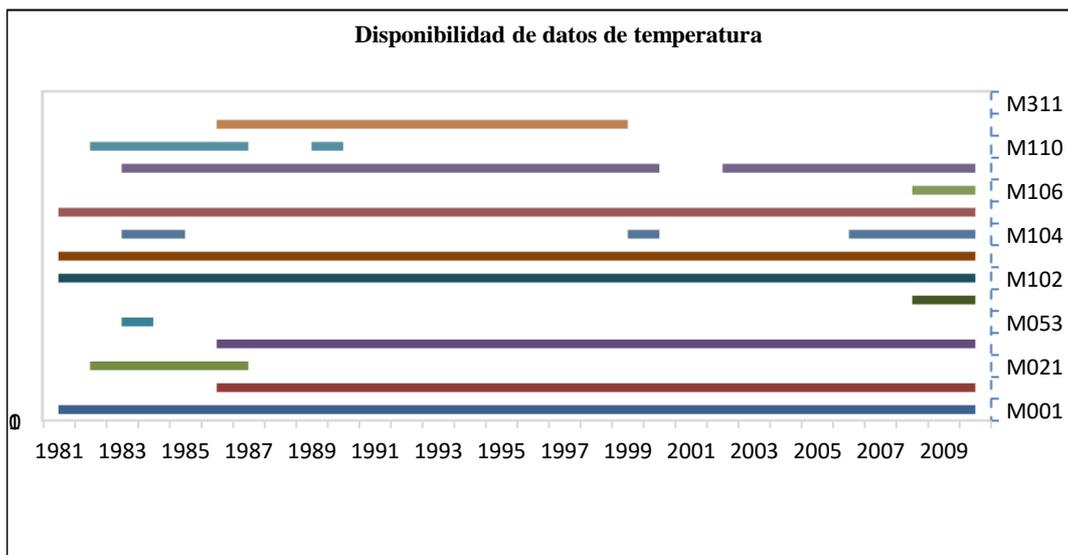


Figura 3 Disponibilidad de datos de temperatura
Elaboración propia a partir de los datos del Inamhi (2020)

Precipitación

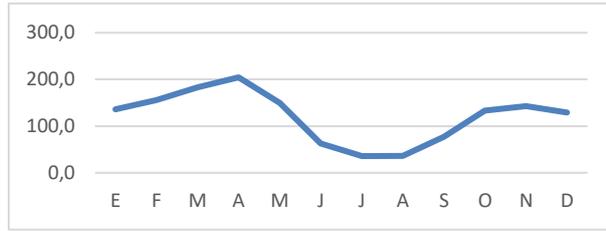
Se conoce a la precipitación como la lámina de agua recolectada por los instrumentos meteorológicos como son los pluviómetros o pluviógrafos; su unidad de medida es en milímetros y se asocia con períodos como año, mes, día, etc. De los componentes del clima es uno de los más importantes, por su incidencia en el ciclo del agua y en el balance hídrico de cuencas hidrográficas. La variación de la precipitación en el tiempo se analiza con frecuencia en término de variación estacional, así como la variación interanual, para diferenciar períodos secos y húmedos (véase Tabla 5).

Para representar gráficamente la distribución de las lluvias en un lugar determinado se genera curvas sobre un mapa zonal en donde se unen puntos con igual precipitación, y estas líneas se conocen como Isoyetas.

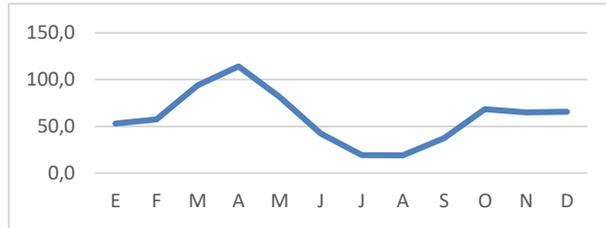
Tabla 5
Ciclo estacional - precipitación

Código	Estación	Ciclo estacional (Precipitación)
M001	Inguincho	

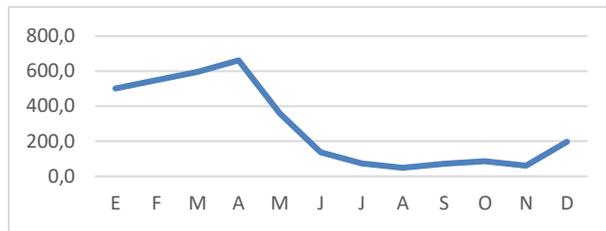
M003 Izobamba



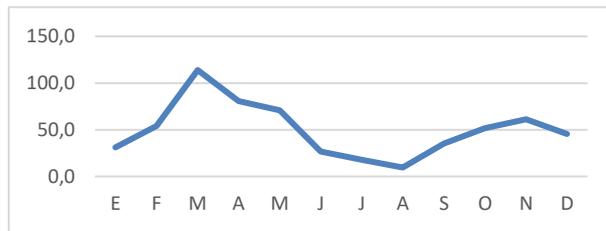
M021 Atuntaqui



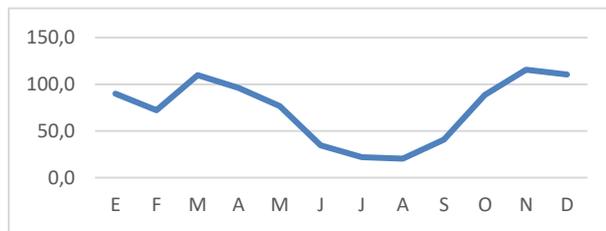
M025 La Concordia



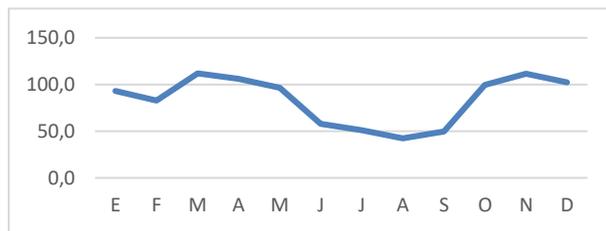
M053 Ibarra-Aeropuerto



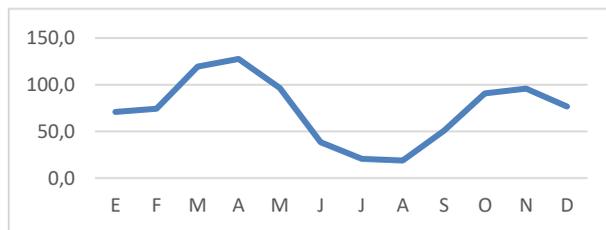
M102 El Ángel



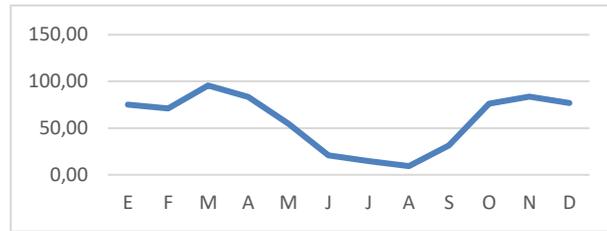
M103 San Gabriel



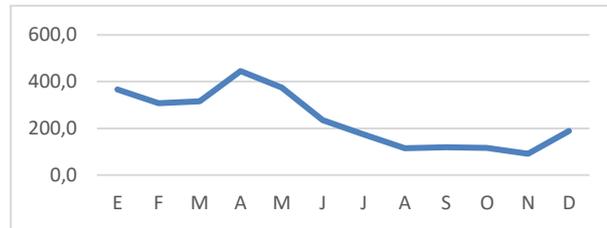
M105 Otavalo



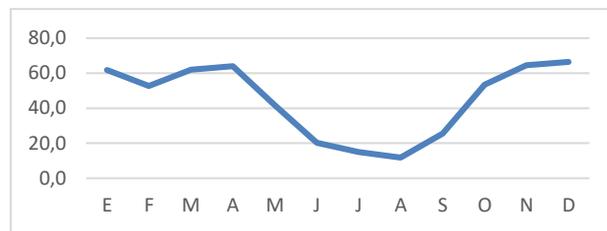
M107 Cahuasqui Fao



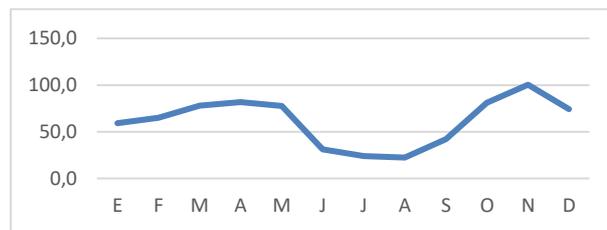
M224 San Lorenzo



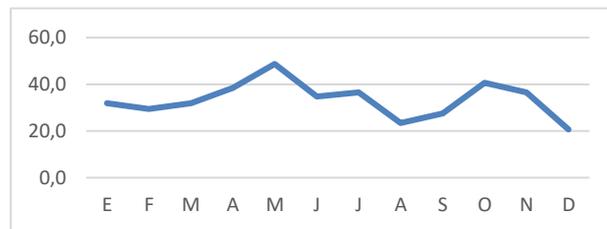
M301 Ff CC Carchi



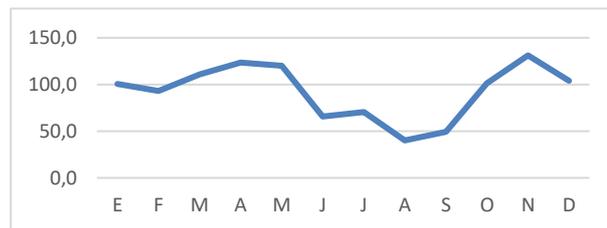
M303 Bolívar - INAMHI



M304 Monte Olivo



M305 Julio Andrade



M307 Gruta La Paz



M308 Tufiño



M309 San Juan de Lachas



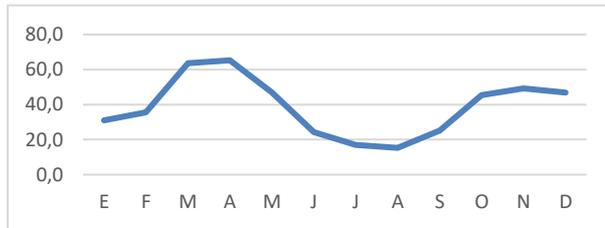
M310 Mariano Acosta



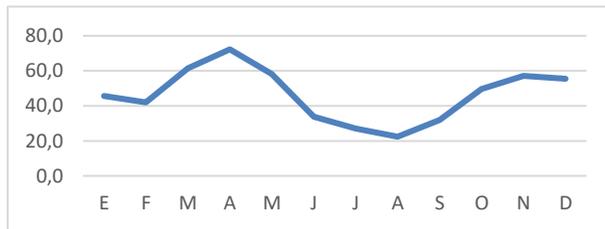
M312 Pablo Arenas



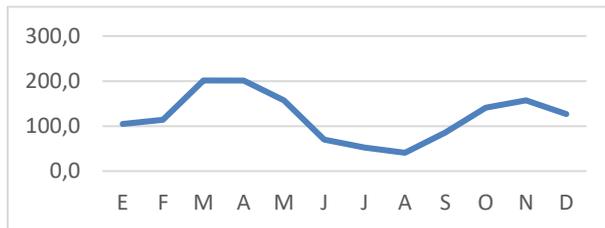
M314 Ambuqui

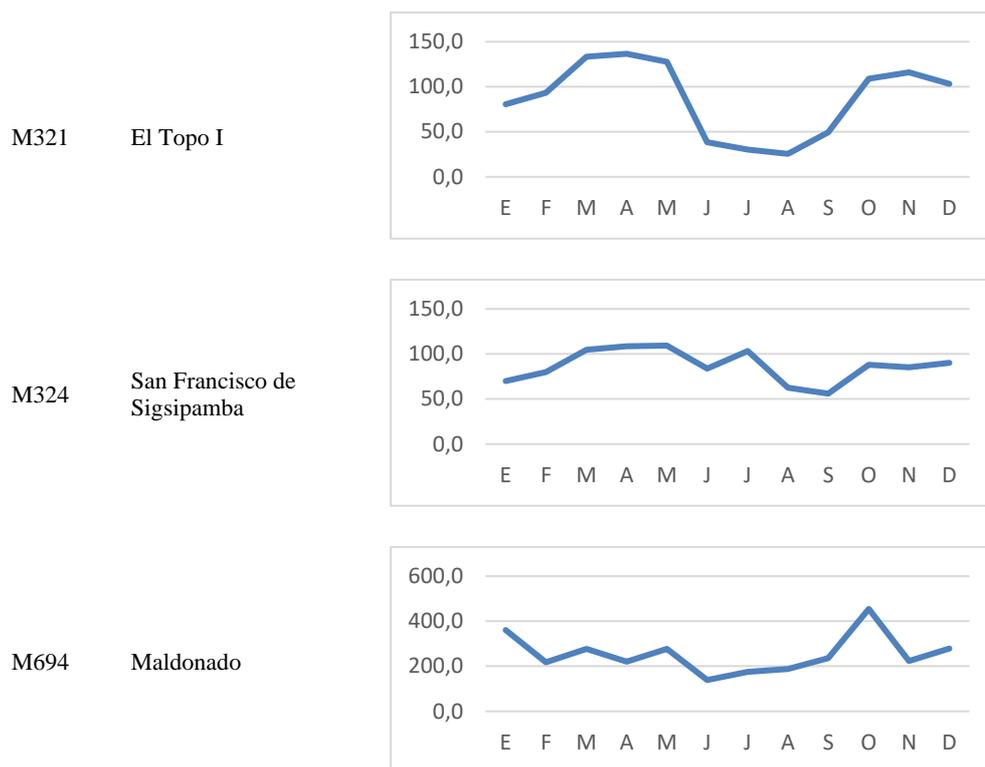


M315 Pimampiro



M317 Cotacachi Hda





Fuente: Inamhi
Elaboración propia

Relleno de datos

Para rellenar los datos de precipitación faltantes (véase tabla 6), se utilizó las estaciones más cercanas al área de estudio y que contaron con información disponible. Empleando el método de regresión lineal con la ecuación de la recta ($y = ax + b$) y mediante software Excel 2016. Dónde: y = Precipitación estimada, x = Precipitación patrón y a y b = Constantes de regresión.

Tabla 6
Porcentaje de datos completos y faltantes de precipitación

Código	Estación	% Datos faltantes
M001	Inguincho	1,1
M003	Izobamba	
M021	Atuntaqui	10,9
M025	La Concordia	0,3
M053	Ibarra-Aeropuerto	0,9
M102	El Ángel	4,6
M103	San Gabriel	0,3
M105	Otavalo	2,2
M107	Cahuasqui Fao	7,1
M224	San Lorenzo	2,2

M301	Ff CC Carchi	8,1
M303	Bolívar - INAMHI	2,4
M304	Monte Olivo	12,5
M305	Julio Andrade	4,4
M307	Gruta La Paz	6,3
M308	Tufiño	1,3
M309	San Juan de Lachas	6,1
M310	Mariano Acosta	3,3
M312	Pablo Arenas	5,6
M314	Ambuqui	7,8
M315	Pimampiro	3,3
M317	Cotacachi Hda	1,7
M321	El Topo I	9,3
M324	San Francisco de Sigsipamba	3,4
M694	Maldonado	18,1

Fuente: Inamhi
Elaboración propia

Correlación de datos de precipitación

Se determinó una correlación positiva y aceptable entre las variables de estudio y esta similitud se representa a manera de una recta (véase figura 5), el coeficiente de correlación lineal de Pearson está representado en la gráfica por R^2 este coeficiente expresa el grado de covarianza entre variables, siendo positivo o negativo, se interpreta mediante el diagrama de dispersión, el valor de R^2 va de -1.0 a 1.0, mientras se acerca a la unidad, hay mayor relación lineal entre variables.

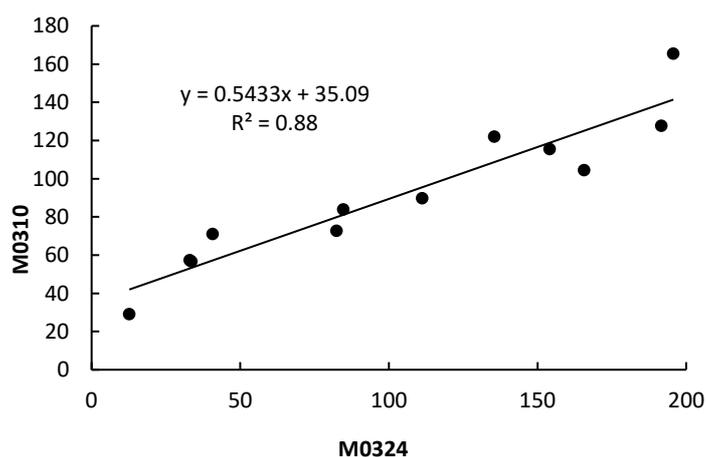


Figura 4. Ejemplo de correlación para la estación M0324. Elaboración del autor, a partir de los datos obtenidos del Inamhi 2020.

Cuando el gráfico presenta una pendiente constante, se concluye que la serie de datos es homogénea; mientras que, al presentar desviaciones o varias pendientes, es necesario revisar los datos que no cumplen con la linealidad para corregirlos.

Limitaciones del método de correlación lineal de Pearson

Este coeficiente de correlación permite predecir el valor de una variable dado un valor determinado de otra variable, este cálculo es el primer paso para determinar la relación entre variables. La r de Pearson refleja únicamente la relación entre dos variables.

Entre las principales ventajas del coeficiente de correlación de Pearson se encuentran: El valor es independiente de cualquier unidad que se utiliza para medir las variables. Si la muestra es grande, es más probable la exactitud de la estimación.

Alguna de las desventajas del coeficiente de correlación son: Es necesario las dos variables sean medidas a un nivel cuantitativo continuo. La distribución de las variables debe ser semejantes a la curva normal.

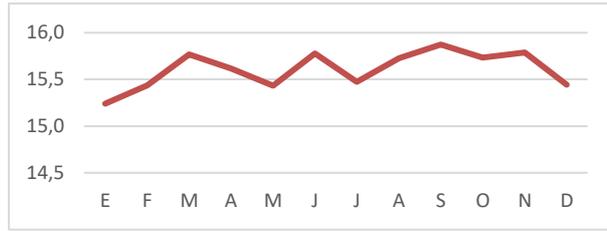
Temperatura

La temperatura se precisa como una magnitud escalar medible con un termómetro de mercurio a 2 m desde el suelo en un lugar ventilado y cubierto; se relaciona con la representación de la cantidad de calor en un lugar determinado. En regiones intertropicales y ecuatoriales para analizar la temperatura se debe considerar las fluctuaciones: anuales, mensuales y diarias. La variación de la temperatura se aprecia con mayor facilidad de distribución espacial y temporal a través de líneas de igual valor (véase Tabla7), conocidas como isotermas (Barros y Troncoso 2010, 16).

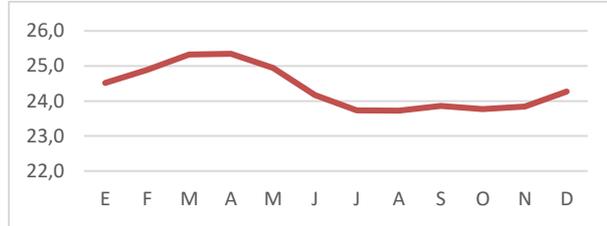
Tabla 7
Ciclo estacional - temperatura

Código	Estación	Ciclo estacional (Temperatura)																										
M001	Inguincho	<table border="1"> <caption>Monthly Temperature Data for Inguincho (M001)</caption> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>Temperature</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>E</td><td>10.4</td></tr> <tr><td>F</td><td>10.4</td></tr> <tr><td>M</td><td>10.45</td></tr> <tr><td>A</td><td>10.55</td></tr> <tr><td>M</td><td>10.6</td></tr> <tr><td>J</td><td>10.2</td></tr> <tr><td>J</td><td>9.9</td></tr> <tr><td>A</td><td>10.0</td></tr> <tr><td>S</td><td>10.3</td></tr> <tr><td>O</td><td>10.5</td></tr> <tr><td>N</td><td>10.5</td></tr> <tr><td>D</td><td>10.5</td></tr> </tbody> </table>	Month	Temperature	E	10.4	F	10.4	M	10.45	A	10.55	M	10.6	J	10.2	J	9.9	A	10.0	S	10.3	O	10.5	N	10.5	D	10.5
Month	Temperature																											
E	10.4																											
F	10.4																											
M	10.45																											
A	10.55																											
M	10.6																											
J	10.2																											
J	9.9																											
A	10.0																											
S	10.3																											
O	10.5																											
N	10.5																											
D	10.5																											
M003	Izobamba	<table border="1"> <caption>Monthly Temperature Data for Izobamba (M003)</caption> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>Temperature</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>E</td><td>12.0</td></tr> <tr><td>F</td><td>11.95</td></tr> <tr><td>M</td><td>11.9</td></tr> <tr><td>A</td><td>12.05</td></tr> <tr><td>M</td><td>12.15</td></tr> <tr><td>J</td><td>12.0</td></tr> <tr><td>J</td><td>11.8</td></tr> <tr><td>A</td><td>12.0</td></tr> <tr><td>S</td><td>12.1</td></tr> <tr><td>O</td><td>12.05</td></tr> <tr><td>N</td><td>11.95</td></tr> <tr><td>D</td><td>12.0</td></tr> </tbody> </table>	Month	Temperature	E	12.0	F	11.95	M	11.9	A	12.05	M	12.15	J	12.0	J	11.8	A	12.0	S	12.1	O	12.05	N	11.95	D	12.0
Month	Temperature																											
E	12.0																											
F	11.95																											
M	11.9																											
A	12.05																											
M	12.15																											
J	12.0																											
J	11.8																											
A	12.0																											
S	12.1																											
O	12.05																											
N	11.95																											
D	12.0																											

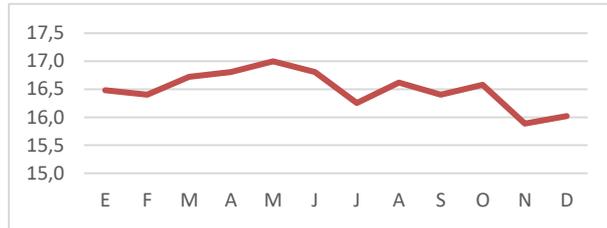
M021 Atuntaqui



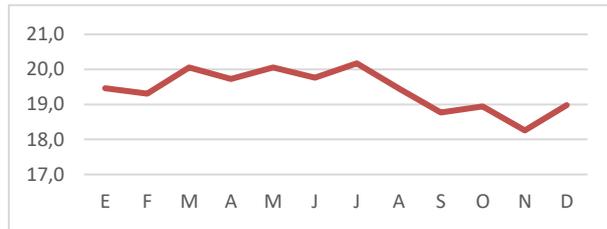
M025 La Concordia



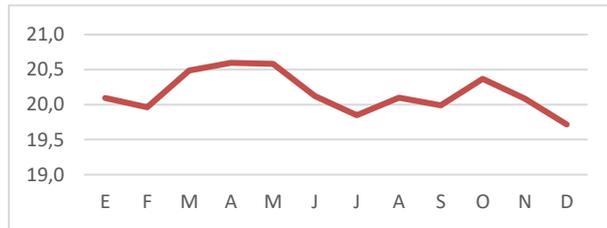
M053 Ibarra-Aeropuerto



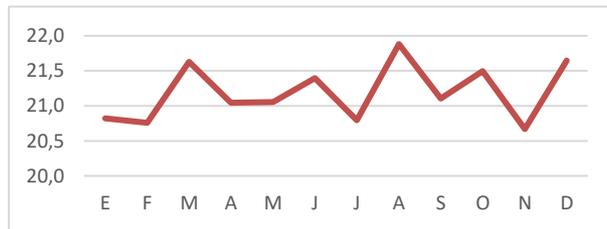
M085 Salinas Inerhi



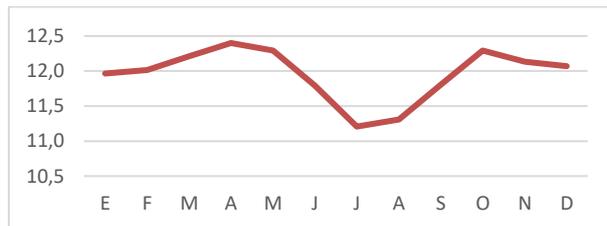
M086 San Vicente de Pusir



M099 Carpuela



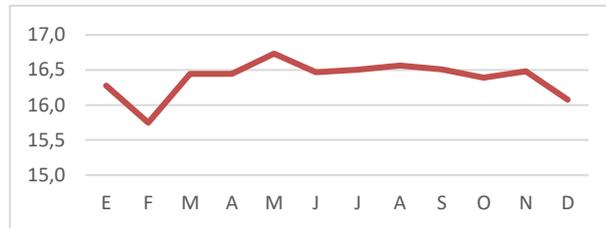
M102 El Ángel



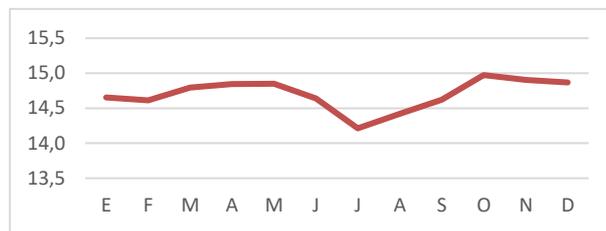
M103 San Gabriel



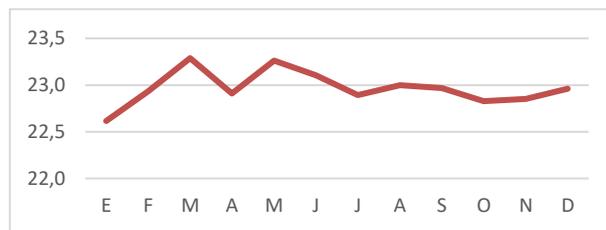
M104 Mira-Fao Granja la Portada



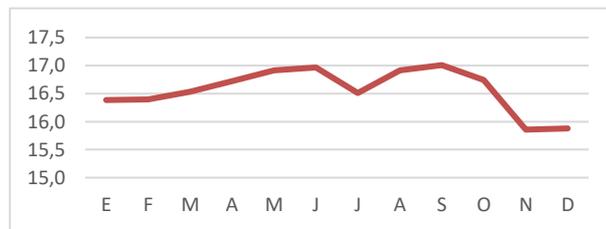
M105 Otavalo



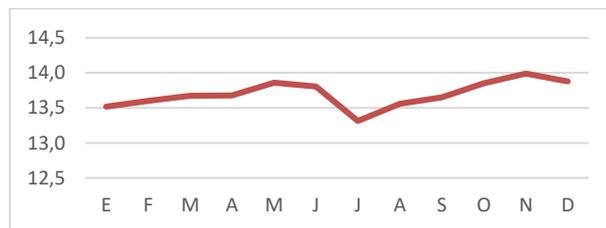
M106 Lita



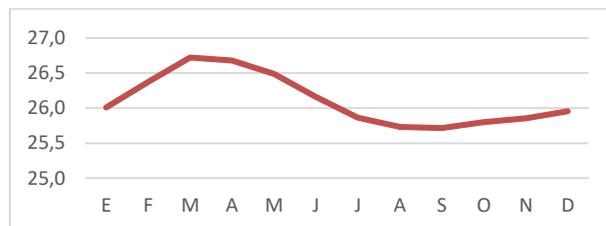
M107 Cahuasqui Fao



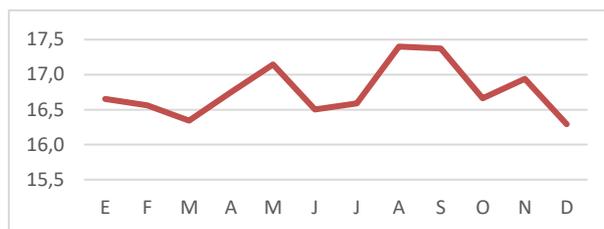
M110 San Pablo de Lago



M224 San Lorenzo



M311 Cahuasqui



Fuente: Inamhi
Elaboración propia

Relleno de datos

Para rellenar los datos de temperatura (Tabla 8), se utilizó el software SIG, con la aplicación ArcGis^{10.5} con el método de interpolación IDW que estima valores desconocidos.

La interpolación mediante este método permite determinar valores de celda a través de una combinación ponderada lineal con base en los datos existentes. Este método permitió tomar dos puntos cercanos y trazó segmentos de curvas polinómicas mediante interpolación. Para un mejor funcionamiento es necesario tener datos espaciados de forma uniforme.

Tabla 8
Porcentaje de datos completos y faltantes de temperatura

Código	Estación	% Datos faltantes
M001	Inguincho	1,7
M003	Izobamba	
M021	Atuntaqui	4,2
M025	La Concordia	
M086	San Vicente de Pusir	13,3
M102	El Ángel	0,9
M103	San Gabriel	0,3
M104	Mira-Fao Granja la Portada	3
M105	Otavalo	1,4
M106	Lita	6,3
M107	Cahuasqui Fao	1,8
M110	San Pablo de Lago	4,2
M224	San Lorenzo	1,2
		4,2
M311	Cahuasqui	

Fuente: Inamhi
Elaboración de la autora

Correlación de datos de temperatura mensual de cada estación y altura

El método de correlación en este caso fue el que más se ajustó al caso de estudio; se realizó mediante la regresión lineal simple. Teniendo en cuenta la correlación entre la altitud de las estaciones como variable independiente y tuvo en cuenta las estaciones con datos faltantes y mediante el gráfico de dispersión de datos se determinó la correlación de las variables. Se tomó en cuenta los datos que tenían como R^2 superior a 0.8 lo que permitió definir como validez estadística.

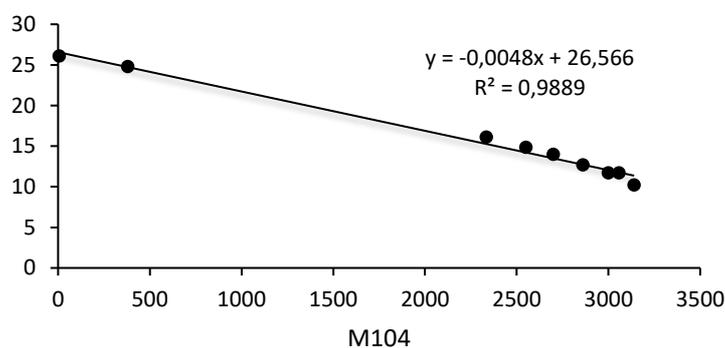


Figura 5. Ejemplo de correlación para la estación M104. Elaboración del autor, a partir de los datos obtenidos del Inamhi 2020.

Interpolación de datos de temperatura

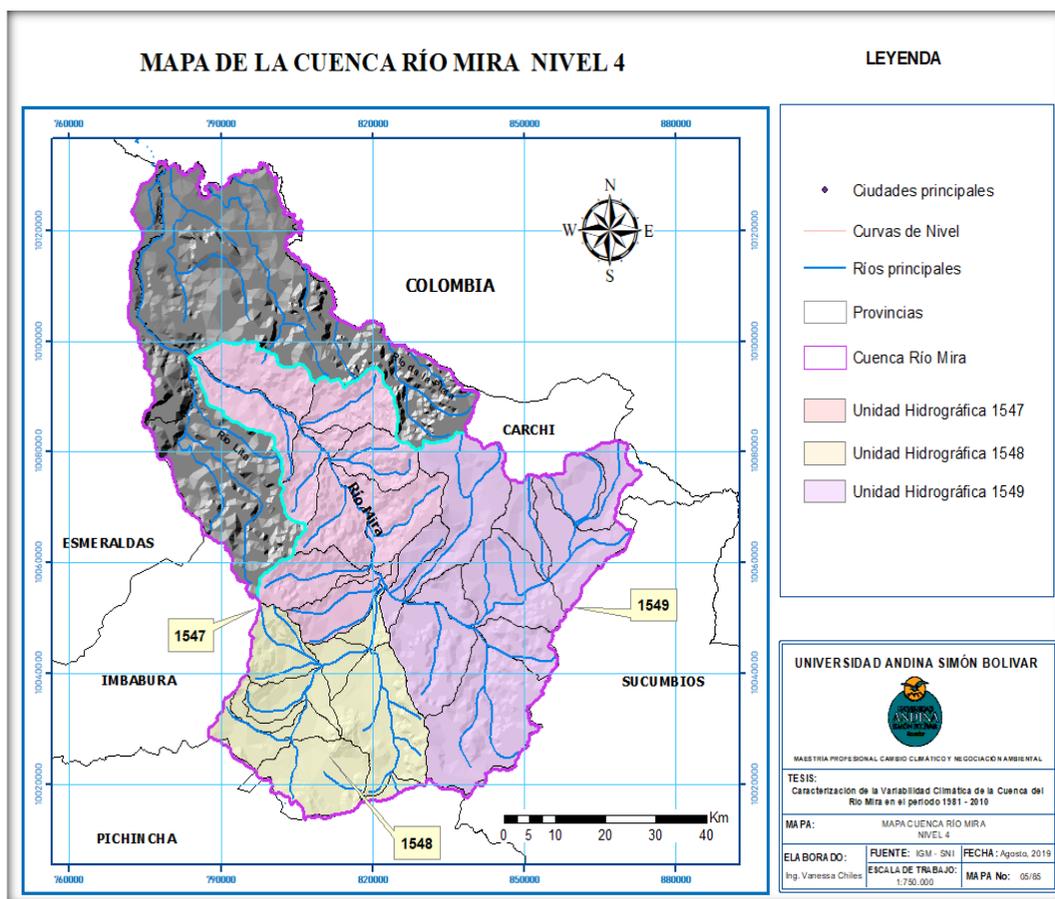
Para completar los datos de temperatura se aplicó la ecuación de la temperatura determinada ($T_{Det} = T_{mensual} + (r(Z_{Det} - Z_{estación}))$), en la que se tomó en cuenta datos de temperatura mensual, altura de referencia y altura de la estación con datos existentes. Dónde: T_{Det} es el valor de temperatura que se está buscando, $T_{mensual}$ es el dato existente de temperatura mensual de la estación meteorológica existente, Z_{Det} es la altura de referencia y $Z_{estación}$ es la altura de la estación existente.

Mediante el valor (nx) obtenido del gráfico de dispersión y el valor de altitud referencial de 1000m u homologación, se pudo determinar el valor de la temperatura determinada. Este valor permite calcular la temperatura real del área de estudio, a partir de la ecuación de la temperatura real ($T_{x,y} = T_{Det} + (r(Z^{DEM} - Z_{Det}))$). Donde: T_{Det} es la temperatura determinada, r es el valor de nx de la ecuación, Z^{DEM} es el DEM del sitio de investigación, Z_{Det} es la altura referencial. Para el cálculo de la temperatura real

se usó el DEM (Modelo Digital de Elevación) en una resolución espacial de 30 metros de píxel del sitio de estudio (Díaz y Encarnación 2018, 28-30).

1.4. Análisis de la Cuenca

Para realizar el análisis de los recursos naturales y el RH, es importante entender que la unidad territorial más adecuada es la unidad de cuenca hidrográfica. Para estandarizar este tipo de estudios la Secretaría Nacional del Agua y la UICN Sur ha codificado las unidades hidrográficas en el continente sudamericano y en la Subregión Andina. Según la Secretaría del Agua (2009, 3) los mapas de delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador se realizaron a la escala 1:250000, hasta el nivel 5 según la metodología Pfafstetter.



Mapa 2. Cuenca del Río Mira en Unidades Hidrográficas Nivel 4

Fuente: Elaboración del autor, a partir de los datos obtenidos del Inamhi

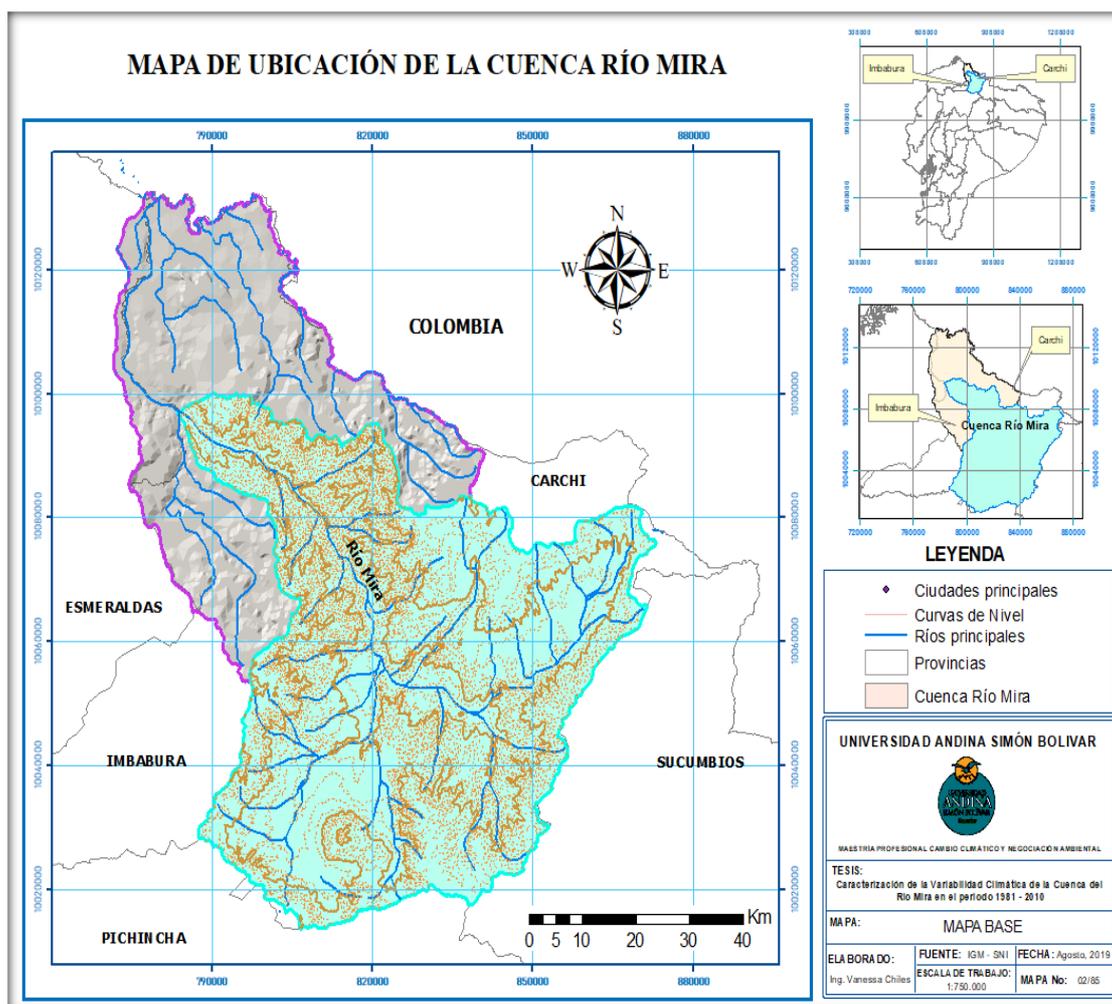
En este estudio se va a tomar en consideración el nivel 4 en el que hay 123 unidades hidrográficas; de las cuales 16 están en la Región Hidrográfica 1 a la que

pertenece la CRM; pero para el estudio solo se va a tomar tres unidades hidrográficas como se puede observar en el Mapa 2.

Cuenca del río Mira

El Río Mira nace en la cordillera oriental a 3000 m s. n. m. en el cantón Huaca con el nombre de río Blanco.

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del Carchi afirma que la CRM atraviesa con el nombre de Chota las tierras de Chalguayacu; cuando recibe las aguas del Piguchuela se denomina Mira (véase Mapa 3) y avanza hasta la Concepción a una altura de 1400 m s. n. m. cruza Chamanal a 1310 m, Santa Lucía y Cuajara a 1169 m para perderse en la cordillera occidental rumbo al Océano Pacífico en donde desemboca en territorio colombiano (Gobierno Provincial de Carchi 2015, 33).



Mapa 3. Ubicación de la cuenca del Río Mira.

Fuente: Elaboración del autor, a partir de los datos de Inamhi.

1.5. Representación Cartográfica de Isotermas e Isoyetas

Después de revisar la literatura existente de investigaciones realizadas respecto a variables climáticas donde se utiliza datos mensuales de temperatura y precipitación en Ecuador. Se decide usar para la interpolación de datos el método de Distancia Inversa Ponderada IDW (Inverse Distance Weighted).

Para generar la representación gráfica de las variables climáticas de este estudio, se va a realizar mediante IDW. Porque este método en general presenta valores de menor error cuadrático medio y genera mejores resultados cuando se considera un rango de cobertura altitudinal (Andrade y Moreano 2013, 72). A continuación, se detalla el método de interpolación utilizado:

IDW (Inverse Distance Weighted)

El método IDW es un método de interpolación de distancia inversa ponderada, utiliza una función inversa de distancia; y tiene base en los puntos que se encuentran más cercanos los más parecidos, tienen más influencia y peso sobre los datos que se van a estimar. Esta ponderación se hace en función de la distancia inversa y la superficie a interpolar. Es una variable dependiente de la ubicación y utiliza puntos con valores conocidos para estimar valores desconocidos en otros puntos.

Después de revisar los métodos de interpolación se decide realizar este estudio con el método IDW. Al representarse de forma cartográfica se evidencia la influencia de la distancia, porque los puntos más cercanos son más parecidos que los lejanos. Este procedimiento de interpolación tiene en cuenta: la definición de la zona de influencia del punto a interpolar para delimitar el radio, la forma de volver a hacer el muestreo y la orientación de los puntos a encontrar, se delimita la cantidad de puntos que se va a usar en la zona de influencia y selecciona la función matemática más adecuada y que se ajuste a la cantidad de puntos que se delimitaron antes.

Limitaciones del método IDW

La aplicación del método IDW para el caso de las variables temperatura y precipitación, se sustenta en el concepto de zonalidad climática, es decir en la similitud de las condiciones climáticas del punto para el cual se requiere la determinación de las

variables del clima, en relación con los puestos de observación o estaciones más cercanas de registro. El método IDW para el caso del Ecuador, genera mejores resultados cuando se considera un mayor rango de cobertura altitudinal (Andrade y Moreano 2013).

Según Vázquez y Solano (2013), el método de la distancia inversa al cuadrado tiene como principal ventaja su exactitud para la interpolación en los puntos de rejilla, así como su alta velocidad de cálculo computacional. Se utiliza principalmente en sitios donde generalmente no se cuenta con gran disponibilidad de datos meteorológicos.

Una de las desventajas del uso de IDW, es que tiende a generar superficies cerradas alrededor de los datos cuando el coeficiente de potencia es pequeño, dando un menor valor a los puntos más cercanos. Para generar superficies más suaves y continuas usando IDW, algunos autores recomiendan utilizar un coeficiente de potencia mayor (Gotway et al., 1996; Schloeder et al., 2001), mejorando de esta forma la exactitud del modelo cuando los datos no tienen coeficientes de variación muy grandes.

Entre menor sea la diferencia mejor será el ajuste del modelo y mejor será la calidad del mapa. Se compara el coeficiente de determinación (R^2) y el error medio cuadrático entre las tendencias y los datos estimados para cada una de las variables (Rojas et al., 2010, 180). Se trata de comparar para cada punto que se quiere interpolar, el valor de entrada y el valor estimado por el modelo (Alonso, 2006).

1.6. Estaciones para la elaboración de mapas de Isotermas e Isoyetas

Para elaborar los mapas se utilizó ArcGis^{10.5}, con base en las siguientes estaciones meteorológicas que están dentro y cerca de la cuenca. La información meteorológica se obtuvo a partir de la base de datos generada por el INAMHI. Para obtener isoyetas e isotermas, se necesitan datos de precipitación y temperatura en formato raster y para obtener una información de este tipo se debe realizar una interpolación.

Isoyetas

La unión de puntos con igual precipitación en un tiempo determinado se denomina isoyetas. Las estaciones que se utilizaron para realizar las isoyetas en la CRM (véase Mapa 3).

El mapa de isoyetas es un instrumento importante para el estudio hidrológico y permite la cuantificación de la precipitación media y también representa la distribución

de la precipitación en el área de estudio de forma gráfica. El método de isoyetas determina líneas de igual altura y se determina así la precipitación caída entre estas, el valor de las isolíneas depende del período considerado y de la extensión de la zona de estudio.

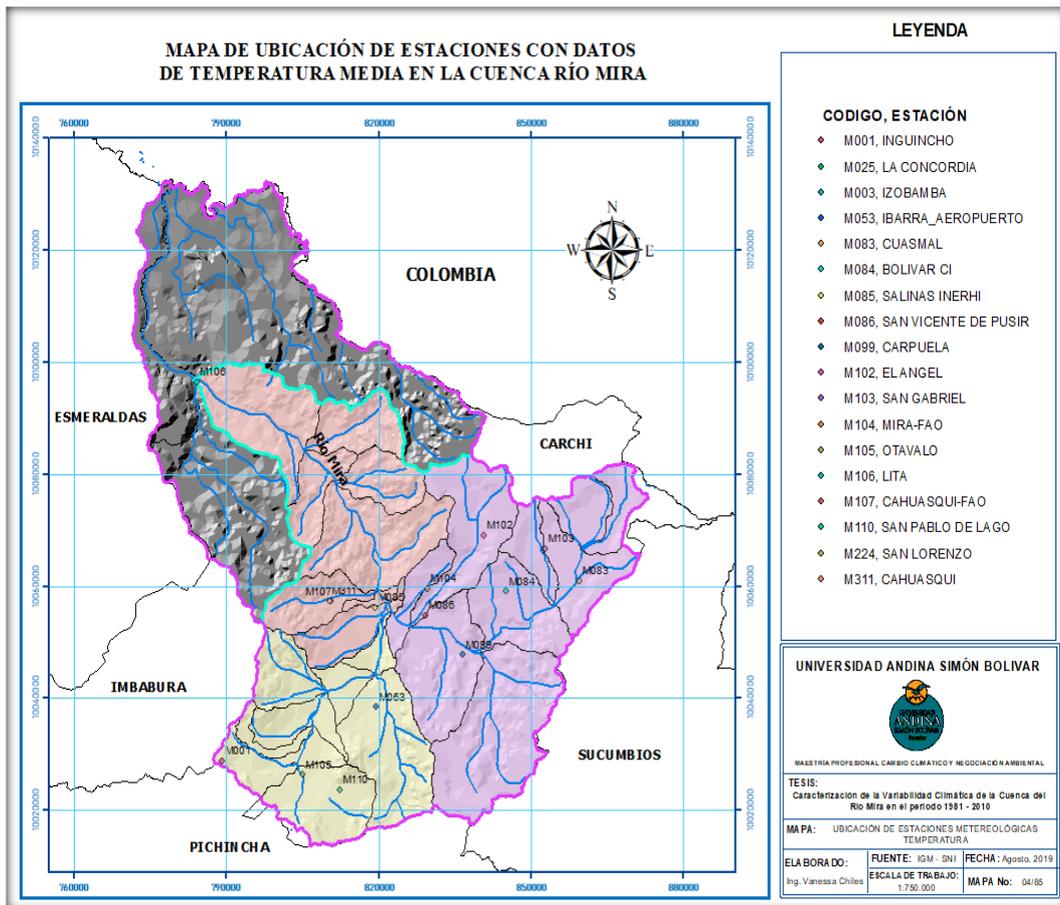


Mapa 4. Ubicación de estaciones para Isoyetas.
Fuente: Elaboración del autor, a partir de los datos de Inamhi.

Isotermas

En el mapa cartográfico la isotermas se forman a partir de líneas imaginarias representadas por líneas curvas que unen puntos que presentan las mismas temperaturas. Las estaciones meteorológicas utilizadas para realizar las isotermas en la CRM (Mapa 4).

En la atmósfera la temperatura desciende $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cada 100 m de altura. En su procedimiento técnico de construcción gráfica, se podría decir que las isotermas son líneas de temperatura cuyo trazado depende de la correlación con diferentes variables que permiten determinar la existencia de esta temperatura. Las temperaturas varían según el mes del año.



Mapa 5. Ubicación de las estaciones para Isotermas.
Fuente: Elaboración del autor, a partir de los datos de Inamhi.

En el siguiente capítulo se realiza la descripción de la cuenca del río Mira, toma en cuenta características morfométricas de la cuenca, al mismo tiempo características abióticas, bióticas y físicas.

Capítulo tercero

Descripción de la Cuenca del Río Mira

La Tierra acumuló carbón y petróleo bajo su superficie
por millones de años, y nosotros estamos quemando
toda esa acumulación en apenas 100 o 200 años.
Es una catástrofe en muchos sentidos.
(Eugenia Kalnay)

Este estudio se desarrolló en la CRM, ubicada al norte de país. Allí el RH es uno de los más vulnerables al CC. Este cambio refuerza la intensidad y frecuencia de la VC, haciendo más extremos las variaciones en la temperatura y precipitación; también presenta variación de regímenes hidrológicos.

1. Datos generales de la Cuenca

El Río Mira está ubicado al norte del Ecuador y sureste de Colombia; nace en el Cerro Mirador a alrededor de 3000 m s. n. m. en el cantón Huaca del Carchi en la cordillera de los Andes. Nace como Río Mirador, después toma el nombre de río Minas, al pasar por el cantón Montúfar toma el nombre de río Minas y luego toma el nombre de río Apaquí.

Cuando se une en el sector de Monte Olivo con el río Córdova, toma el nombre de río Chota que, al recibir las aguas del Río Blanco toma el nombre de Río Mira.

1.1. Características físicas

La CRM cubre el área ubicada entre las provincias de Carchi e Imbabura, sirve de límite natural entre Carchi, Imbabura y Esmeraldas en Ecuador, y el departamento de Nariño, en Colombia. Se subdivide en tres subcuencas importantes que son: Apaquí, El Ángel y la cuenca baja del Río Mira, siendo estas contenidas en la vertiente Pacífica que desembocan en el Océano Pacífico.

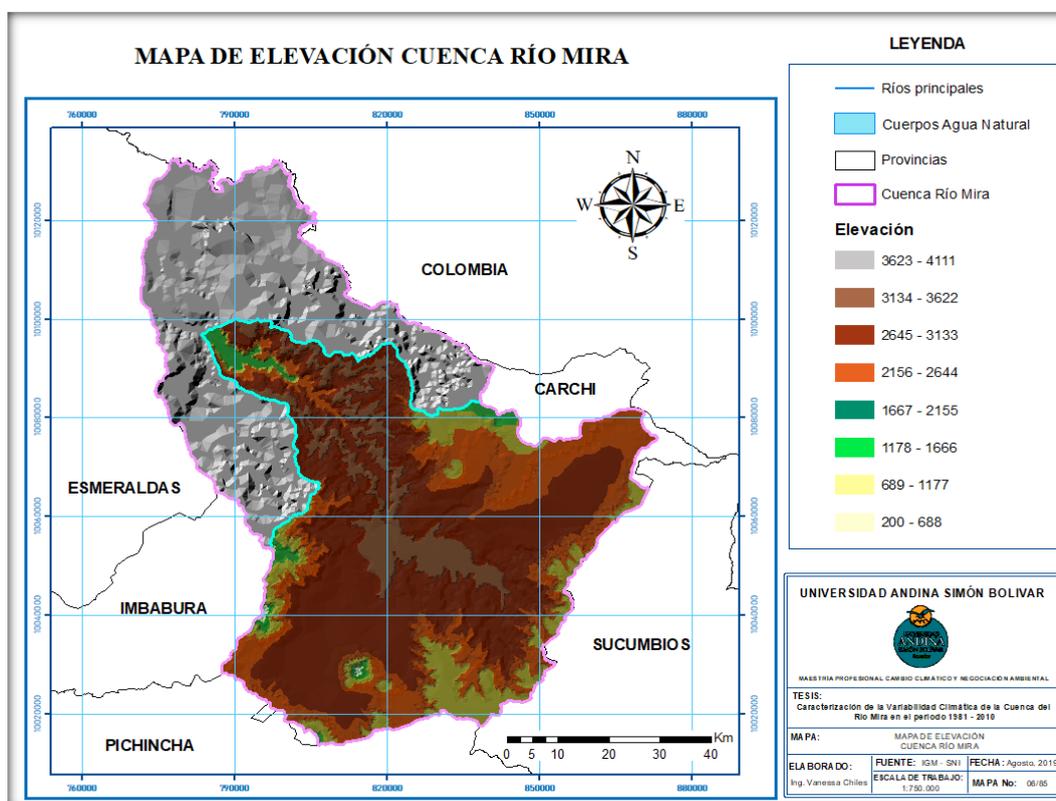
El Río Mira en Colombia tiene 88 km y es navegable en toda su extensión, recorre regiones selváticas poco pobladas pero aptas para la vida; en las cuales hay cultivos de banano (*Musa paradisiaca*) y palma africana (*Elaeis guineensis*).

Subcuencas

Para un adecuado manejo de la información en este estudio se decidió utilizar el Nivel cuatro (Mapa 5). Este nivel divide la CRM en seis unidades hidrográficas: Unidad hidrográfica 1544 o Cuenca Río San Juan, Unidad hidrográfica 1545, Unidad hidrográfica 1546 o Cuenca Río Lita, Unidad hidrográfica 1547 o CRM, Unidad hidrográfica 1548 o Cuenca Río Ambi y Unidad hidrográfica 1549 o Cuenca Río Apaquí.

Relieve

Desde la cordillera Occidental en el páramo de El Ángel y el Nudo de Mojanda - Cajas que tienen 4000 m s. n. m., que descienden de forma gradual mediante laderas hasta llegar a los Valle en el Mira y Chota (Mapa 6). En la provincia de Esmeraldas la cuenca está a nivel del mar y pasa a Colombia al sur de la Costa en el Cabo Manglares. La CRM abarca diferentes pisos ecológicos y térmicos; la zona baja está a nivel del mar, la zona intermedia tiene planicies semionduladas y la zona alta páramos; por lo cual abarca una diferencia altitudinal importante.



Mapa 6. Mapa de Elevación de la Cuenca del Río Mira.

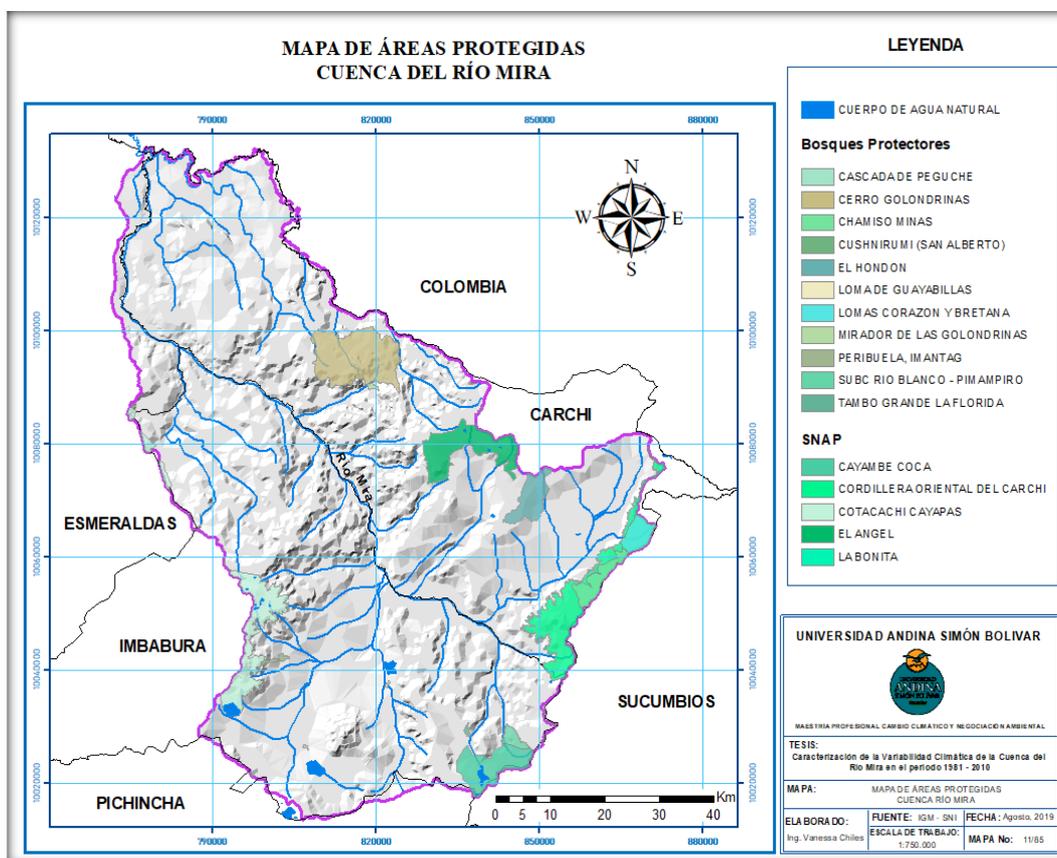
Fuente: Elaboración del autor, a partir de los datos obtenidos del IGM.

El último afluente del Río Mira constituye el río San Juan, que nace en la cordillera occidental desde el volcán Chiles y confluye antes de ingresar a territorio colombiano. Sus principales elevaciones son: Chiles (4729m), Pelado (4149 m), Chiltazón (3685 m), Mirador (3831 m), Cerro Negro (3674 m), los Cerros de San Francisco (3685 m), y los páramos del Ángel (3800 m).

En la CRM hay elevaciones importantes como: Cayambe, Imbabura, Cotacachi, Chiles y también presenta varias lagunas como atractivos turísticos entre las cuales se destacan Yahuarcocha, Cuicocha, San Pablo, Puruhanta, Mojanda y otras de menor extensión.

Áreas protegidas

El Estado cuenta con un Sistema Nacional de Áreas Protegidas que abarca el 19% del territorio nacional, con 5×10^6 ha, hay diversidad de flora y fauna. La protección no solo es el cuidado de las áreas sino crear conciencia para que el área sea cuidada por todos, para evitar que la depredación de la naturaleza.



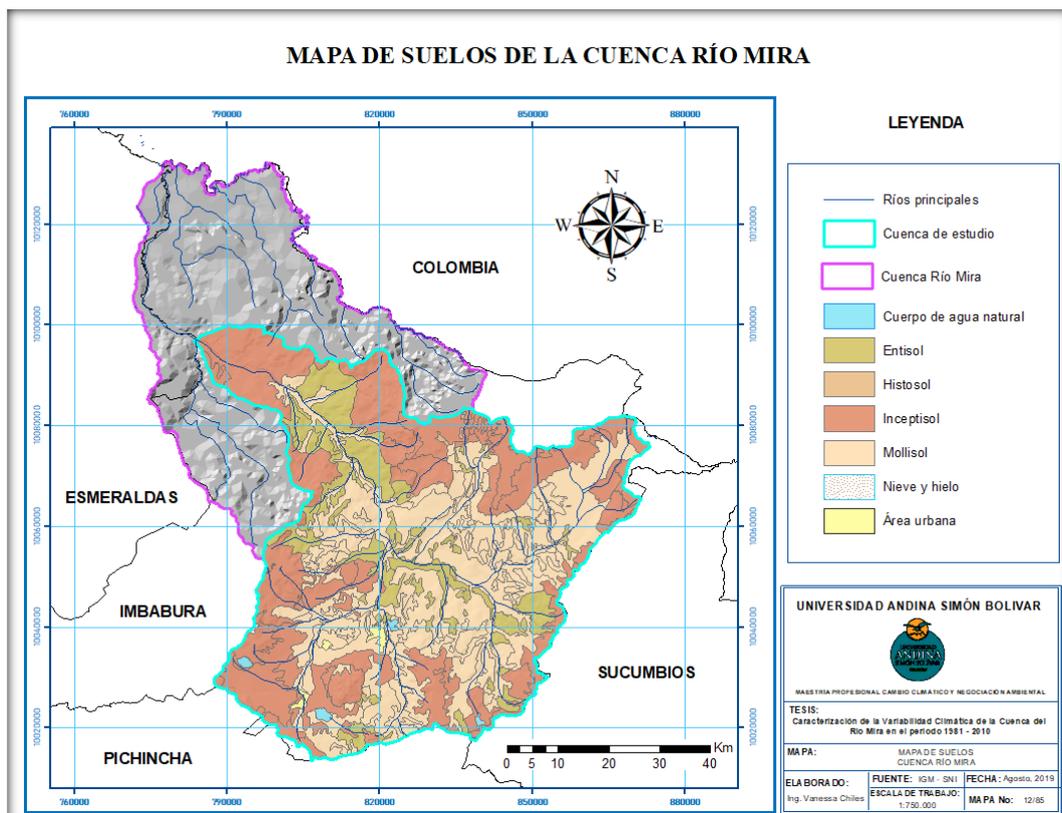
Mapa 7. Áreas Protegidas Cuenca Río Mira

Fuente: Elaboración del autor, a partir de datos obtenidos del SNI-MAE.

La Constitución Política del 2008 reconoce los derechos de la naturaleza y enfatiza la importancia que tiene para el país la biodiversidad y garantizar la adecuada conservación de los ecosistemas y biodiversidad al mismo tiempo el mantenimiento de funciones ecológicas. Entre las principales áreas protegidas en la CRM se tiene: Parque Nacional Cayambe Coca, Reserva Ecológica El Ángel, Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas (véase Mapa 7).

Edafología

La CRM presenta los mejores suelos de la Región 1 (véase Mapa 8). Están en el callejón Interandino que pueden producir cultivos permanentes de clima tropical. Estos terrenos pueden tener alta productividad agrícola para cultivos anuales y perennes. En la parte occidental de la cuenca hay suelos de material volcánico hidratable, si son deforestados pueden tener poca estabilidad; tienen poco potencial en minerales metálicos.



Mapa 8. Suelos de la cuenca del río Mira

Fuente: Elaboración del autor, a partir de datos obtenidos del SNI.

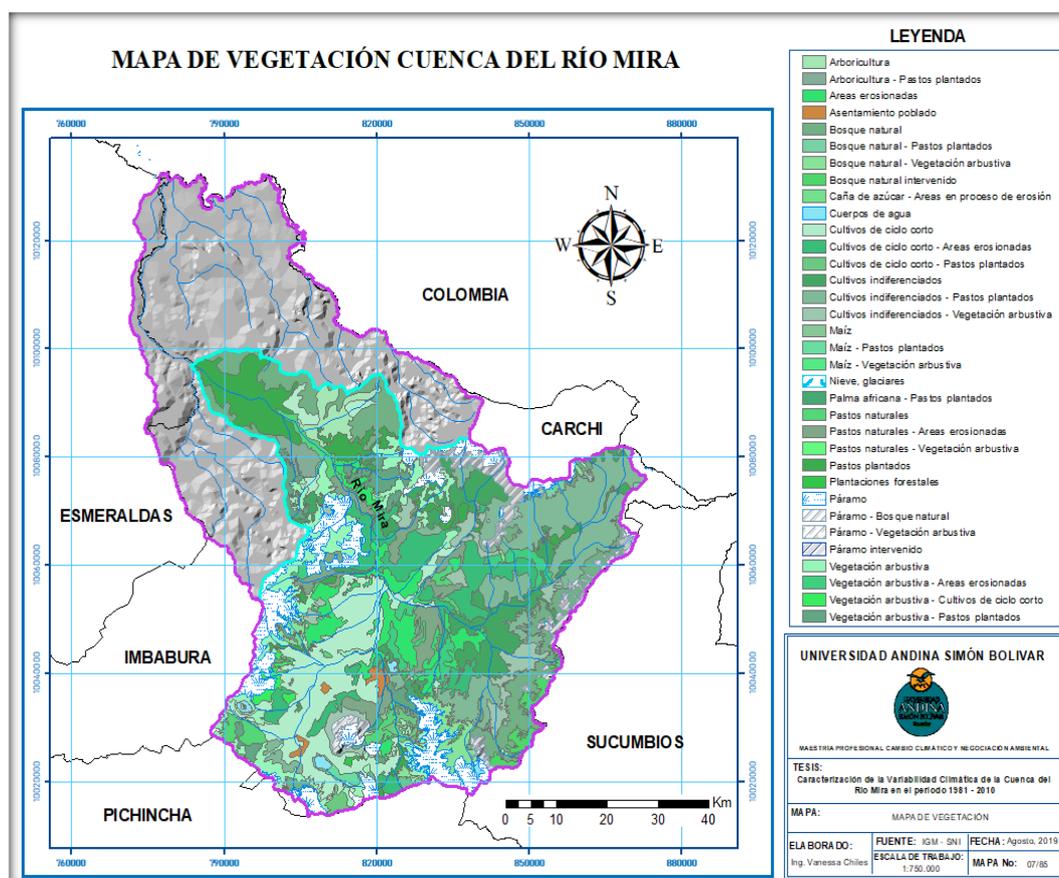
La CRM tiene predominancia de suelo de tipo *Inceptisol*; este tipo de suelo está formado por materiales de piedra de naturaleza sedimentaria y volcánica. En orden de

importancia le sigue el suelo Mollisol que son suelos superficiales a moderadamente profundos, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentarios; tienen horizontes superficiales oscurecidos; presentan topografías que varían entre ligeramente inclinada a extremadamente empinada.

Uso de suelos

El uso de suelo se enfoca en las actividades humanas que se desarrollan en la CRM (Mapa 7). Según el INEC (2010), las actividades agrícolas y ganaderas que son la base de la economía. La cuenca baja tiene predominancia natural, en la cuenca media hay remanentes de páramo; y en toda la cuenca hay cultivos de ciclo corto e indiferenciados, vegetación arbustiva y arboricultura.

Para complementar el estudio se realizó los mapas del Anexo 1: Mapa hidrogeológico-Permeabilidad (véase Mapa 33), mapa de cobertura vegetal CRM 1982 (véase Mapa 34), mapa de cobertura vegetal CRM 1990 (véase Mapa 35).



Mapa 9 Mapa de Vegetación de la Cuenca del Río Mira.

Fuente: Elaboración del autor, a partir de los datos obtenidos del Sistema Nacional de Información (SIN).

1.2. Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Mira

La cuenca presenta un clima con patrón cambiante; la influencia directa que tiene la geomorfología y la localización geográfica en el clima es compleja; varios factores tienen incidencia en el escurrimiento superficial y afecta la entrada y salida del RH en la cuenca al mismo tiempo la acumulación del agua. La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial, la pendiente media de la CRM es del 31% y la sinuosidad de las corrientes es de 1.81.

Área (A)

El río Mira tiene un área total de 10352 km²; en el Ecuador la superficie de la cuenca es de 6684 km² y en Colombia 3668 km². La cota superior de la cuenca es 4863 m s. n. m. y la cota inferior de la cuenca: 92 m s. n. m.

Perímetro (P)

Es la medición de la línea envolvente de la cuenca que corresponde a la longitud sobre el plano horizontal, que recorre a la divisoria de aguas topográficas. El perímetro de la cuenca es: 1.557,96 km.

Longitud axial (La)

Es la longitud del río desde el punto más distante de la cuenca hasta la desembocadura, se realizó mediante cálculo de la herramienta Measure. La longitud del río hasta el punto de cierre es: 195,38 km.

Ancho Promedio (Ap)

Este parámetro resulta de dividir el área de la cuenca hidrográfica para su longitud axial. Por esta razón en la base de datos obtenidos previamente se realizó estos cálculos. La cuenca del río Mira tiene 52,98 km de ancho promedio.

Forma de la cuenca (Ff)

Con este factor se infiere la susceptibilidad de la cuenca hacia las crecidas; y tiene relación directa entre la longitud de la cuenca y el área. La CRM tiene 0.46 de factor de forma; se debe tener en cuenta que si una cuenca tiene bajo factor de forma tiene menos susceptibilidad de estar sujeta a crecientes.

1.3. Características bióticas

La caracterización de flora y fauna se obtuvo mediante análisis de información secundaria existente como el PDOT de las provincias, cantones y parroquias. Imbabura es conocida por sus sistemas lacustres, características geográficas, topográficas y climáticas posee variedad de ecosistemas, diversidad biológica y cultural. Una de las formaciones vegetales más representativas en Carchi es el páramo de frailejones y lo que corresponde a los remanentes de bosques nativos. En cambio, Imbabura se caracteriza por la importante presencia de lagunas, con flora y fauna propias.

Flora

La topografía está atravesada por la cordillera de los Andes, por lo cual la zona es montañosa (Fotografía 3), pero también hay depresión con dos hoyas que forman un amplio valle en el Chota. Por lo que hay diversidad de flora con especies representativas de las diferentes zonas (Anexo 2).



Figura 6. Fotografía de la cuenca alta del río Mira
Fuente y Elaboración propia

Fauna

En la zona hay variedad de fauna (Anexo 3), pero por la alteración de los ecosistemas hay una considerable pérdida de población. Esto podría deberse a la incapacidad de adaptación a los cambios de hábitat que se han dado por el avance de la frontera agrícola.



Figura 7. Fotografía de la rana de la familia Centrolenidae
Fuente: Gobierno Provincial del Carchi.

1.4. Características sociales

En la CRM hay diversidad cultural y étnica, la mayor parte de sus habitantes son mestizos; pero también hay presencia varias nacionalidades y pueblos indígenas (Anexo 4), cuyos territorios constituyen en algunos casos las reservas ecológicas (Gómez et al. 2017, 21). Las principales nacionalidades existentes en la CRM son:

Nacionalidad chachi

“Es un grupo étnico indígena localizado en la provincia de Esmeraldas en un área de aproximadamente 105.468 hectáreas de las cuales el 79 por ciento está cubierto por bosques nativos y solo el 21 por ciento está habitado por la población Chachi” (Gomez, Gallego y Naranjo 2017, 27). Tradicionalmente se mantenían de la caza, pesca y recolección de frutas, raíces y hojas que les brinda la selva. Viven en comunidades bien organizadas, el modelo poblacional que tuvieron es de viviendas ampliadas, que están dispersas en la rivera de los ríos, alrededor de la escuela y cancha de deportes. La economía se completa con la manufactura de artesanías trabajadas en balsa (*Ochroma pyramidale*) y chonta (*Bactris gasipaes*) y explotación de madera (GAD Parroquia San Gregorio 2011).

Nacionalidad Awa

Para el pueblo Awa es el territorio es un espacio sagrado que les permite mantener el equilibrio con los espíritus y la naturaleza, cuentan con lugares diferenciados para trabajar, cultivar, pescar, vivir y recrearse. “La Nacionalidad Awa, tiene un territorio

legalizado de 121.000 hectáreas y una población de aproximadamente 3000 personas; existen 22 centros de la Federación Awa-FCA. El área forma parte del Choco Biogeográfico, lo que la convierte en una zona ecológica muy importante” (Gómez et al. 2017, 21).

Población afroecuatoriana

En Carchi, en la Parroquia de Tobar Donoso se asientan 44 familias afros que en su mayoría son de origen colombiano y poseen cédulas de identidad de los dos países; en el cantón Bolívar también hay 420 familias afros (Rosero 2014).

Nacionalidad Kichwa

Este grupo étnico proviene del antiguo pueblo Caranqui. “Tienen una presencia significativa en Imbabura, su idioma natal es el Kichwa, esta nacionalidad está conformada por los Otavalo, Natabuela, Caranqui y Cayambis, entre otros” (Rosero 2014, 13); correspondientes a la cuenca alta del Río Mira y están organizadas. Su economía se basa en el comercio nacional e internacional de sus artesanías, música y turismo. Hay poco trabajo agrícola, pero se produce cerámica y cestería. Como parte de esta cosmovisión Andina, el pueblo Otavalo mantiene una relación mística con cerros, montañas y lagos. El taita Imbabura y la Mama Cotacachi representan sus creencias. De esta manera, lagunas como Cuicocha o cascadas como Peguche albergan aguas que son utilizadas para baños purificadores (Nacionalidades y Grupos Étnicos del Ecuador 2013).

1.5. Características económicas

El Carchi tiene una actividad económica de tipo comercial: transporte, comercio, construcción y administración pública; en cuanto a los productos agrícolas destacan la obtención de leche y cultivo de papa. La agricultura y la industria se consideran tradicionalmente como dos sectores separados pero la agroindustria ha permitido una transformación productiva territorial importante (Gobierno Provincial de Carchi 2015).

En Imbabura las principales fuentes de ingresos son: agrícola, ganadero, manufacturero, comercio, servicios y turismo; la provincia se ha convertido en un nuevo huerto de frutales. También cuenta con diversidad de industria: textil, artesanal,

alimentaria, del cuero, cemento, bebidas y tallado en madera. El comercio interno de productos agrícolas, alimentos y bebidas; y la exportación de artesanías, prendas de vestir y artículos de cuero son una fuente importante de ingresos (Gobierno Provincial de Imbabura 2015).

Después de analizar las características de la cuenca, en el siguiente capítulo se va a investigar los regímenes hidrológicos de la cuenca del río Mira con el fin de demostrar como la variabilidad climática podría afectar la temperatura y precipitación.

Capítulo cuarto

Análisis de los regímenes hidrológicos de la cuenca del río Mira

“La tierra, nuestra casa, parece convertirse cada vez más en un inmenso depósito de porquería. Muchas veces se toma medidas sólo cuando se han producido efectos irreversibles para la salud de las personas”.

Papa Francisco

1. Descripción de los regímenes hidrológicos y térmico de la cuenca del Río Mira

La CRM está ubicada en varios pisos climáticos. Su clima es de tipo megatérmico en la zona noroccidental, y mesotérmico-húmedo y semihúmedo en el callejón InterAndino (Pourrut 1983). Su territorio va desde los 10 m s. n. m., con temperaturas de hasta 27 °C en la Zona Subtropical de la frontera de la provincia de Esmeraldas, hasta los 4768 m.s.n.m. en la cima del volcán Chiles con temperaturas inferiores a los 0 °C. En la parte media de la cuenca, en el Valle del Chota, hay clima mesotérmico seco.

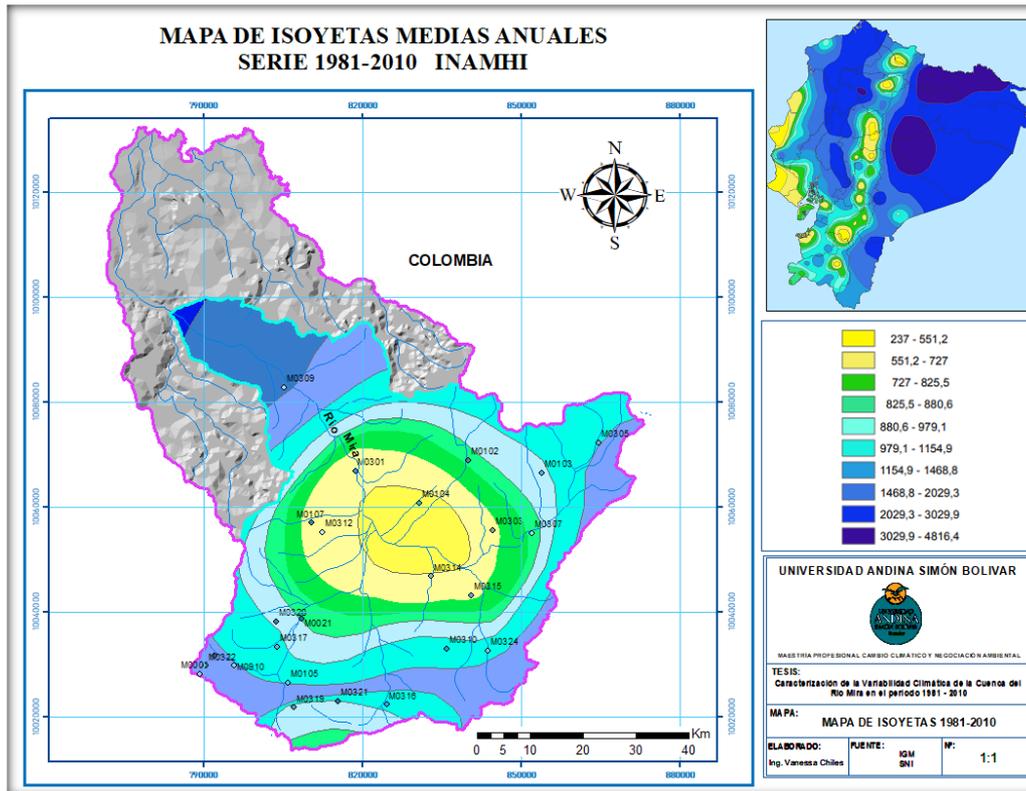
1.1. Estudios existentes de los regímenes hidrológicos o meteorológicos en la cuenca del río Mira

Después de haber analizado la información existente en la CRM se toman en cuenta los estudios más relevantes:

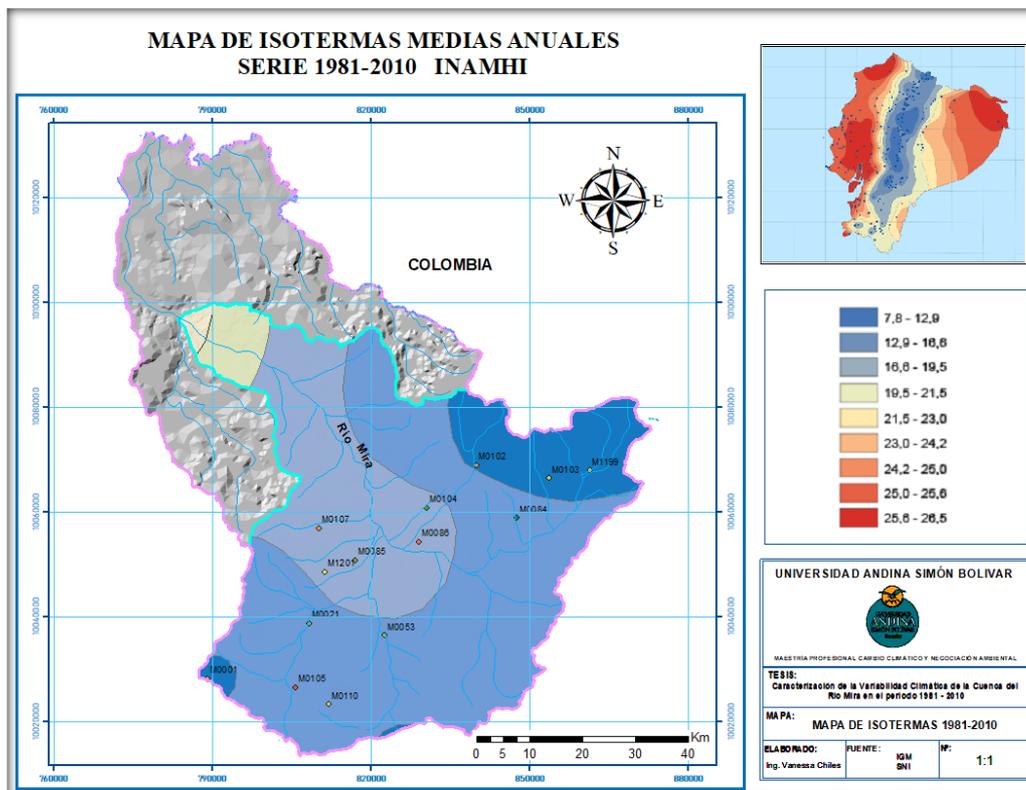
Mapas temáticos de isoyetas e isotermas publicados por el Inamhi

El Inamhi realizó mapas de isoyetas e isotermas tomando en cuenta datos de su red de estaciones que cuentan con al menos seis meses de información al año. El trazado de Isoyetas e isotermas se realizó a nivel nacional con una red de intervalos con base en los resultados homogenizados del periodo 1981-2010.

Se tuvo en cuenta el relieve, la orografía y observaciones en campo y correlación lineal temperatura-altura. El Instituto posee información específica de registros meteorológicos de su propiedad, así como también de otras instituciones y realiza mapas temáticos a escala nacional (Mapas 8 y 9).



Mapa 10. Isoyetas medias anuales de la serie histórica 1981-2010 para el Ecuador
Fuente: Obtenido del (SIN) y elaborado a partir de los datos del Inamhi. ¹



Mapa 11. Isotermas medias anuales de la serie histórica 1981-2010 para el Ecuador.
Fuente: Obtenido del (SIN) y elaborado a partir de los datos del Inamhi. ²

¹ Ver Anexo 5, Mapa 38 para la versión ampliada de la imagen.

² Ver Anexo 5, Mapa 39 para la versión ampliada de la imagen.

1.2. Análisis de las Amenazas Climáticas (Actuales y Futuras) en el Ecuador según el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (Congope)

Según el IPCC (2014, 2), el CC es inequívoco y desde la década de 1950 los cambios no han tenido precedentes, produciendo alteraciones en el SC, cambios en la temperatura y precipitación y mayor intensidad, duración y frecuencia de los eventos climáticos extremos. Por esta razón el Congope realizó un análisis asociado a las principales amenazas climáticas (sequías, lluvias intensas, olas de calor y heladas).

Este análisis se dio en tres fases: la primera recopiló la información climática basándose en datos diarios de precipitación del Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS), datos diarios de precipitación y temperaturas media, máxima y mínima generadas con reducción de escala dinámica con el modelo WRF (Weather research and Forecasting) (Congope 2015, 32); realizó el análisis, depuración de datos y un proceso de revalidación con series de datos de estaciones en tierra del Inamhi evaluando el comportamiento de las series métricas mediante: correlación, Bias (Sesgo) y Raíz del error cuadrático medio (RMSE).

En la segunda fase revisó y seleccionó las principales amenazas climáticas y en la última fase realizó el cálculo de estos índices y analizó las tendencias para determinar niveles de amenaza actual y futura en las 23 provincias del Ecuador para el período 1981-2015 (2015, 34). Los escenarios que se consideraron en este estudio fueron del Congope (2015, 35) fueron RCP 4.5 que es el escenario al que apuntaría el país si la tendencia de temperatura media se mantiene y 8.5 escenario pesimista como referente de un posible futuro en el que no se toma ninguna medida ni acción frente al CC.

Según Terán Rosero (2014, 11) el área de la CRM tiene una población de 493700 habitantes; de la cual el 78% está en Imbabura y 20% en Carchi; por esta razón se tiene en cuenta los estudios realizados en Imbabura y Carchi.

Provincia del Carchi

La provincia presenta una temporada de mayores precipitaciones entre marzo y mayo, y menores entre julio y septiembre. El rango de variabilidad es alto (véase figura 8), en especial en la temporada de más lluvias, esto se debe a la VC y a la influencia de fenómenos meteorológicos de El Niño y La Niña, que ocasionan años con mayores o

menores volúmenes de precipitación con relación a la climatología si se toma en cuenta el período de referencia 1981-2015. La temperatura media mensual promedio calculada en el periodo 1981-2015 (véase figura 9), en el estudio de Congope (2015, 86) indica presenta valores entre 13 y 14 °C, con máximos entre septiembre y noviembre y mínimos en julio. Al igual que en la precipitación hay años con variaciones por la influencia de fenómenos como El Niño y La Niña. Sin embargo, cada vez son más años con temperaturas superiores al promedio, lo cual es una clara señal del CC que se viene observando.

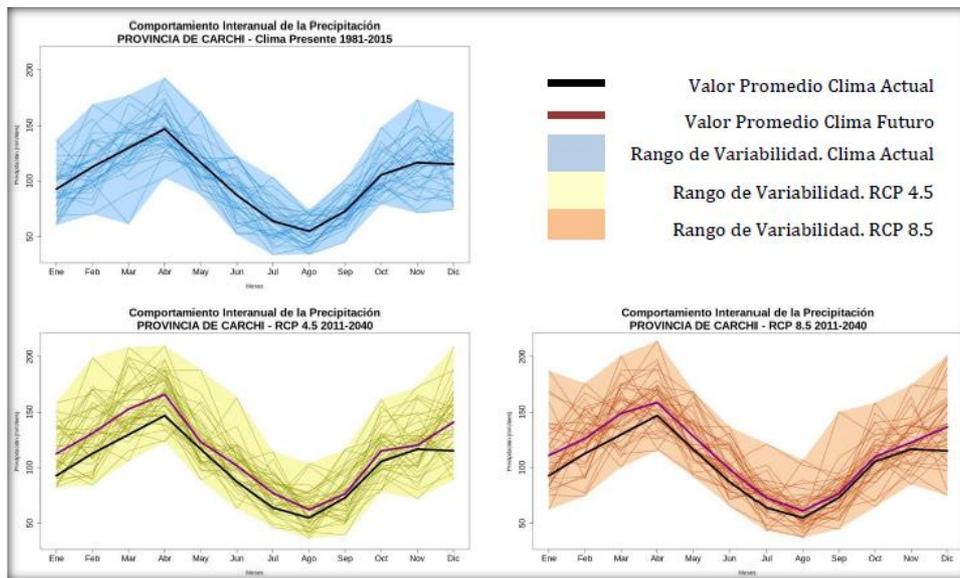


Figura 8. Comportamiento interanual de la precipitación.
Fuente: (Congope 2015).

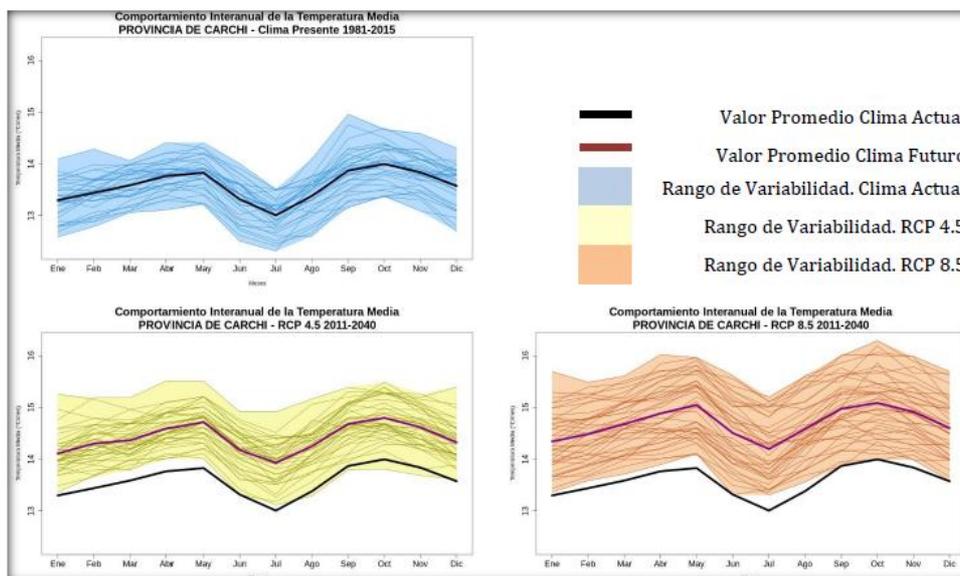


Figura 9. Comportamiento interanual de la temperatura media.
Fuente: (Congope 2015).

Provincia de Imbabura

La precipitación en la provincia presenta una temporada de mayores precipitaciones entre marzo y mayo y menor entre junio y agosto (véase figura 10); presentando un rango de variabilidad alto en la temporada de lluvias. Según el análisis de las amenazas climáticas en Ecuador del Congope (2015, 162) los escenarios de CC muestran incrementos en la precipitación significativos en el primer tercio del año y al final de este: podría existir mayor frecuencia e intensidad que ocasionaría años con meses de lluvias intensas. La temperatura media en el clima actual presenta valores entre 10 y 11 °C, con máximos entre octubre y noviembre y mínimos entre julio y agosto (véase figura 11); no obstante, cada año resulta más cálido al anterior, y la temperatura es más alta al promedio. Estas anomalías se deben a la influencia de fenómenos de El Niño y La Niña y su probable influencia en el comportamiento de la temperatura y precipitación.

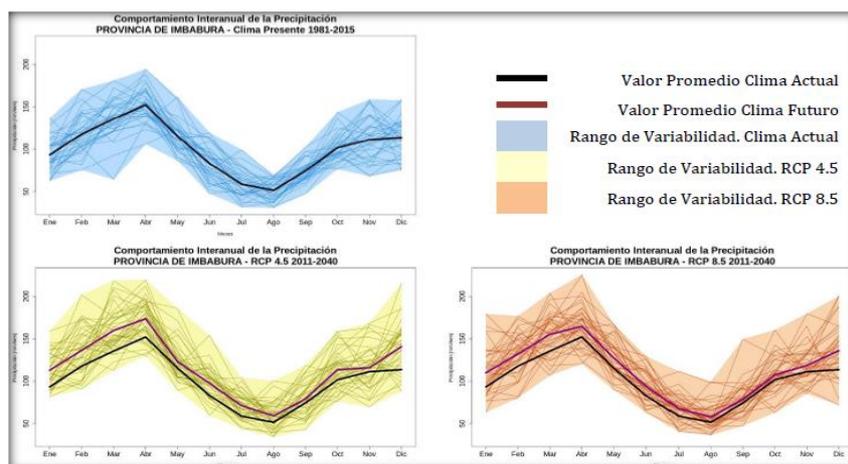


Figura 10. Comportamiento interanual de la precipitación.

Fuente: (Congope 2015).

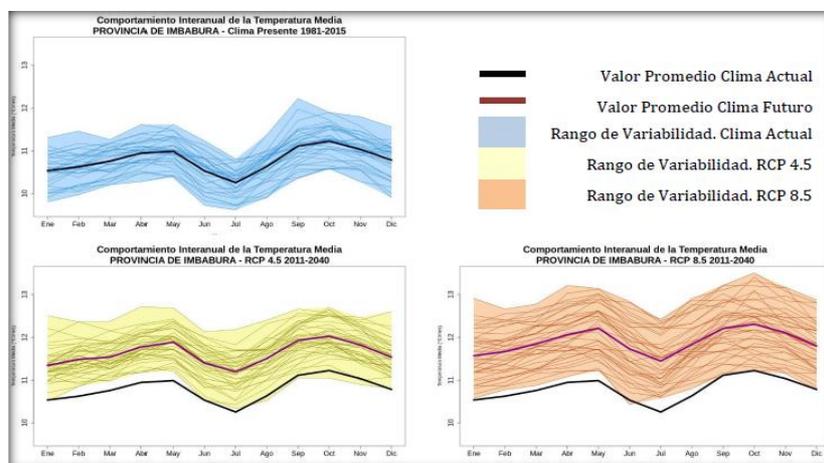


Figura 11. Comportamiento interanual de la temperatura media.

Fuente: (Congope 2015).

1.3. Guía para la interpretación y uso de los escenarios de Cambio Climático (MAE-SUIA 2016)

Ecuador es uno de los países más vulnerables ante el CC y fenómenos de VC asociados a El Niño y La Niña, los cuales van a afectar la vida poniendo nuevos retos al adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. De acuerdo con los instrumentos políticos y normativos vigentes el CC debe incorporarse en los nuevos planes provinciales, cantonales y parroquiales por esta razón el MAE mediante el SUIA ha puesto a disposición una serie de directrices encaminadas a incluir el CC a los gobiernos seccionales en la actualización del PDOT.

Para la representación de variables climáticas se contó con datos de 37 estaciones de precipitación, 32 de temperatura media, 34 de temperatura máxima media y 29 de temperatura mínima media con el sistema de georreferenciación WGS84; se tuvo en cuenta los datos de elevación o altitud de cada estación meteorológica.

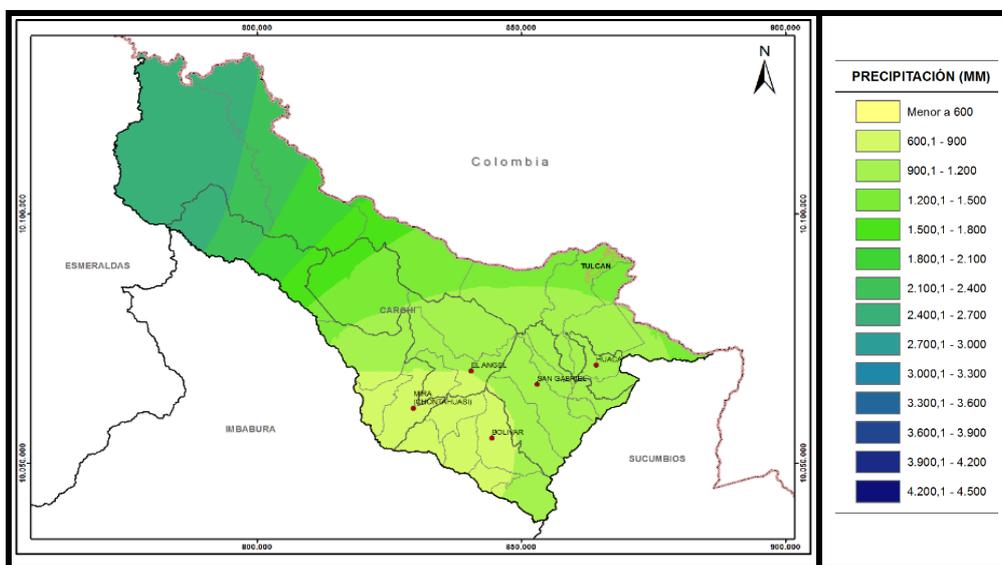
Para los modelos de regresión lineal se utilizó un modelo digital de elevación (MDE) obtenido del proyecto HydroSheds; y se usó metodologías de interpolación para superficies continuas. Para la temperatura se empleó el método de regresión lineal entre valores de temperatura máxima y elevación por ofrecer un mejor ajuste a la superficie interpolada y a partir de los modelos que se generan por la interpolación espacial se reestableció la distribución vertical de la temperatura utilizando un Modelo Digital de Elevación SRTM con resolución de 90m. En la precipitación se usó el método Kriging Bayesiano Empírico y análisis geo estadístico de ArcGis (Geostatistical Wizard) por la cantidad de estaciones disponibles.

La guía ha simplificado de la mejor forma posible para que sea entendido por el personal técnico y pueda usar la información en acciones, planes y medidas que se puedan adoptar respecto al CC en los gobiernos seccionales en este caso en Carchi e Imbabura; que forma parte de la CRM.

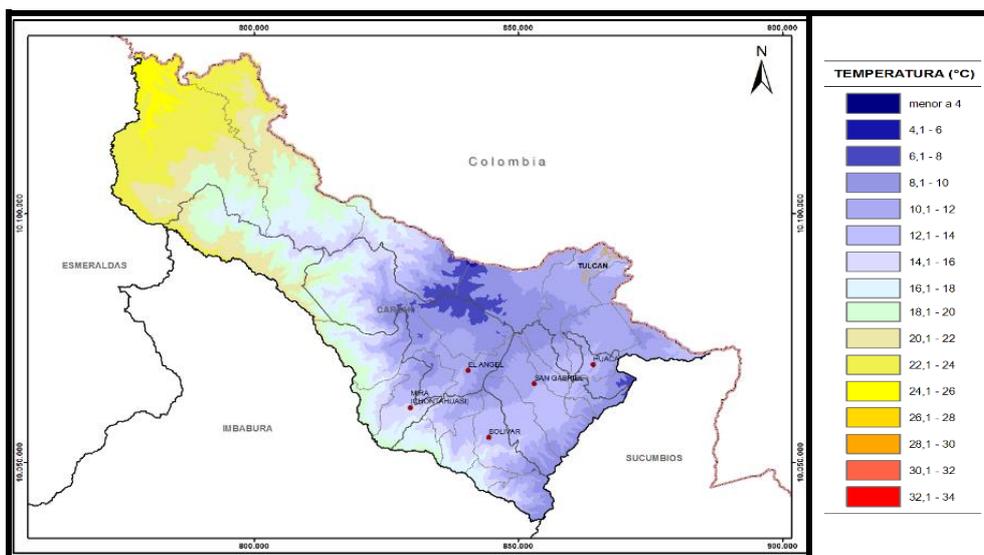
Provincia del Carchi

La precipitación en el período histórico 1981-2015 es de 1500 a 2400 mm año⁻¹ en el Noroccidente y 900 mm año⁻¹ en el Sur (véase Mapa 12). En esta provincia hay una temperatura que va de 6 a 24 °C (véase Mapa 13). En la parte noroccidental se presenta

las más altas temperaturas que son mayores a 20 °C; mientras que el centro de la provincia las temperaturas oscilan entre 6 y 8 °C.



Mapa 12. Precipitación anual observada en el periodo histórico 1981-2015.
Fuente: Tomado del SUIA (MAE 2018).³



Mapa 13. Temperatura media anual observada en el periodo histórico 1981-2015.
Fuente: Tomado del SUIA (MAE 2018).⁴

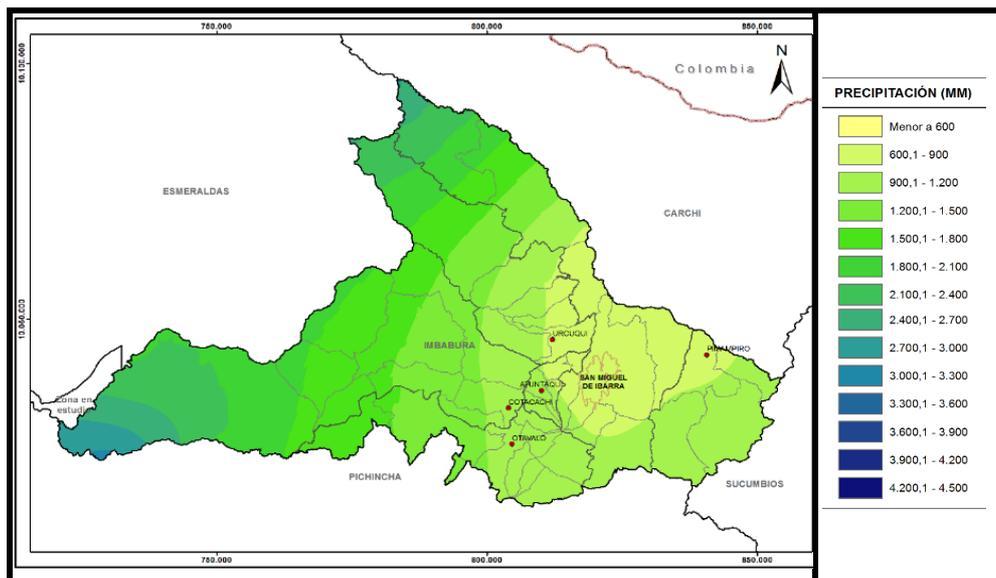
Provincia de Imbabura

La precipitación en el período 1981-2015 es de 2000 a 3000 mm año⁻¹ en la parte occidental que se ubica en Intag y Lita y presenta valores bajos en la parte oriental que es

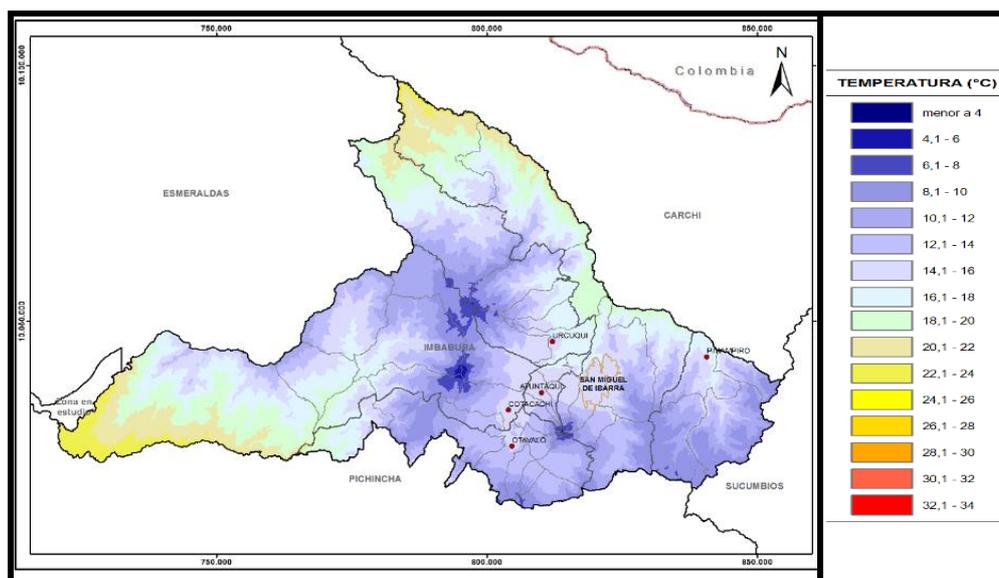
³ Ver Anexo 5, Mapa 40 para la versión ampliada de la imagen.

⁴ Ver Anexo 5, Mapa 41 para la versión ampliada de la imagen.

el Valle del Chota con lluvias menores a 600 mm año⁻¹ (véase Mapa 14). En esta provincia la temperatura va de 6 a 20 °C (véase Mapa 15). Donde las mínimas se dan en los páramos de Angochagua y Mariano Acosta en el centro de la provincia con valores entre los 6 y 8 °C. Y la parte norte y noroccidental presenta valores cercanos a los 20 °C, estos sitios están ubicados en Intag y Lita que tienen clima subtropical, al igual que el Valle del Chota con clima seco con una temperatura promedio de 22 °C.



Mapa 14. Precipitación media anual observada en el periodo histórico 1981-2015.
Fuente: Tomado del SUIA (MAE 2018).⁵



Mapa 15. Temperatura media anual observada en el periodo histórico 1981-2015.
Fuente: SUIA (MAE 2018).⁶

⁵ Ver Anexo 5, Mapa 42 para la versión ampliada de la imagen.

⁶ Ver Anexo 5, Mapa 43 para la versión ampliada de la imagen.

1.4. ENOS y PDO: dos fenómenos que pueden tener influencia en la variabilidad climática en el Ecuador

Según Hidalgo Proaño (2017) el estudio de VC interanual de Ecuador asociada a ENOS en el período 1981-2014. En la Región Interandina hay un comportamiento bimodal en la precipitación dándose el primer período lluvioso entre marzo y abril y el segundo menos intenso entre octubre y noviembre. Se evidencia que en la Región Interandina y oriental con eventos de El Niño la temperatura aumenta y con eventos de La Niña disminuye. En cuanto a la precipitación se determinó que en las regiones Interandina y oriental con la ocurrencia de fenómenos de El Niño la precipitación disminuye y con fenómenos de La Niña aumentan.

En el estudio de VC y las pesquerías en el Pacífico Suroriental se pudo establecer que en esta región es normal la VC y los factores de variabilidad son: el ENOS (El Niño oscilación del sur), la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP) y la Variabilidad Secular del Pacífico (VSP) como los más conspicuos. El VPS afecta al ODP y este a el Enos y esto hace que los veranos sean más cálidos y extensos y los inviernos menos fríos y más breves. La periodicidad de la OPD afecta a las manifestaciones de El Niño y la alternancia de entre períodos cálidos y fríos es armónica y simétrica en un intervalo aproximado de entre 20 y 30 años para fase fría y cálida y un ciclo completo comprende alrededor de 50 años (Espino y Yamashiro 2012).

Según Toulkeridis et. al. (2020) Los principales efectos del cambio climático en Ecuador presentan percepciones heterogéneas, como sequías más frecuentes (34,36%) y lluvias escasas pero intensas (21,41%) como sus mayores preocupaciones. La región más afectada es la Región Sierra y los valles interandinos que representan alrededor del 45,6% y esto representa una alta vulnerabilidad climática. Existen muy pocas investigaciones en el país que presentan impactos reales y cómo afectarán el futuro del país; se presenta una planificación poco efectiva especialmente ante el impacto del cambio climático. Sin embargo, los efectos del cambio climático en Ecuador son innegables, y se perciben principalmente en las inundaciones y sequías más frecuentes e intensas, y la retirada de los glaciares en la sierra.

Según Morán (2019) Existen tres formas actuales por las cuales se produce variabilidad climática en la actualidad en Suramérica: El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), y el Modo Anular Antártico (AAO). Las variaciones regionales en el clima de Suramérica reflejan la circulación atmosférica

sobre la topografía del continente y los océanos adyacentes. La zona litoral central y meridional de Ecuador está bajo la influencia de la Corriente de Humboldt o Corriente Ecuatorial del Sur y el fenómeno de El Niño- Oscilación del Sur (ENOS). Durante los años de El Niño las masas de aire marítimo caliente se desplazan hacia el Sur muy cercanas a la costa y saturadas de humedad, con lo que provocan grandes precipitaciones en las regiones sometidas por lo común a la corriente de Humboldt. Los eventos El Niño y La Niña no se circunscriben sólo a alteraciones en el Pacífico ecuatorial, sino que alteran el clima global. Las anomalías en las precipitaciones durante La Niña están fuertemente correlacionadas con la latitud con latitudes del norte recibiendo menores cantidades y latitudes del sur mayores cantidades que durante años normales. Es importante destacar que existe un gradiente de precipitaciones y anomalías aún más fuerte con respecto a la altitud.

1.5. La Oscilación Decadal del Pacífico (ODP)

Este término fue dado por el oceanógrafo Steve Hare en 1996 en una investigación que relacionaba de forma estadística la producción de Salmón en Alaska y el comportamiento del clima en el Océano Pacífico Norte.

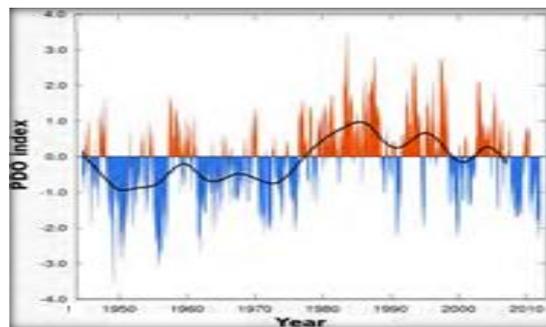


Figura 12. Oscilación del Pacífico (PDO).

Fuente y elaboración: (National Oceanic and Atmospheric Administration 2020).

Es un fenómeno que se da en el Pacífico Norte en contraposición de El Niño; tiene dos fases una positiva o cálida que favorece la producción de salmón en la Costa de Alaska, pero disminuye en la Costa Oeste de California y una negativa o fría que se alternan y pueden durar entre 10 y 40 años. Sin embargo, estos períodos largos pueden verse interrumpidos con intervalos entre 1 y 5 años (véase figura 12). El PDO podría ser el marco de fondo para otras oscilaciones de menor período como el ENOS. No obstante, hay diferencia entre ambas oscilaciones y es la duración (ENOS, entre 1 y 2 años y PDO

entre 20 y 30 años) y la escala espacial (ENOS, influye en el clima tropical y el PDO afecta al Pacífico Norte y al Continente Norteamericano).

1.6. Índice de Oscilación del Sur (IOS)

Este índice se obtiene de la diferencia de los valores superficiales de presión atmosférica entre la Isla Tahití y Darwin, cuando el número es negativo, se tiene un evento El Niño (calentamiento de las aguas), y si es positivo, se tiene La Niña (o enfriamiento del océano) (véase figura 13). Las variables que se ven influenciadas son: nivel del mar, temperatura del aire, presión atmosférica superficial, temperatura superficial del mar y la intensidad o dirección de los vientos alisios y corrientes. Y pueden perturbar las precipitaciones en zonas tropicales y esto puede influenciar el clima del mundo (National Oceanic and Atmospheric Administration 2020).

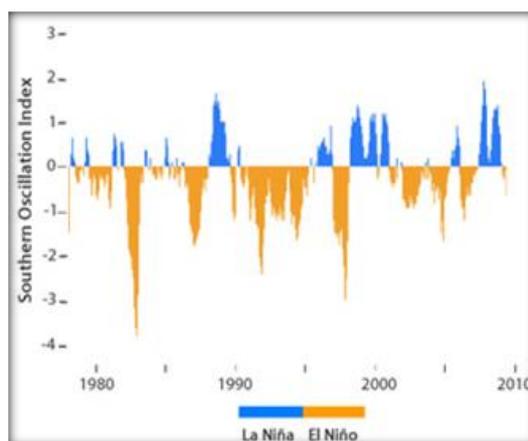


Figura 13. Índice de oscilación del Sur (IOS).

Fuente y elaboración (National Oceanic and Atmospheric Administration 2020).

1.7. Fenómeno de El Niño

Se presenta por el calentamiento de la superficie del océano o la temperatura de la superficie del mar en la parte Central y Oriental del Pacífico tropical por encima del promedio, siendo un patrón recurrente en la franja del Océano Pacífico que se calienta o enfría entre 1 y 3 °C en comparación con lo normal. Los episodios más fuertes de El Niño fueron en 1982 y 1997. Se ha definido cuatro regiones donde actúa el fenómeno de El Niño y se ubican en el Océano Pacífico, las Regiones 1 y 2 incluyen las costas de Ecuador y Perú y se incluye las Islas Galápagos (véase figura 14). La corriente ecuatorial se intensifica y hace que la temperatura máxima superficial del mar existente en la Zona

Occidental del Pacífico se desplace al este y seis meses después alcance la Costa de América del Sur.

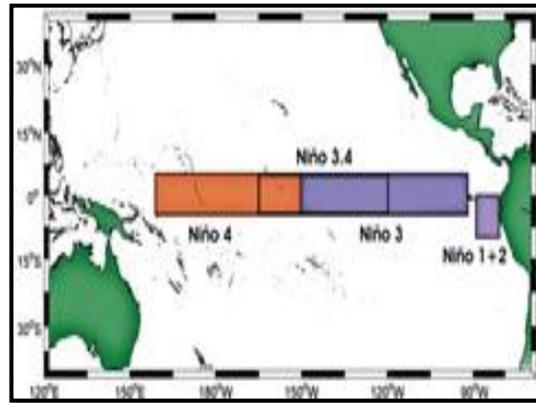


Figura 14. Regiones de influencia del Niño.
Fuente y elaboración (Inocar 2008).

1.8. Fenómeno de La Niña

Es un fenómeno climático que se presenta en la fase fría, se da cuando las aguas más frías que el promedio se acumulan en el Pacífico tropical Central y Oriental y las lluvias tropicales se desplazan hacia el oeste y las temperaturas ecuatoriales disminuyen. Las condiciones de La Niña son más favorables para la formación de huracanes en el Atlántico que han dejado grandes desastres en la naturaleza y vida del ser humano. En el Océano Pacífico disminuyen las precipitaciones, mientras que en Indonesia tienden a aumentar (véase figura 15). La Niña va acompañada de bajas temperaturas y provoca sequías en la Zona Costera del Pacífico, y el enfriamiento anormal de las aguas ecuatoriales del océano influye en las condiciones climáticas a nivel global, pero de manera distinta. Los episodios más fuertes de La Niña en 1988 y 1999.

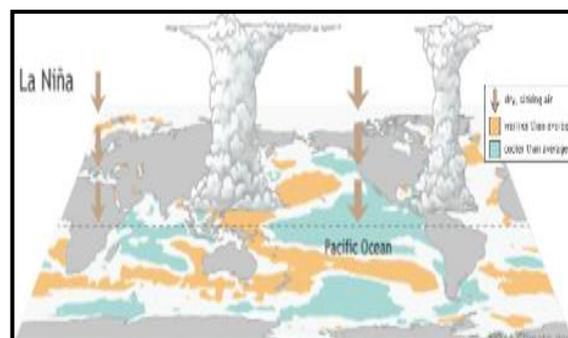


Figura 15. Fenómeno de La Niña
Fuente: (National Oceanic and Atmospheric Administration 2020).

Por la ubicación en Ecuador, los desplazamientos en la zona de convergencia intertropical agregado a la influencia de las corrientes marinas de Humboldt y de El Niño determinan períodos secos y lluviosos en la cuenca. Una consecuencia de esta ubicación es que la temperatura media mensual sea algo constante en el año.

Capítulo quinto

Análisis de resultados y vulnerabilidades

No podemos darnos el lujo de la indecisión, las medidas
a medias o los enfoques graduales. Nuestra meta
debe ser una transformación.
Ban Ki-Moon

1. Análisis de resultados

Para realizar el análisis de los resultados se tomó en cuenta un área de estudio en la cuenca en Ecuador, la razón principal fue la disponibilidad de datos.

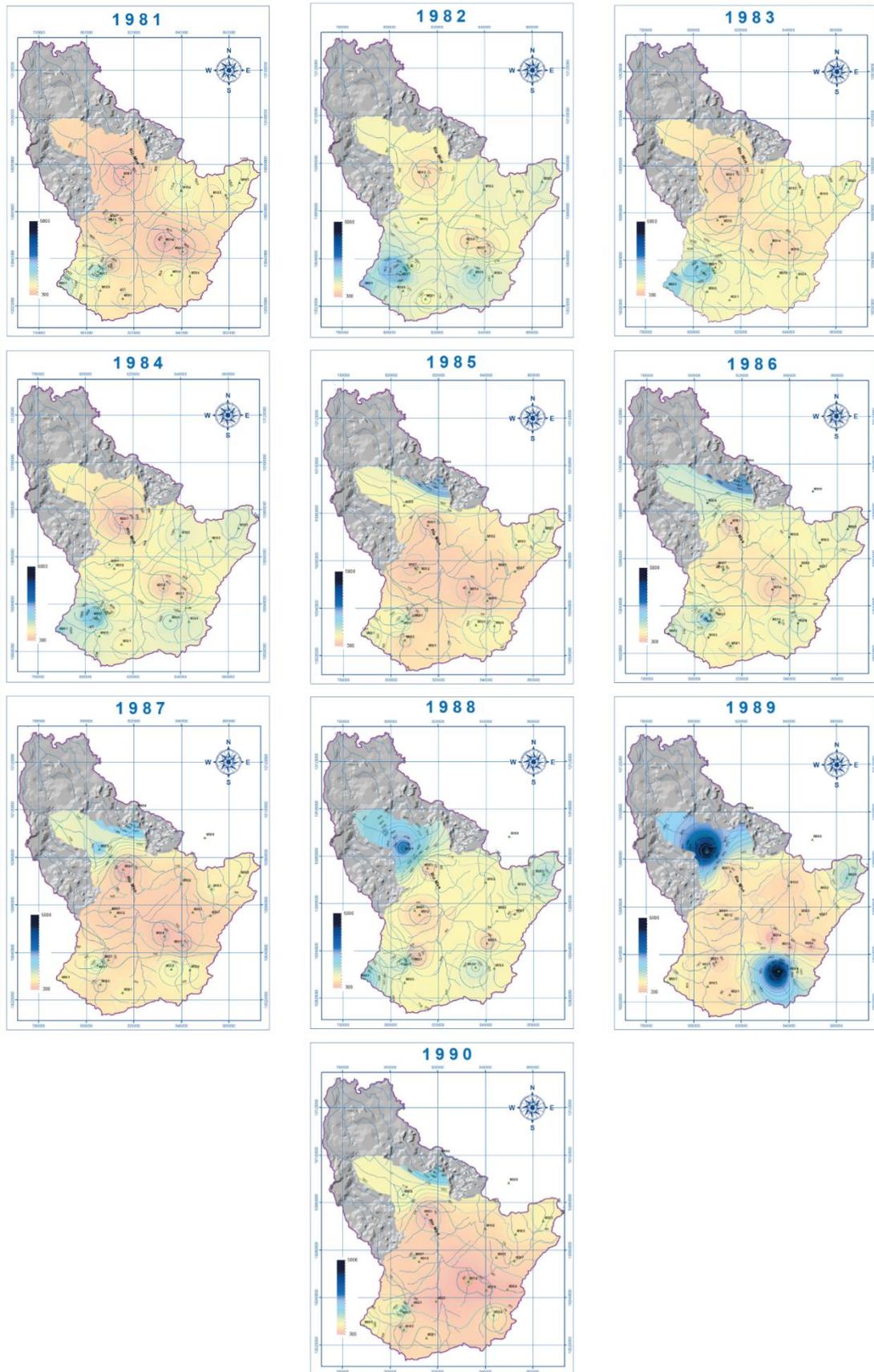
Después de haber analizado los datos obtenidos mediante este estudio en la CRM en el período 1981-2010, se decidió que para un mejor análisis y comparación de datos homogéneos de temperatura y precipitación medias anuales se analizó períodos de 10 años.

1.1. Isoyetas anuales en el período 1981--1990

Para el análisis de la precipitación en el período 1981-1990, se analizó los mapas de isoyetas de la CRM (véase Mapa 16); realizados con los datos de precipitación del INAMHI.

La precipitación de este periodo permite identificar que hay cambios interanuales significativos. hay una precipitación media de mayor influencia en sitios concretos como: Huaca 1200 mm año⁻¹ y Mariano Acosta 1500 mm año⁻¹, Quiroga 1500 mm año⁻¹ y Jijón y Caamaño 1400 mm año⁻¹ en 1982, 1986, 1988 y 1989.

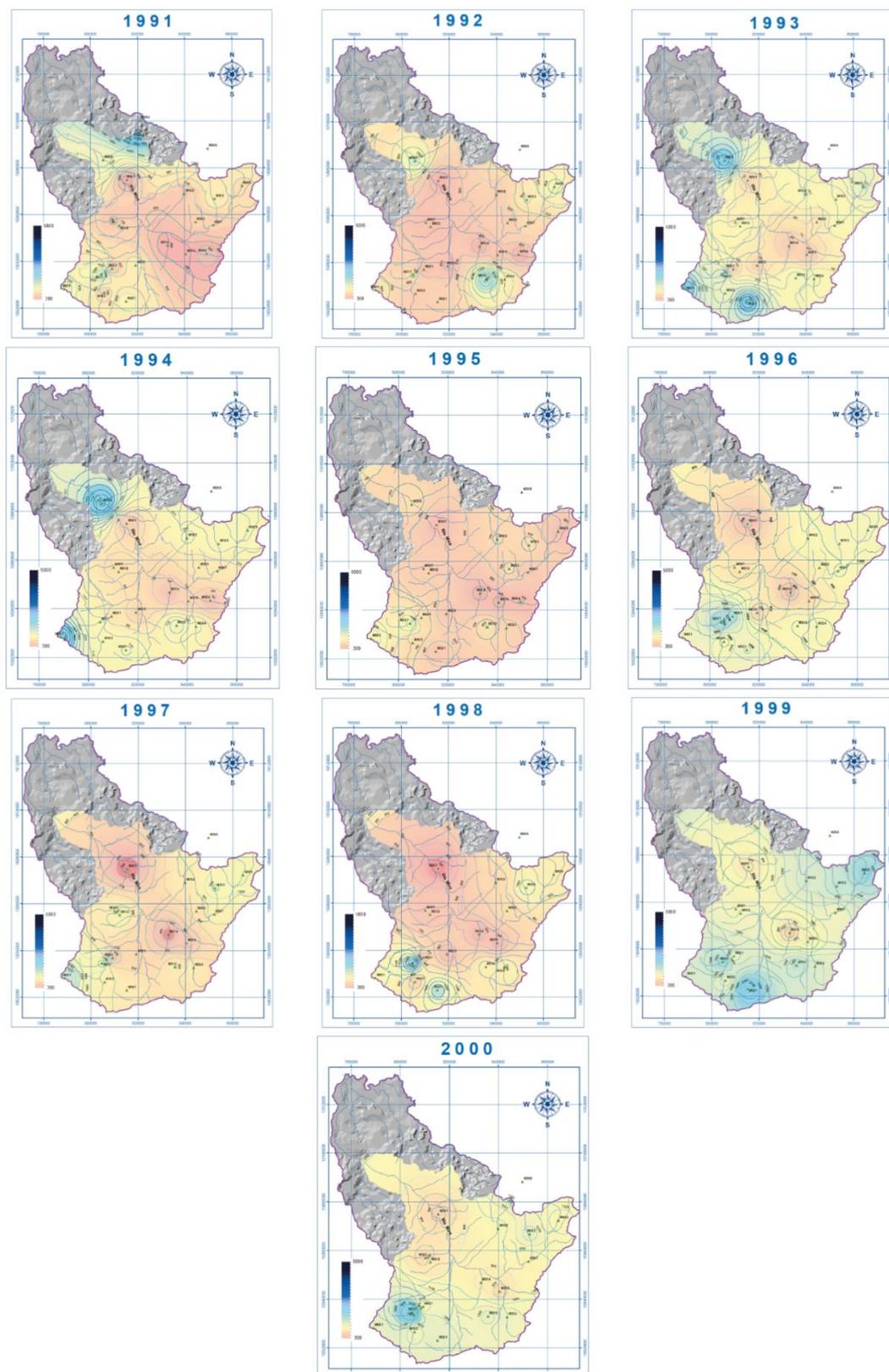
Sitios con menores precipitaciones en San Francisco 700 mm año⁻¹ y Ambuqui - Pimampiro 600 mm año⁻¹ que están en la parte baja de la cuenca en la Zona del Valle. Además, se determina la variedad interanual y también las alteraciones más significativas que se muestran en 1988 y 1989 en lugares marcados de alta precipitación como: Mariano Acosta con 5000 mm año⁻¹ y Jijón y Caamaño con 4800 mm año⁻¹, estos sitios son muy propenso a fuertes variaciones en las precipitaciones.



Mapa 16. Comportamiento interanual de precipitación serie 1981-1990
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi ⁷

⁷ Ver anexo 5. Mapas 36-45 para la versión ampliada de la imagen.

1.2. Isoyetas anuales en el período 1991-2000



⁸ Ver anexo 5. Mapas 46-55 para la versión ampliada de la imagen.

En el período 1991-2000 se observa menor volumen de precipitación en toda la cuenca (véase Mapa 17). En 1993, 1995 y 1997 hubo lugares con bajas precipitaciones, en especial en Ambuqui 500 mm año^{-1} , San Francisco y Pimampiro 600 mm año^{-1} de precipitación; siendo 1995 el año con menores precipitaciones en la zona entre Pimampiro y Ambuqui con una precipitación de 400 mm año^{-1} .

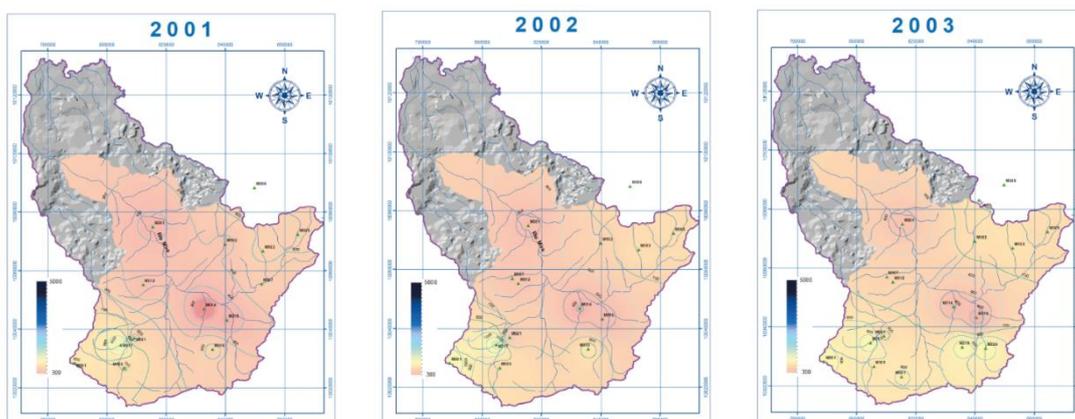
En este período hay alteraciones puntuales con mayores precipitaciones medias anuales en 1993 1994 y 1999; en especial en 1999 existió mayor precipitación en: Huaca 1700 mm año^{-1} , Mariano Acosta 1500 mm año^{-1} , San Rafael 2100 mm año^{-1} , Quiroga 1600 mm año^{-1} , Jijón y Caamaño 1300 mm año^{-1} , El Naranjal 800 mm año^{-1} , Ambuqui 700 mm año^{-1} y Pimampiro 800 mm año^{-1} .

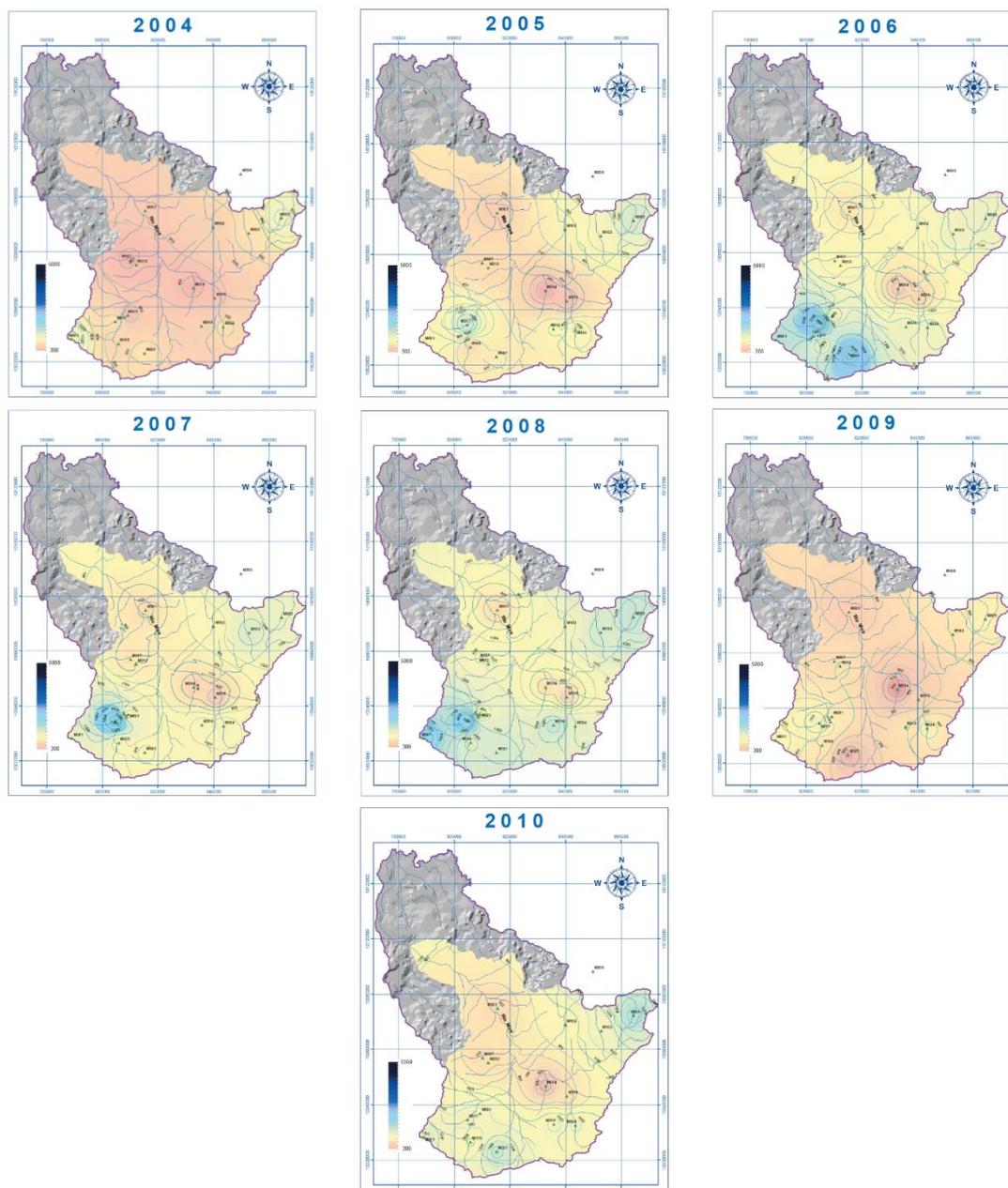
Por tanto, se concluye que hay menos cantidad de precipitación que la década pasada.

1.3. Isoyetas anuales en el período 2001--2010

Para el análisis de la precipitación del período 2001-2010 (véase Mapa 18), en la actualidad es difícil encontrar información meteorológica disponible, porque los gobiernos de turno han dado prioridad a otros aspectos sin entender que los datos meteorológicos bien administrados podrían ser de gran utilidad para una adecuada planificación territorial. Un análisis de la CRM en este período refleja sitios específicos con mayores precipitaciones medias en Quiroga 1400 mm año^{-1} , Huaca 1000 mm año^{-1} , Mariano Acosta 900 mm año^{-1} , Jijón y Caamaño 800 mm año^{-1}

Los sitios que presentan menores precipitaciones medias anuales son: San Francisco, Ambuqui 600 mm año^{-1} y Pimampiro 500 mm año^{-1} .





Mapa 18. Comportamiento interanual de precipitación serie 2001-2010.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.⁹

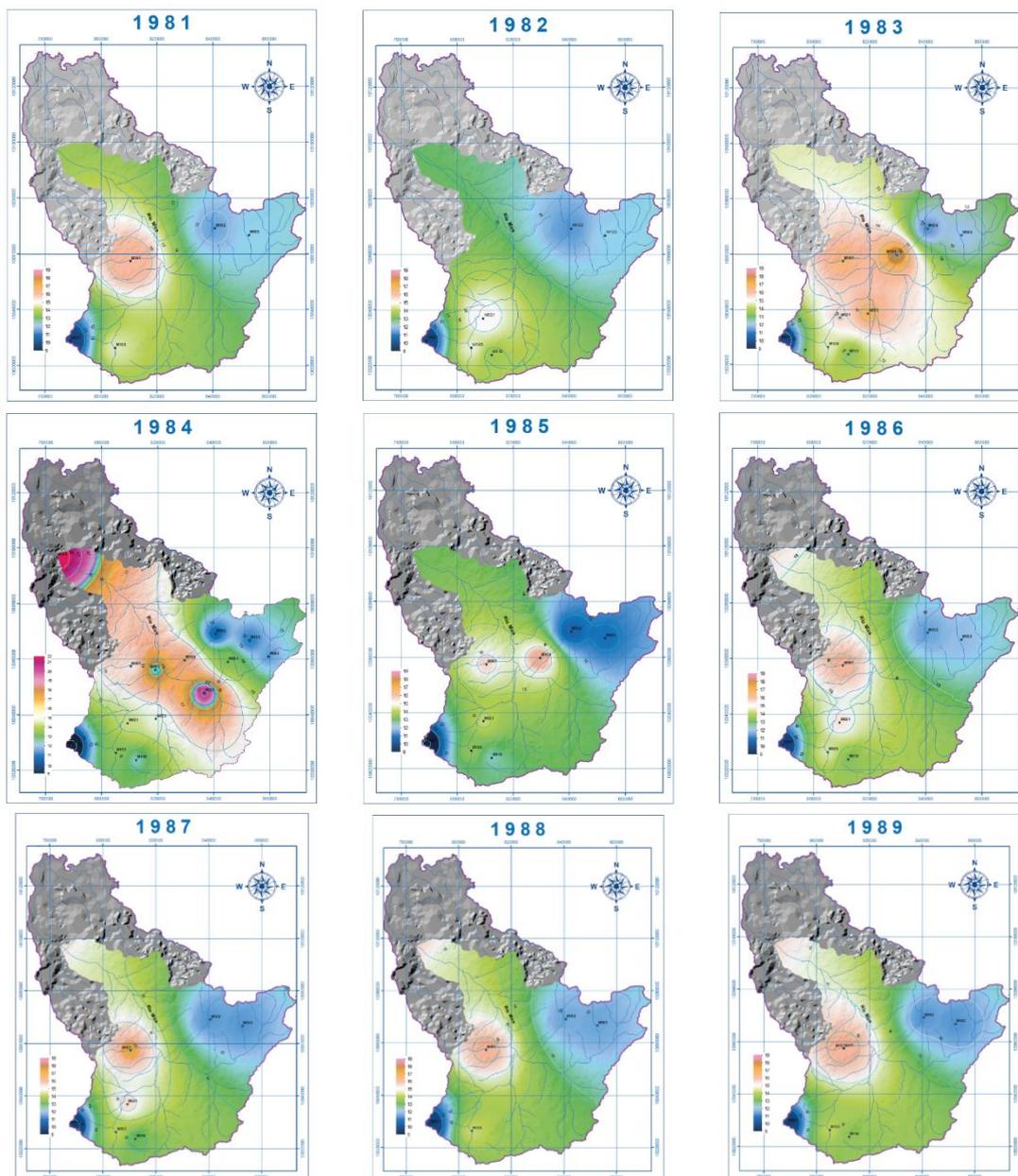
En el 2008 se presentan eventos extremos de precipitación en la zona de Huaca y Mariano Acosta 1400 mm año^{-1} , Quiroga 2000 mm año^{-1} , San José de Quichinche 1800 mm año^{-1} y Jijón y Caamaño 1100 mm año^{-1} . Se debe tener en cuenta los eventos extremos de precipitación porque pueden ocasionar inundaciones en zonas de baja pendiente y deterioro de vías y suelos agrícolas; que pueden provocar daños económicos y sociales a la población.

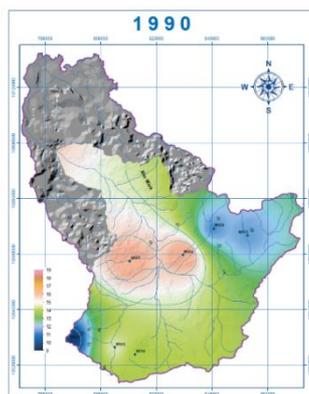
⁹ Ver anexo 5. Mapas 56-65 para la versión ampliada de la imagen.

1.4. Isotermas anuales en el período 1981-1990

Para conocer el comportamiento de las condiciones de temperaturas en el período 1981-1990 en la CRM (véase mapa 19).

Se realizó un análisis de la serie de datos diaria y mensual teniendo como resultados más relevantes los siguientes se tiene que el año 1982 presenta las temperaturas más bajas que oscilan entre los 11 y 15 °C en la cuenca; si esto se analiza con los promedios anuales de la década se identifica que fue un año frío.



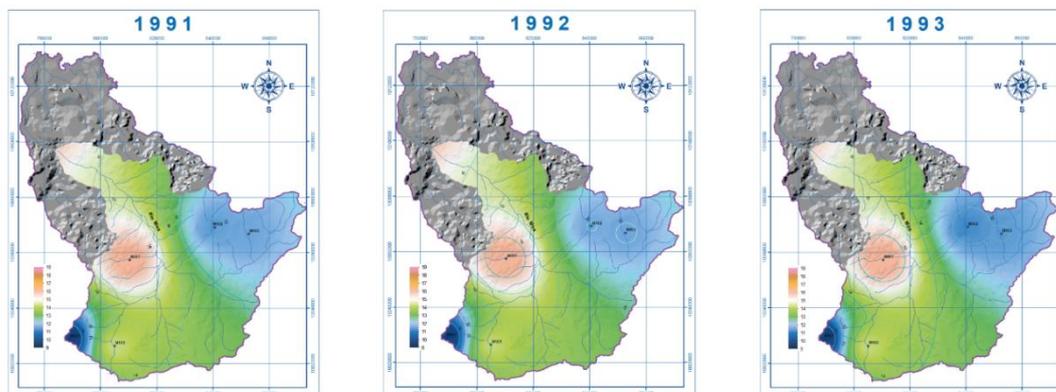


Mapa 19. Comportamiento interanual de temperatura serie 1981-1990.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.¹⁰

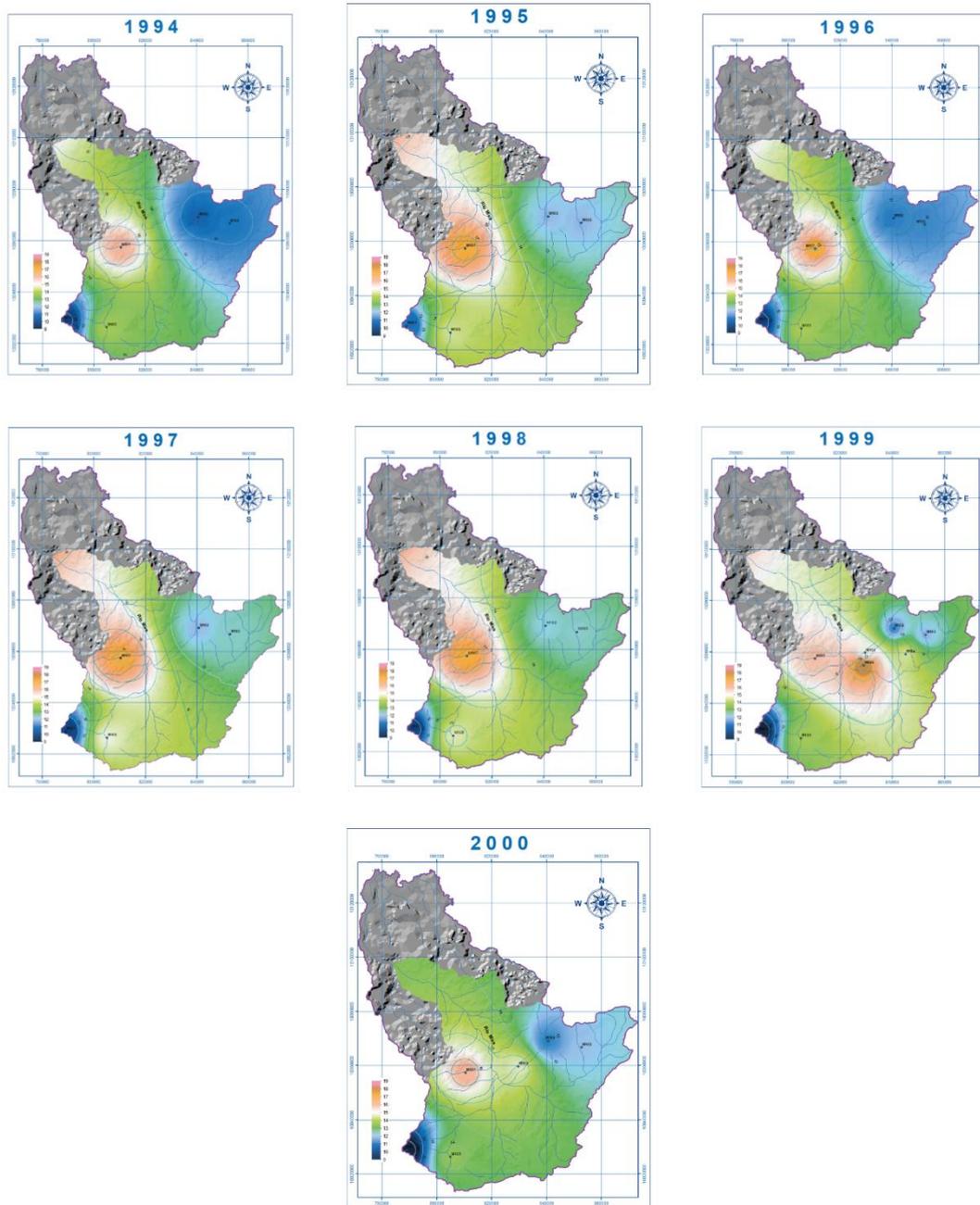
En la década hay más años con temperatura más altas en relación con las temperaturas bajas. En esta década el año que más llama la atención es el año de 1984; este año tuvo temperaturas más altas respecto a los demás años y mayor cantidad de información meteorológica, proyectando los siguientes resultados: Pimampiro 12 °C, Ambuqui 19 °C, San Rafael 14 °C, San José de Quichinche 10 °C, Pablo Arenas 19 °C y Lita 22 °C.

1.5. Isotermas anuales en el período 1991-2000

En la CRM la temperatura media anual en el período 1991-2000 (véase mapa 20, presenta los siguientes valores: El Ángel 12 °C, San José de Quichinche 11 °C, Pablo Arenas 16 °C y Lita 16 °C. Este período presentó la temperatura máxima en 1999 en Ambuqui con una temperatura de 18 °C y a mínima en San José de Quichinche con una temperatura de 10 °C.



¹⁰ Ver anexo 6. Mapas 70 al 79 para la versión ampliada de la imagen.



Mapa 20. Comportamiento interanual de temperatura serie 1991-2000.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi¹¹.

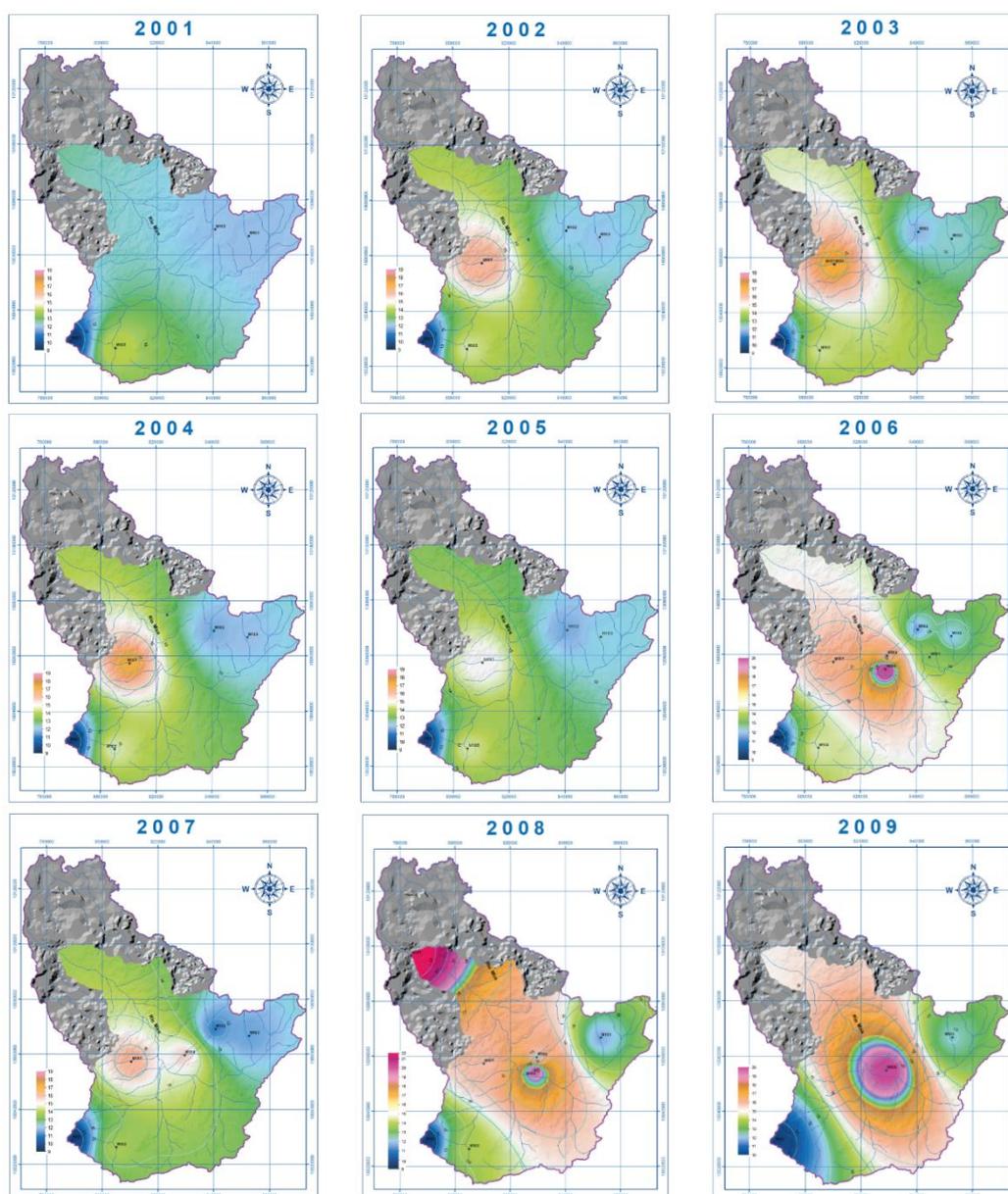
Este período presentó la temperatura máxima en 1999 en Ambuqui con una temperatura de 18 °C y a mínima en San José de Quichinche con una temperatura de 10 °C. La temperatura media anual en la parte alta de la cuenca es alrededor de 10 °C con una altitud hasta los 3400 m s. n. m. y en la cuenca baja presenta valores de alrededor de los 16 °C en los valles secos.

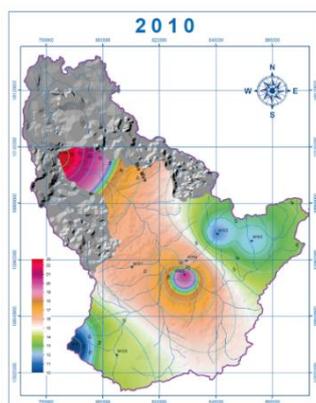
¹¹ Ver anexo 6. Mapas 80 al 89 para la versión ampliada de la imagen.

1.6. Isothermas anuales en el período 2001 - 2010

El comportamiento de la temperatura media anual en la CRM, presenta períodos de temperaturas altas y bajas en el período 2001-2010 (véase Mapa 21). Los años 2001 y 2005 son años con temperaturas bajas. Mientras que los últimos 3 años son los más cálidos con temperatura superiores al promedio anual de los 30 años.

Esto puede demostrar que cada año resulta más cálido al anterior. Los valores promedios de temperatura que más han cambiado están en: San José de Quichinche 11 °C, El Ángel 13 °C, Pablo Arenas, San Vicente de Pusir y Ambuqui 16 °C, y Lita 16 °C.





Mapa 21. Comportamiento interanual de temperatura serie 2001-2010.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.¹²

La temperatura tiene una relación directa con la altura. Los mapas evidencian que en el Valle del Chota la temperatura aumentó con el tiempo, en especial en los últimos años.

1.7. Análisis de isoyetas e isotermas en series decadales 1981-1990. 1991-2000 y 2001-2010

Para un mejor análisis y comparación de la serie de 30 años, se realizó tres series decadales (véase Mapa 22). En esta comparación con series interdecadales hay una notable disminución en la precipitación media anual en toda la cuenca, en especial en sitios como Huaca, Mariano Acosta, San José de Ilumán y Lita. La distribución espacial y temporal de las precipitaciones es importante para el manejo de cuenca hidrográficas, la CRM es de vital importancia para el norte del país y las actividades productivas.

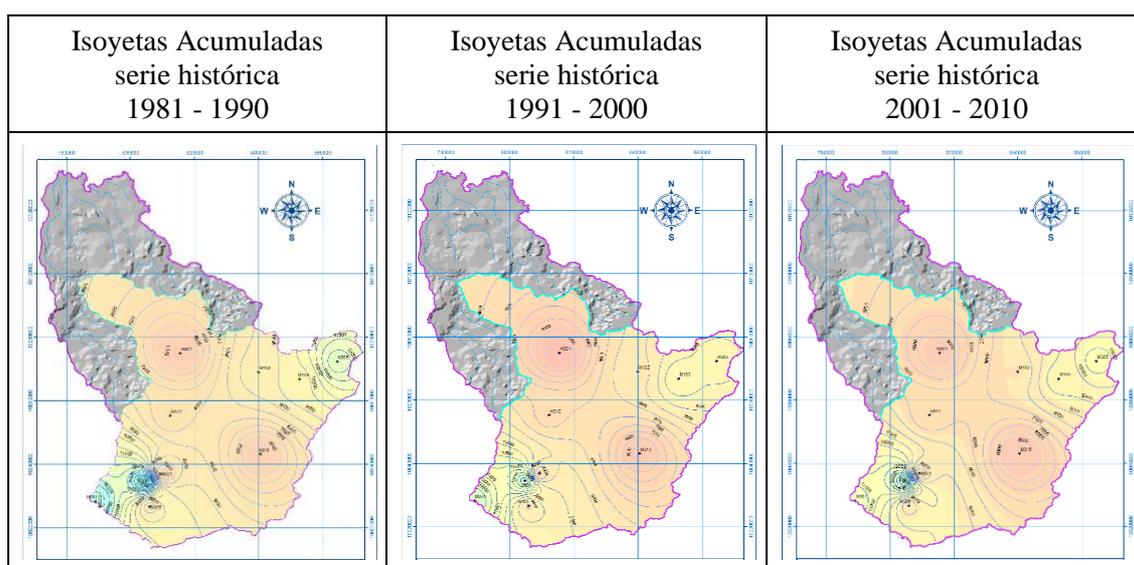
Las series decadales evidencian que las precipitaciones han ido disminuyendo con el pasar de los años, hay cuatro zonas marcadas en las que se evidencia la mayor incidencia de la VC en la Zona de Huaca en la década del 80 hubo una precipitación de 1100 mm año^{-1} mientras que en la década del 2000 la precipitación es de 1000 mm año^{-1} ; en Mariano Acosta pasa algo similar con una disminución de 100 mm año^{-1} al igual que en San Francisco, Jijón y Caamaño y Lita.

Las observaciones en campo y la población local indican que antes llovía en mayor cantidad y más meses al año, por esta razón se tomó como referencia la primera década para realizar una comparación con las dos décadas siguientes para corroborar estos

¹² Ver del anexo 6. Mapas 90 al 99 para la versión ampliada de la imagen.

datos. Para hacer estas comparaciones se restó la década de 1991-2000 menos 1981-1990, y la década 2001-2010 menos 1981-1990: En la década de 1991-2000 respecto a la década de 1981-1990 se ve que la precipitación disminuyó en la mayor parte de la cuenca entre -100 mm a -500 mm año⁻¹; la mayor disminución se presenta en Maldonado.

Sin embargo, en San Rafael se evidencia un pequeño aumento en las precipitaciones de hasta 300 mm en la precipitación anual. En la parte media de la cuenca no se evidencia cambios. Al examinar el período 2001-2010 respecto a la década de 1981-1990 se pone en evidencia una mayor reducción de la precipitación media anual de hasta -800 mm en Maldonado y de hasta -500 mm en Mariano Acosta; la parte baja de la cuenca de estudio es la que más ha sufrido la disminución de las precipitaciones; esto ha corroborado con las percepciones de las personas del lugar en especial en la zona de El Baboso donde los lugareños han sentido la disminución y consideran que los ciclos de cultivo ya no pueden ser como antes en la década de los 80.



Mapa 22. Isoyetas medias anuales de la serie histórica 1981-2010 en series decadales. Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.¹³

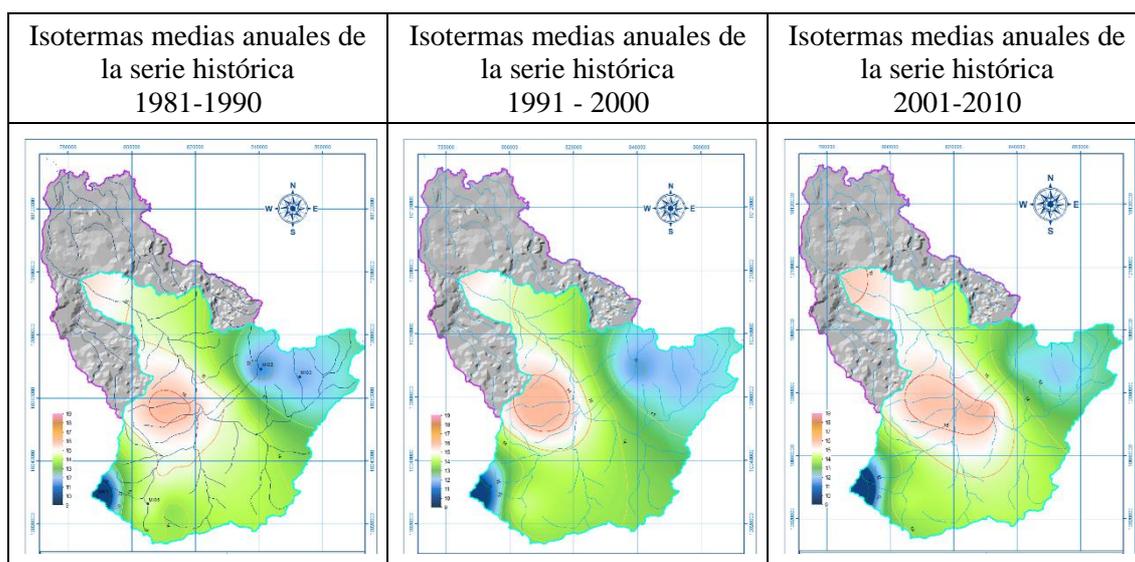
1.8. Comparación de las isotermas promedio de las décadas 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010

Los mapas de las décadas desde 1981 al 2010 evidencian cambios en la temperatura media anual en especial en la zona de los valles del Río Mira; las zonas altas también presentan ciertos cambios, pero menos perceptibles (Mapa 23). Sin embargo, se deduce

¹³ Ver del anexo 5. Mapas 66 al 68 para la versión ampliada de la imagen.

que si hay un aumento de la temperatura en la cueca; al mismo tiempo se tiene que recalcar la falta de disponibilidad de datos en especial en cuanto a temperatura se refiere.

El análisis de los cambios en la temperatura permite determinar un incremento de la temperatura en sitios específicos como: Huaca, Mariano Acosta, Quiroga, San Francisco y Jijón y Caamaño. Los mapas indican que la temperatura aumentó en la zona de los valles, en especial la temperatura oscila entre 15 y 16 °C, aunque hay incrementos interanuales evidentes que no se identifican en los mapas decadales.



Mapa 23. Isotermas medias anuales de la serie histórica 1981-2010 en series decadales.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.¹⁴

En la parte alta de la cuenca se también se evidencia un pequeño incremento en la temperatura de alrededor de un grado centígrado y ha pasado de 12 a 13 °C, esto en la parte alta de la cuenca es importante porque es la zona de recarga hídrica y puede afectará toda la cuenca en su conjunto. Para determinar si al igual que en la precipitación la percepción de la gente en algunos lugares en la cuenca es cierta, en lo que se refiera a que la temperatura ha aumentado, se tomó como referencia la primera década para realizar una comparación con las dos décadas siguientes para corroborar estos datos.

En el período 1991-2000 se tiene un cambio entre -1.0 y +0.5 °C. Con datos más relevantes en la zona media de la cuenca en el Valle del Chota entre Pimampiro y Ambuqui en la que en esta década hay una disminución de la temperatura de -0.4 a -1.0 °C. Pero también hay un incremento de la temperatura en la zona de Cahuasqui, Pablo Arenas y El Topo con un incremento de hasta 0.5 °C. Si comparamos el período 2001-

¹⁴ Ver del anexo 6. Mapas 100 al 102 para la versión ampliada de la imagen.

2010 con el período 1981-1990 se tiene un incremento de la temperatura en la zona media de la cuenca en el Valle del Chota de hasta 1.7 °C incluida la parte del Ángel con un incremento de 1.1 °C y en la parte accidental una disminución de hasta -0.5 °C en toda la zona de Otavalo y Cotacachi y un leve incremento de 0.6 °C en el sector de San Rafael. Este análisis revela que la VC genera efectos diversos en cada sitio.

1.9. Análisis año por año de los mapas de isoyetas e isothermas en el periodo 1981-2010 y comparación con las intensidades de ENSO y PDO

La CRM muestra un complejo sistema orográfico y un clima con un patrón cambiante. Para realizar el análisis de la precipitación y la temperatura en el período 1981-2010 se va a tener en cuenta los episodios de El Niño y La Niña (Fig. 11) existentes en el período de estudio 1981-2010.

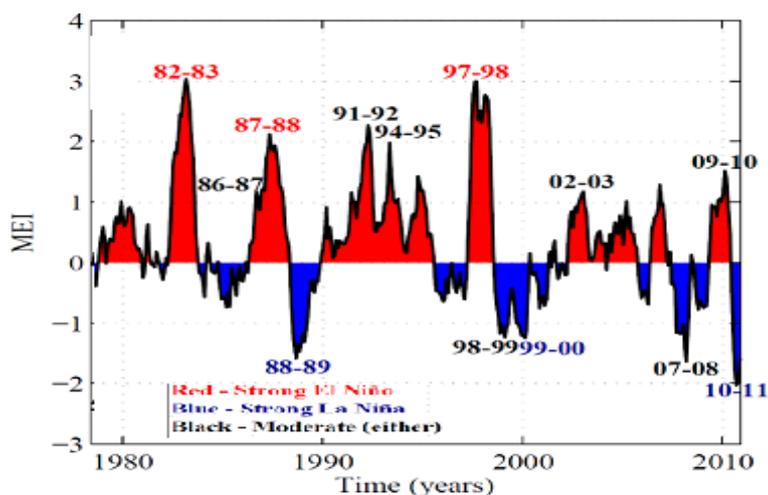


Figura 16. Índice ENSO,
Fuente: (National Oceanic and Atmospheric Administration 2020).

Precipitación

Al revisar los eventos ENOS en el período 1981-1990 se tiene episodios de El Niño en 1982, 1983, 1987 y 1988, de La Niña en 1989, y episodios neutros en 1980, 1981, 1984, 1985, 1986 y 1990. Al revisar los períodos de los episodios de El Niño y La Niña con los mapas se identifica que hay una concordancia con los eventos relacionados. Sin embargo, no se determina con certeza esta influencia.

En el período 1991-2000 hay eventos de El Niño en 1991, 1992, 1993, 1994, 1997 y 1998 y de La Niña en 1999 y 2000. Sin evento los años 1995 y 1996. La relación de los

eventos ENOS en el período 1991-2000 no se determina con claridad la influencia de los eventos en este período. Sin embargo, en 1999 se evidencia un período de lluvias más alto que en los demás años.

En el período 2001-2010 hay eventos de El Niño en 2002, 2003, 2004, 2006, 2009, de La Niña en 2007 y 2008, y en el 2005 no hay eventos. Los eventos ENOS en el período en estudio revelan cierta influencia del episodio de La Niña en el 2007 y 2008 porque se presenta una mayor cantidad de precipitaciones en la cuenca.

Temperatura

Los eventos ENOS en el período 1981-1990, El Niño en 1982, 1983, 1987 y 1988, La Niña en 1989. Y episodios neutros en 1980, 1981, 1984, 1985, 1986 y 1990. Al comparar las isotermas de la década se identifica que los eventos de El Niño y La Niña se correlacionan de forma directa con estos eventos en cuanto a temperatura se refiere.

En el período 1991-2000 hay eventos de El Niño en 1991, 1992, 1993, 1994, 1997 y 1998, de La Niña en 1999 y 2000, y eventos neutros los 1995 y 1996. Los eventos ENOS en este período muestran una influencia directa en las temperaturas de la cuenca por su correlación positiva.

En la década del 2001-2010 hay eventos de El Niño en 2002, 2003, 2004, 2006 y 2009, de La Niña en los años 2007 y 2008, y eventos neutros en el 2005. Los eventos ENOS de este período indican que las mayores temperaturas se dieron en el 2008, 2009 y 2010; con eventos de La Niña. En términos generales, la temperatura media anual tiene una tendencia creciente en los años evaluados.

La influencia de los eventos ENOS en Ecuador se ha estudiado a profundidad, en especial en la zona Litoral; sin embargo, en la zona Interandina estas influencias no se han evaluado a profundidad y por esta razón sus repercusiones no están bien identificadas en la CRM. Sin embargo, una evaporación superior a la normal, la conformación de nubes y el movimiento de este potencial de agua hacia el continente podría repercutir en la zona Interandina porque estas nubes originan fuertes precipitaciones (Rossel, Cadier y Gómez 1996). Esto pondría en evidencia que según los resultados obtenidos mediante este estudio los años con mayores precipitaciones concuerdan con años de eventos ENOS, en cuanto a la temperatura no se tiene mayores concordancias.

Estos resultados se pueden corroborar con estudios realizados en el país vecino, como se evidencia en los siguientes estudios:

En Colombia se puede observar la correlación entre los índices representativos del ENSO y la hidroclimatología, las correlaciones más altas en esa zona se presentan la parte sur del país. Resultados similares se obtienen para las correlaciones entre la precipitación y los índices del ENSO. Sin embargo, es importante mencionar que las correlaciones entre índices del ENSO y la hidroclimatología son más altas entre los caudales y la precipitación (Poveda et. al., 2002)

La variabilidad climática condicionada por el ENSO tiene repercusiones hidrológicas fundamentales para Colombia. Todos los sectores que hacen uso del recurso agua se ven afectados por la ocurrencia de ambas fases del ENSO. El fenómeno climático conocido como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) tiene dos fases extremas: El Niño y La Niña. Ambas fases afectan la hidro-climatología del planeta y en particular la parte tropical de América del Sur, incluyendo a Colombia Esta oscilación ocurre en escalas de tiempo que van desde la mensual hasta la interanual. En general, El Niño produce períodos secos más fuertes y prolongados, y La Niña amplifica las lluvias y caudales máximos (Poveda y Sánchez 2016).

Al analizar la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP) con los mapas del período 1981-2010 se determina cierta influencia en la CRM; lo que se relaciona con la cercanía con la Costa y la presencia de corrientes como la de El Niño. En especial en el período de diciembre a mayo, cuando se juntan con las oscilaciones de la zona de convergencia intertropical, que permite una mayor evaporación en el Océano Pacífico y facilita el transporte de grandes masas húmedas hacia el continente, lo que contribuye a determinar la existencia de períodos secos y lluviosos bien marcados dentro del año hidrológico.

Es de singular importancia la CRM para la población que vive en especial en las riberas de los ríos más importantes porque es su fuente principal para el cultivo de sus alimentos. Pero también la cuenca baja es frágil y tiene gran diversidad de especies y un trascendental valor ecológico que puede influir en la salud de la población. En el trabajo de investigación de un análisis comparativo del comportamiento diferencial de los glaciares en los Andes Tropicales usando teledetección, se pudo observar variaciones excepcionales en la altitud de las líneas de nieve cuando se produce un evento del El Niño durante la fase cálida de la ODP (Kozhikkodan Veetil et al., 2016).

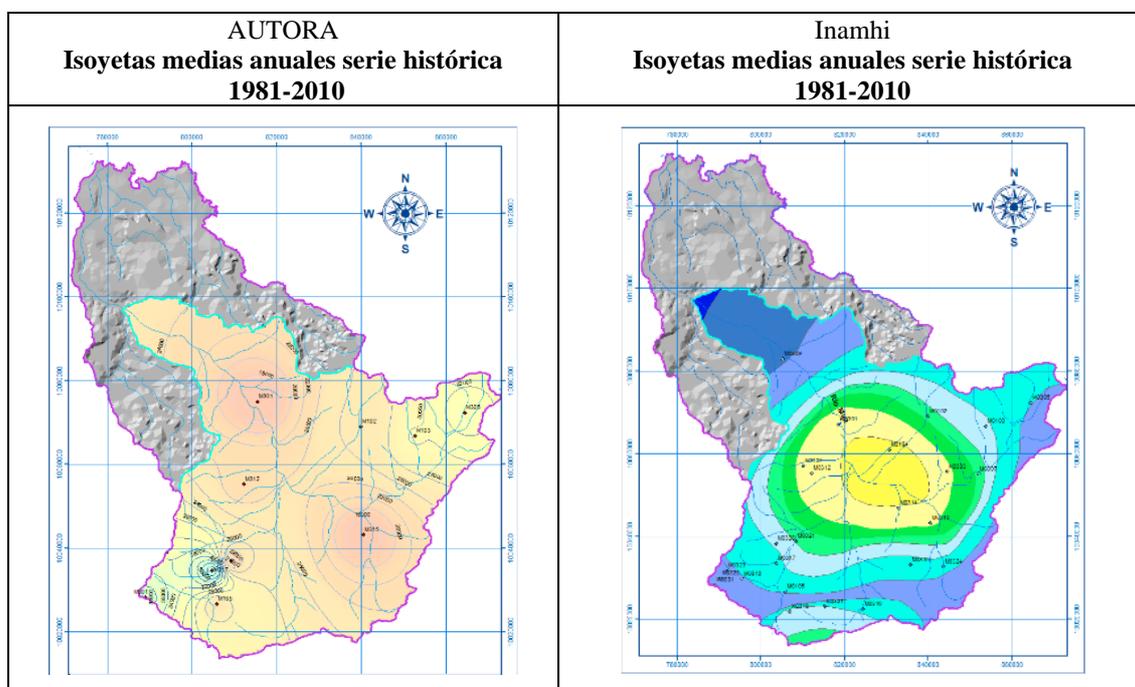
No obstante, no hay suficientes estudios al respecto porque la mayoría de estos se basan en la influencia del ODP en el Pacífico Norteamericano y la producción de salmón; y en el caso de Ecuador se pone más atención a la zona costera.

1.10. Comparación de los mapas obtenidos con los realizados por el Inamhi

La gestión del CC está incluida dentro de las competencias de cada institución con los vínculos de los componentes de la planificación territorial. El MAE (SUIA) ha puesto a disposición una caja de herramientas para la integración de criterios de CC en los PDOT. Debe considerarse como una referencia o una aproximación de la magnitud y localización de las amenazas climáticas más comunes en el territorio continental ecuatoriano y responder a los riesgos conexos con el clima implica tomar decisiones en un mundo cambiante según (AR5-IPCC 2014). Por esta razón se ha tomado estos mapas para comparar con los mapas que se han obtenido mediante este estudio.

Precipitación

Al comparar los mapas obtenidos mediante este estudio con los del Inamhi, se obtuvo los siguientes resultados: La CRM tiene una precipitación promedio entre los 3000 y 400 mm año⁻¹ los valores menores se dan en la parte central de la cuenca en los valles. Cuando se comparan estudios relacionados en la misma cuenca se evidencia una similitud.



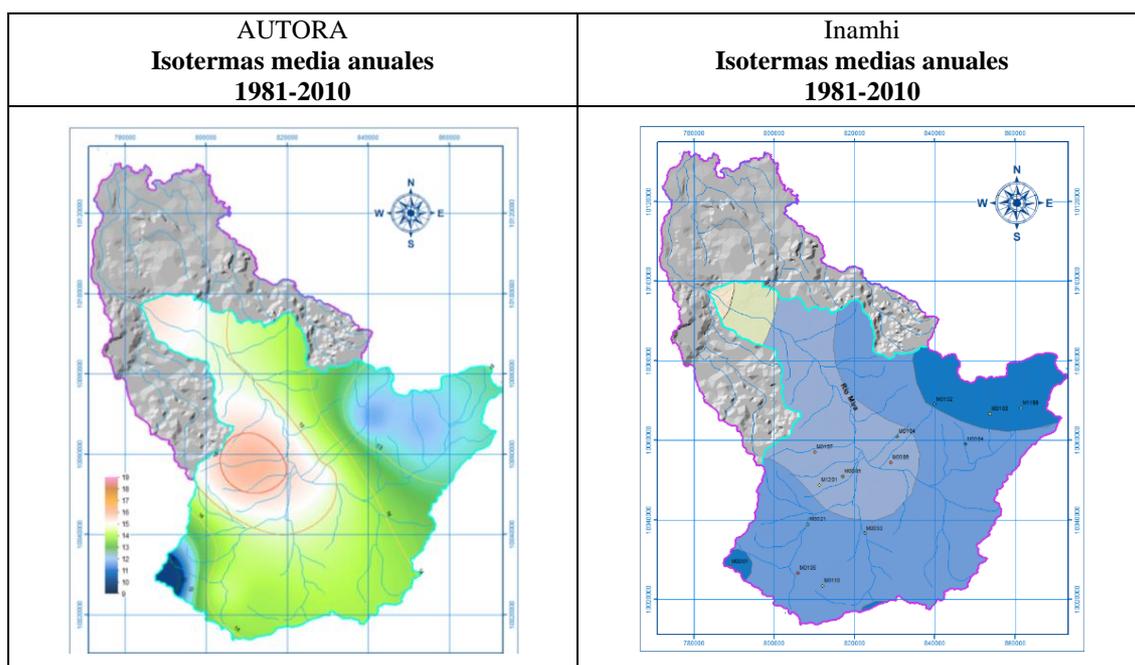
Mapa 24. Comparación de Isoyetas medias anuales de la serie 1981-2010 con los mapas del Inamhi.

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

Temperatura

También se realizó la comparación de los mapas de temperatura de este estudio con los mapas del Inamhi, para observar la correlación con otros estudios en el área de estudio (véase Mapa 25). La CRM tiene una temperatura que oscila entre los 6 y 24 °C. Después de comparar los mapas realizados con los mapas del Inamhi tiene semejanzas al mapa de este estudio, aunque este mapa tiene más detalles porque la institución dispone de más datos que no están disponibles para el público en general.

Los mapas muestran que la temperatura tiene valores entre 13 y 14 °C, con máximos entre septiembre y noviembre y mínimos en julio. Alto de precipitación como de temperatura. Se recomienda a cada gobierno seccional para completar la caracterización climática de su el uso de datos observados de estaciones meteorológicas dentro y cerca de su jurisdicción de series completas de al menos 30 años que permitan establecer con mayor seguridad la temperatura y precipitación en el territorio a estudiar.



Mapa 25. Comparación de Isotermas medias anuales de la serie 1981-2010 con los mapas del Inamhi.

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

Los mapas de isoyetas e isotermas de la serie histórica 1981-2010, son similares. Pero presentan mayor nivel de detalle los mapas del Inamhi; debido a que tiene todos los datos disponibles. Sin embargo, no se pudo determinar la cuantificación de diferencias ya que los datos se encuentran en diferentes formatos, y no se pudo tener acceso al formato shapefiles para realizar la cuantificación de diferencias.

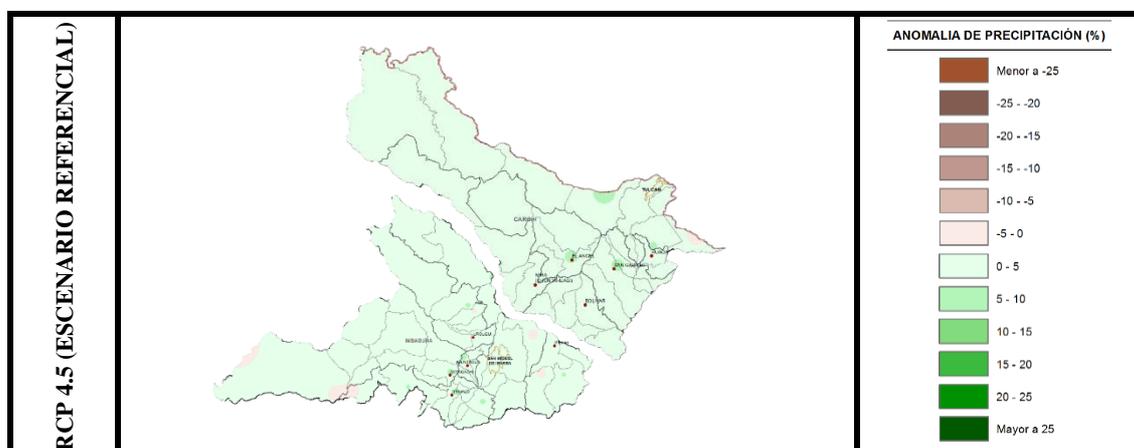
1.11. Análisis de anomalías de temperatura y precipitación promedio anual según proyecciones futuras

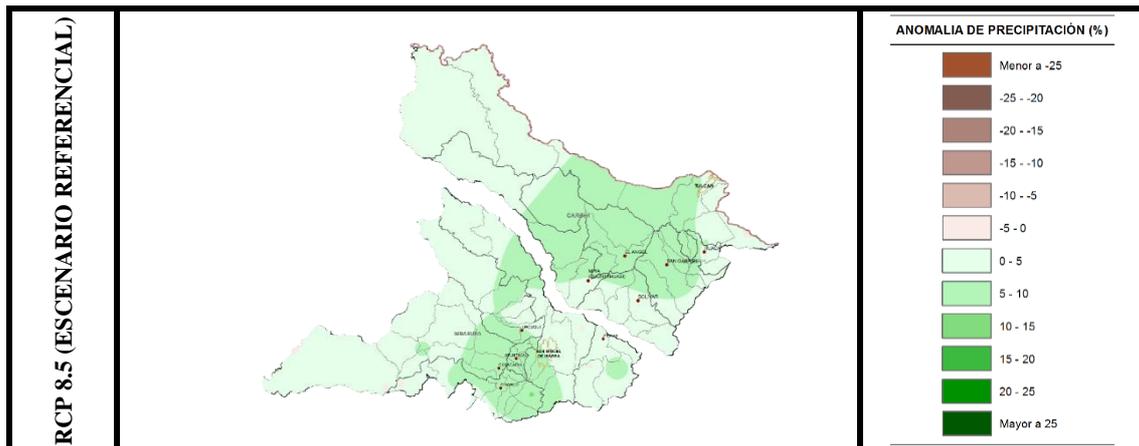
El SUIA ha presentado escenarios de CC; sin embargo, estos no deben asumirse cómo pronósticos o predicciones porque cada escenario es una imagen alternativa de cómo el futuro puede manifestarse bajo determinadas circunstancias en un período de tiempo. El clima futuro dependerá del nivel de emisiones acumuladas de los GEI en la atmósfera y acontecimientos como sequías, olas de calor e inundaciones cada vez más habituales. Se prevé que la magnitud del CC puede depender de las emisiones en el caso de la cuenca en estudio se va a tomar dos escenarios: RCP 4.5: Escenario de estabilización. Donde el forzamiento radiativo se estabiliza luego del 2100 y la temperatura es probable que exceda los 2 °C. RCP 8.5: Incremento de los GEI en el tiempo y la temperatura no excede los 4 °C (IPCC 2019, 9).

Precipitación

En la provincia del Carhi bajo los escenarios de CC para 2016-2040, en ambos escenarios se darían incrementos de precipitación, siendo del orden del 4% bajo el RCP 4.5, y del 5 a 9% bajo el RCP 8.5 (véase Mapa 26).

Considerando los eventos climáticos extremos como son: sequías, lluvias intensas, altas temperaturas y heladas. Con estos índices, el nivel de amenaza se establece a partir de la tendencia de aumento del número de días al año, cuántos días más con el evento (por ejemplo, más días con lluvias intensas o con temperaturas muy altas) en comparación con la tendencia que se ha presentado en el periodo histórico 1981-2015.



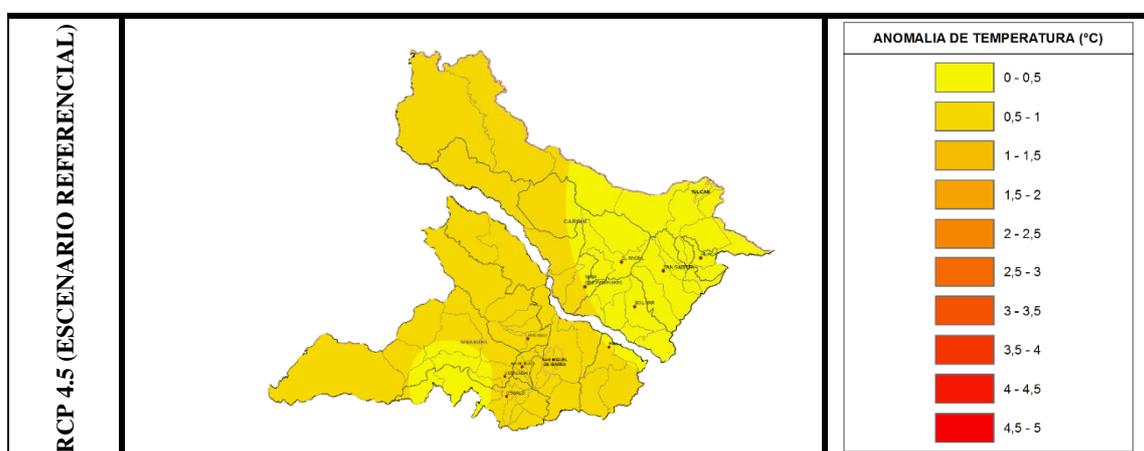


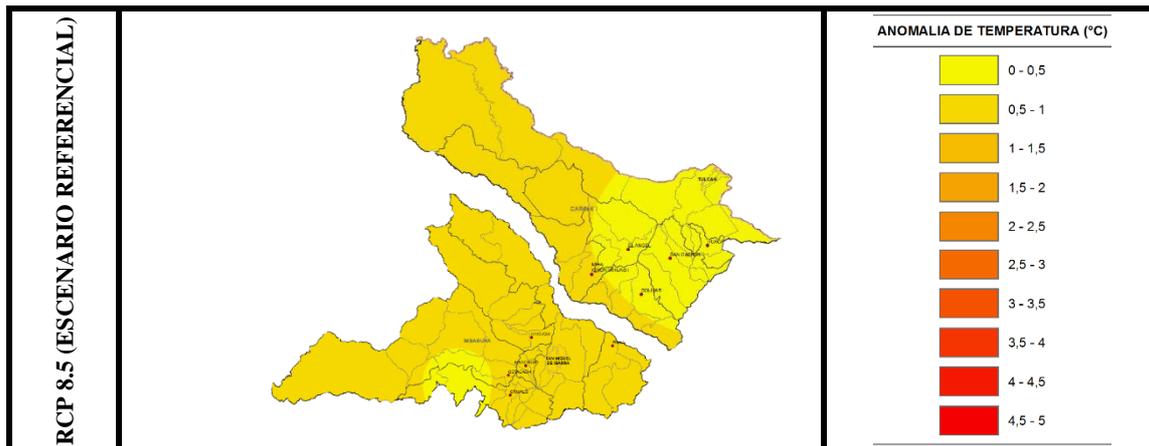
Mapa 26. Cambio porcentual de la precipitación, proyectado para el periodo 2016-2040.
Fuente: (SUIA 2019).

Temperatura

En Carchi bajo los escenarios de CC para 2016-2040, habría un incremento de la temperatura, del orden de 0.3 a 1.0 °C, con el menor aumento (inferior a 0.5 °C) en el Centro y Oriente de la provincia, y mayor a este valor en el resto de esta. En Imbabura bajo los escenarios de CC para 2016-2040 (véase Mapa 27), habría un incremento de la temperatura, del orden de 0.3 a 1.0 °C, con el menor aumento (< 0.5 °C) en la parte central sur de la provincia, y superior en el resto de esta.

Los mapas proporcionados por el MAE (SUIA) indican que a pesar de que la metodología usada que está más basada en las curvas de nivel que en la temperatura, tanto la precipitación como la temperatura tienen una tendencia parecida a la de este trabajo. No obstante, podrían ser tomadas como referencia de lo que podría suceder en el pasado; recordando que si queremos datos más precisos se necesita realizar el estudio de datos de precipitación y temperatura reales de la zona de estudio.





Mapa 27. Cambio de la temperatura media, proyectado para el periodo 2016-2040. Fuente: Tomado del (SUIA 2019).

1.12. Variabilidad climática y caudal medio anual

A nivel mundial el RH es afectado por la presión humana; esto agrava su disponibilidad, cantidad y calidad. Los factores de presión como cambios de uso de suelo, incremento de la población y vertido de sustancias contaminantes, están afectando cada vez más a los cuerpos de agua en la CRM.

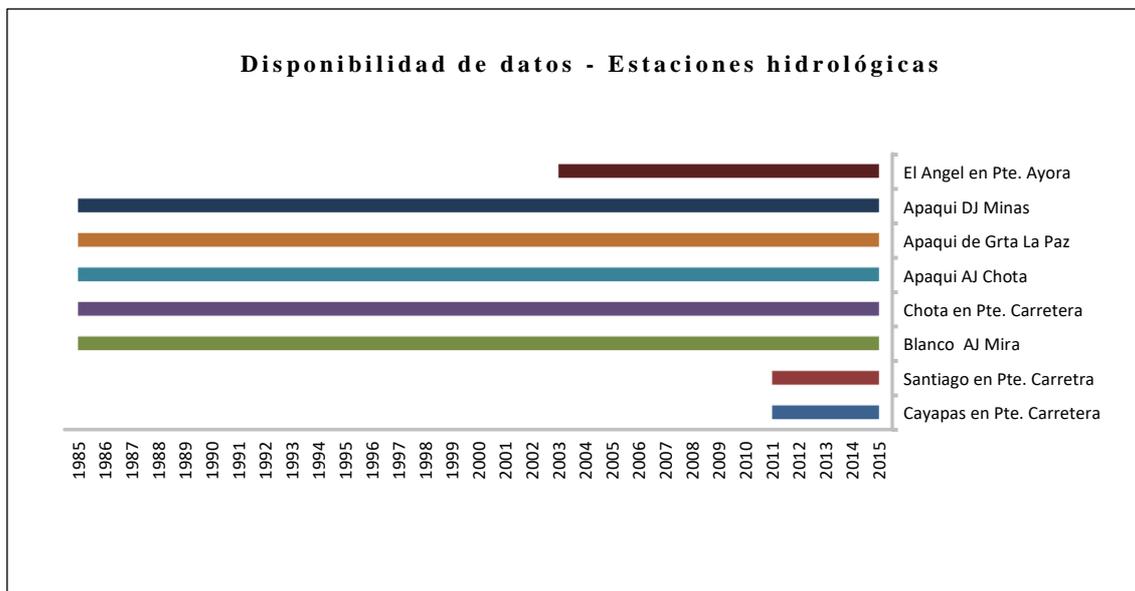


Figura 17. Disponibilidad de datos de Estaciones Hidrológicas. Elaboración del autor, a partir de los datos del Inamhi (2020).

El aumento en el índice de crecimiento de la población incorporado con la declinación de la disponibilidad hídrica, si a esto le sumamos la VC normal del CH; observaremos cómo se genera conflictos dentro de la población. El comportamiento en

tiempo y espacio de la temperatura, precipitación y caudales, comienzan a sufrir afectaciones en su régimen que pueden hacer prever la probabilidad de ocurrencias de mayores eventos extremos asociados al exceso o deficiencia del RH.

Se analizaron los caudales disponibles de las estaciones hidrológicas en la CRM (véase figura 17) y su asociación con para VC y eventos ENOS en el en el período 1981-2010.

1.13. Análisis de caudales en la cuenca del Río Mira

El caudal o escorrentía superficial es el agua de las precipitaciones que no es evaporada ni filtrada y escurre de forma superficial. La parte alta es conocida como cabecera de la cuenca; en esta parte se da la mayor captación de las aguas lluvias y ayuda a la regulación del suministro de agua el resto del año en todas las partes de la cuenca.

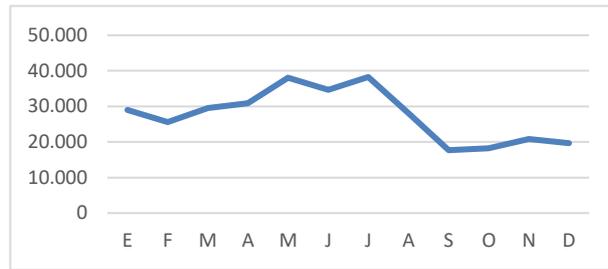
En la parte media de la cuenca se da la mayor parte de las actividades productivas y es la región donde se ejerce mayor presión hacia la parte alta de la cuenca; es como una zona de amortiguamiento entre las condiciones de la parte alta y los efectos de la parte baja. La parte baja de la cuenca se evidencia los impactos positivos o negativos de las acciones antropogénicas.

Se determinó seis estaciones hidrológicas en la cuenca; en la parte alta los valores promedio van de 5 a 40 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$; estas estaciones hidrológicas son las de la cuenca alta y proveen del caudal del Río Mira aguas abajo. En la cuenca media se tiene dos estaciones hidrológicas con las que se identifican dos afluentes en esta zona con un caudal entre 800 y 120 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ (Véase Tabla 9). El regimen hidrográfico de un cuerpo hídrico depende del caudal que recibe de sus afluentes y la gradiente de su lecho; al mismo tiempo que esto depende de la temporada de precipitación.

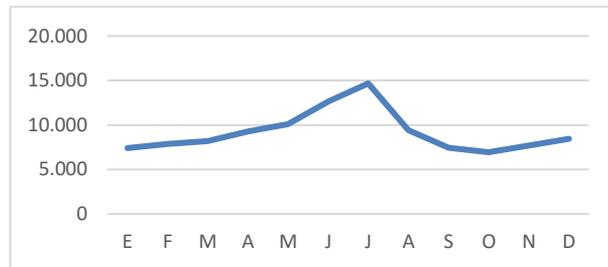
Tabla 9
Histogramas de caudal

Código	Estación	Histogramas de caudal																										
H0013	Blanco AJ Mira	<table border="1"> <caption>Data for Histogramas de caudal (Blanco AJ Mira)</caption> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Caudal (m³ s⁻¹)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>E</td><td>25,000</td></tr> <tr><td>F</td><td>20,000</td></tr> <tr><td>M</td><td>21,000</td></tr> <tr><td>A</td><td>28,000</td></tr> <tr><td>M</td><td>20,000</td></tr> <tr><td>J</td><td>15,000</td></tr> <tr><td>J</td><td>8,000</td></tr> <tr><td>A</td><td>5,000</td></tr> <tr><td>S</td><td>5,000</td></tr> <tr><td>O</td><td>10,000</td></tr> <tr><td>N</td><td>20,000</td></tr> <tr><td>D</td><td>20,000</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Caudal (m³ s⁻¹)	E	25,000	F	20,000	M	21,000	A	28,000	M	20,000	J	15,000	J	8,000	A	5,000	S	5,000	O	10,000	N	20,000	D	20,000
Mes	Caudal (m³ s⁻¹)																											
E	25,000																											
F	20,000																											
M	21,000																											
A	28,000																											
M	20,000																											
J	15,000																											
J	8,000																											
A	5,000																											
S	5,000																											
O	10,000																											
N	20,000																											
D	20,000																											

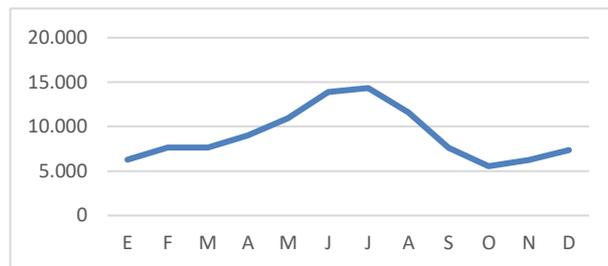
H0015 Chota en Pte.
Carretera



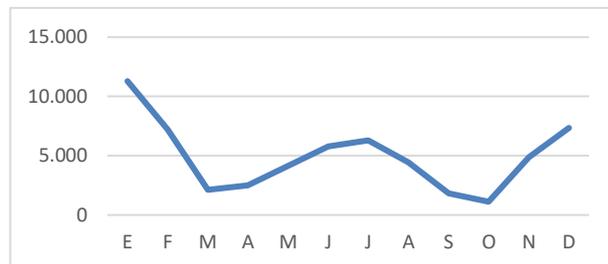
H0016 Apaquí AJ Chota



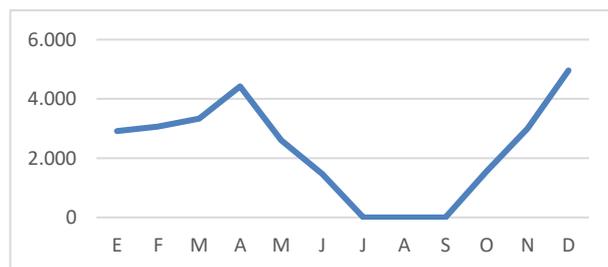
H0017 Apaquí de Gruta
La Paz



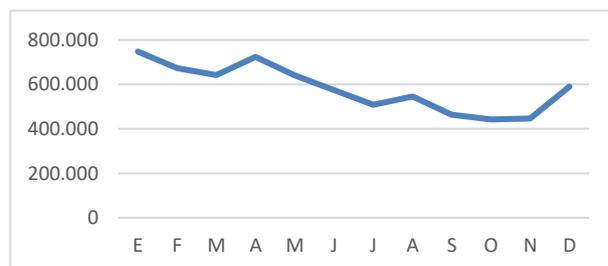
H0045 Apaquí DJ Minas



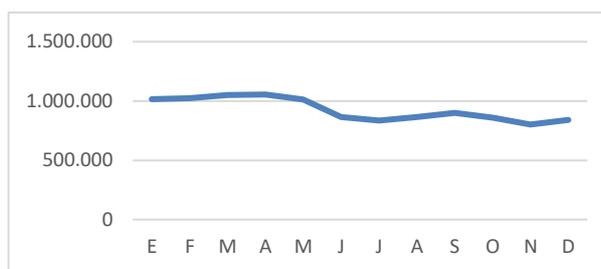
H0064 El Ángel en Pte.
Ayora



H1139 Santiago en Pte.
Carretera



H1140 Cayapas en Pte.
Carretera



Fuente: Inamhi
Elaboración propia

Hay una marcada diferencia en el clima de la parte superior montañosa y la parte inferior de la cuenca. Hay una escorrentía de aguas arriba que oscila entre 600 y 800 mm año⁻¹, mientras que aguas abajo es entre 3000 y 3500 mm año⁻¹. El caudal de los ríos es importante para la conservación y mantenimiento de los ecosistemas, biodiversidad y calidad del RH; para asegurar los usos consuntivos y no consuntivos del recurso.

1.14. Análisis de vulnerabilidades

La vulnerabilidad es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre. La vulnerabilidad depende de diferentes factores, tales como la edad y la salud de la persona, las condiciones higiénicas y ambientales, así como la calidad y condiciones de las construcciones y su ubicación en relación con las amenazas. Por lo que sin vulnerabilidad no existe la pérdida, daño o destrucción.

Vulnerabilidad física

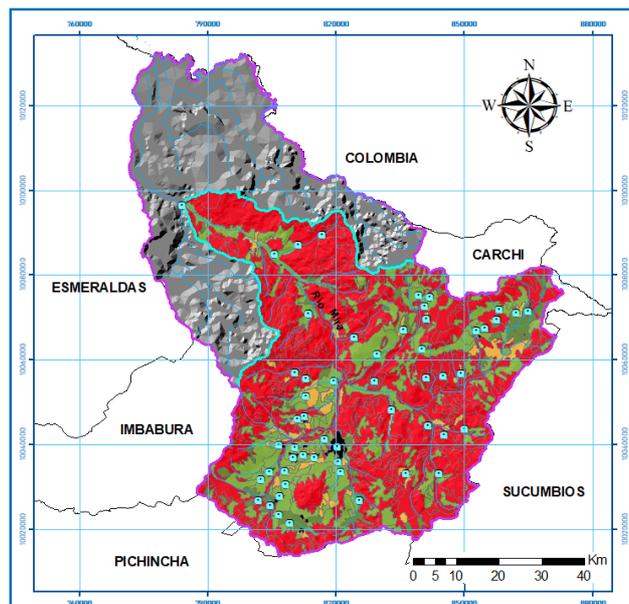
Según Wilches (1989) “Vulnerabilidad física: se refiere a la localización de la población en zona de riesgo físico, condición provocada por la pobreza y la falta de oportunidades para una ubicación de menor riesgo (condiciones ambientales y de los ecosistemas, localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo)”.

Luna e Iza (2017, 17) indican que la Sierra y Amazonía son más vulnerables a deslizamientos; la demarcación hidrográfica Mira está en su mayor parte en la Sierra, mientras que una pequeña parte está en la Costa. La precipitación media de la CRM varía de 400 a 3000 mm año⁻¹ y la precipitación media es de 1400 mm año⁻¹. La evaluación de las vulnerabilidades puede ayudar a los tomadores de decisión a proponer las acciones

convenientes frente a los riesgos físicos y del CC. Hay elementos reconocidos como amplificadores de la vulnerabilidad, y están también presentes a nivel de Latinoamérica y son: desplazamiento, el crecimiento urbano desordenado y la migración por conflictos, recursos y la crisis distributiva en el sector rural y agrícola (MINAM, 2009).

Los cambios naturales, así como aquellos inducidos por el hombre pueden afectar la susceptibilidad a deslizamientos y se deben comprender al evaluar el potencial de deslizamientos. Para lo cual se debe diseñar estrategias de mitigación para reducir el riesgo.

El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa es una herramienta para la gestión del territorio en la prevención y mitigación de riesgos. Al analizar el mapa de susceptibilidad de movimientos en masa de la CRM, se evidencia que hay susceptibilidad a los movimientos en masa en diferentes grados, dependiendo de las condiciones geomorfológicas, geológicas y climáticas.



Mapa 28. Relación entre susceptibilidad a movimientos en masa.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

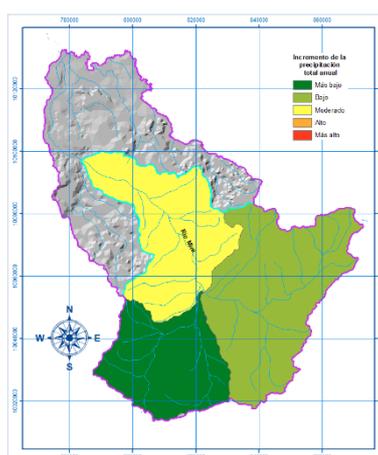
Para los movimientos en masa se debe tener en cuenta el relieve, la sismicidad, la meteorización y las lluvias intensas; y el origen del suelo (Análisis de vulnerabilidad actual del Ecuador frente al CC a nivel cantonal, 2010). La CRM está expuesta a alta susceptibilidad de movimientos en masa, lo que convierte sus ciudades y zonas pobladas, vulnerables a deslizamientos (véase Mapa 28). Esto debe tomarse en cuenta para una mejor planificación y ordenamiento territorial. Las tendencias de expansión urbana no

tienen en cuenta estos datos y pueden poner en riesgo vidas humanas porque los asentamientos no legales ocupan sitios con mayor inestabilidad que los vuelve más vulnerables.

Vulnerabilidad climática

La vulnerabilidad al CC se define en función a diferentes variables: exposición a las amenazas climáticas se entiende como una característica extrínseca del sistema humano o natural sometido a la amenaza climática. La capacidad de adaptación limita la viabilidad del sistema humano o natural, personas o medios de vida, para afrontar con éxito y reducir los impactos potenciales del CC. Por lo tanto, la vulnerabilidad depende del grado de impacto al que un sistema humano o natural, persona, grupos de personas o medio de vida están expuestos, de su sensibilidad y de su capacidad de respuesta (PROTOS 2016).

Las amenazas climáticas son los sucesos o tendencias físicas relacionados con el clima, o sus impactos relacionados, y que puede ocasionar pérdidas de vidas, lesiones y otros impactos a la salud, así como daños y pérdidas en las propiedades, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales (IPCC; 2014). En el caso de la CRM, tenemos un incremento de la precipitación total anual entre más bajo y moderado como se puede observar en el Mapa 29.



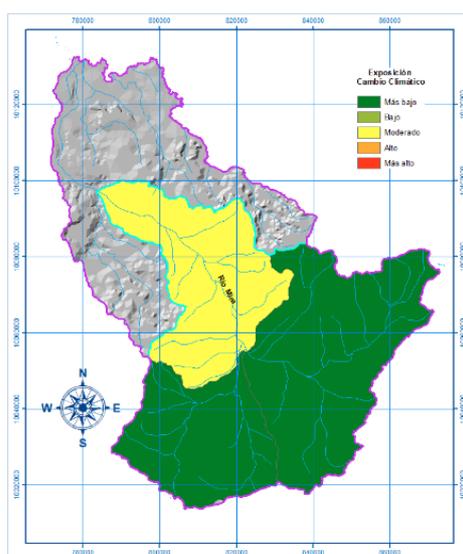
Mapa 29 Mapa de Incremento de la precipitación total anual.
Fuente: (Congope 2019).

Según Congope (2019, 15) analiza el riesgo climático en el patrimonio hídrico (cuenca del río Mira) dentro de un estudio en los sectores de adaptación priorizados en

la ENCC. Obteniendo los siguientes resultados:

“En calidad de elemento expuesto de este sector se adoptaron los valores del balance hídrico anual referido a cada unidad hidrográfica de niveles 4 y 5 de Pfstetter,5 generadas por SENAGUA (2010), escala 1:250.000, en lugar de la jurisdicción parroquial (aplicada en los demás sectores). Por la naturaleza del dato empleado (balances hídricos positivos y negativos), para este caso la exposición se fundamenta en la relativización de los valores entre 0 y 1, conforme sus máximos y mínimos. Para las amenazas asociadas a sequías, se considera una mayor exposición en aquellas unidades hidrográficas con mayor déficit hídrico (es decir, asignando 1 al mayor valor de déficit), y por el contrario frente a amenazas vinculadas con lluvias extremas, las unidades con mayor superávit fueron consideradas mayormente expuestas (es decir, asignando 1 al mayor valor de superávit)”.

Exposición: Se refiere al tipo y grado, o naturaleza, a la que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas. El análisis de cambio climático observado se relaciona con cambios del comportamiento de la precipitación, temperatura, y de eventos extremos. En el caso de la CRM la exposición al cambio climático es Más bajo como se puede observar en el Mapa 30.

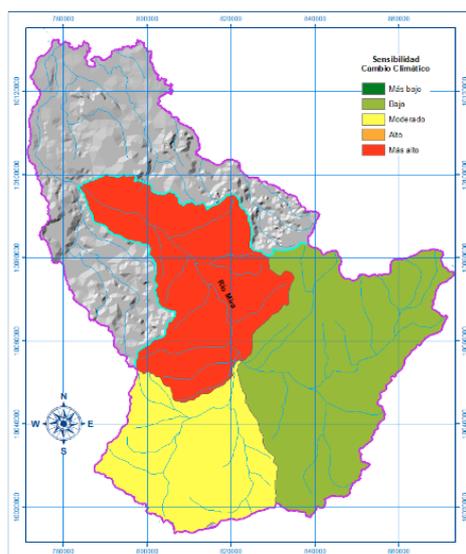


Mapa 30 Mapa de Exposición al Cambio climático.

Fuente: (Congope 2019).

Sensibilidad: Hace referencia al grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático. Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, un cambio en el rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperaturas o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (por ejemplo, daños causados por una mayor frecuencia de inundaciones costeras por haber aumentado el nivel del mar). La CRM presenta una

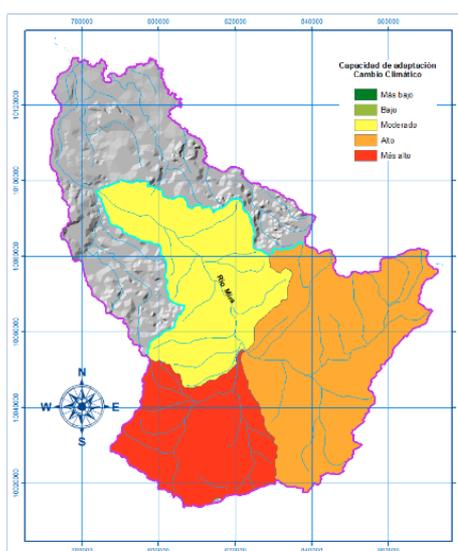
sensibilidad entre baja en la parte alta de la cuenca y en la parte media presenta una sensibilidad más alta como se puede observar en el Mapa 31.



Mapa 31 Mapa de Sensibilidad al Cambio Climático.

Fuente: (Congope 2019).

Capacidad adaptativa: Hace referencia a las capacidades, recursos e instituciones, en diferentes niveles de análisis, que permitan detonar procesos de adaptación, en acompañamiento del diseño e implementación de medidas de adaptación efectivas para la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas. La CRM presenta una capacidad adaptativa entre moderado y más alto como se puede observar en el Mapa 32.



Mapa 32 Mapa de Capacidad de adaptación al Cambio Climático.

Fuente: (Congope 2019).

Como vulnerabilidad se entiende a la propensión o predisposición a ser afectado negativamente. Comprende la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta o adaptación (IPCC, 2014). Después de analizar los diferentes componentes dentro de la CRM y al aplicar la fórmula de vulnerabilidad ($\text{Vulnerabilidad} = \text{Sensibilidad} / \text{Capacidad adaptativa}$), tenemos una alta vulnerabilidad del área de estudio.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

La presente investigación hace un análisis de la variabilidad climática, en la parte alta de la cuenca del río Mira. La cuenca del Río Mira es considerada un área estratégica en la frontera norte del país, está ubicada al noroeste de Ecuador y al sureste de Colombia; el relieve en la zona es muy variado, desde la Cordillera Occidental en los páramos de El Ángel y el Nudo de Mojanda-Cajas, con una altitud aproximada de 4000 m s. n. m., descendiendo gradualmente en forma de laderas unas veces y otras abruptamente hasta los valles del Chota y Mira, hasta desembocar en el océano pacífico.

El Ecuador no cuenta con una base de datos meteorológicos históricos sólida de alta resolución con un mínimo de 30 años, para poder determinar el cambio o variabilidad climática de manera siempre satisfactoria. Sin embargo, tiene un potencial muy alto de sufrir los impactos del cambio climático proyectado para las próximas décadas por estar ubicado en los Andes Tropicales, la gran diversidad ecosistémica, los grandes gradientes altitudinales y la presencia de glaciares. Esto resulta problemático cuando se diseñan políticas públicas frente al cambio climático en términos de mitigación y adaptación.

Como objetivos de la presente investigación nos planteamos; describir la cuenca hidrográfica del río Mira, caracterizar la variabilidad climática y comparar los resultados con información del Inamhi. Para cumplir con los objetivos se realizó el estudio en la parte alta de la cuenca porque existían una base de datos adecuada de 30 años para su análisis, la parte baja de la cuenca al estar en Colombia no se pudo recabar la información necesaria.

Esta investigación se limita a las variables de precipitación mensual y temperatura media anual. En el caso de la precipitación se tiene 7186 datos completos y en la temperatura se tiene 2987 datos completos. Para el relleno de los datos antes de su utilización; se aplicó métodos estadísticos de correlación y regresión entre las series climáticas de estaciones vecinas y para la representación cartográfica de isotermas e isoyetas se utilizó el programa ArcGis (IDW). Se considera que la metodología puede ser replicada en otras cuencas hidrográficas o en sistemas de interés para análisis similares. La limitante más grande de esta tesis es, sin lugar a dudas, la poca y deficiente información hidrometeorológica dentro de la cuenca hidrográfica y en el país en general,

provocada por la mala distribución de las estaciones meteorológicas, especialmente con vacíos en las áreas de montañas y la limitada red de información sobre caudales. Para realizar un análisis de variabilidad o cambio climático se requiere de al menos treinta años de datos. Por lo que para estudiar de una mejor manera la evolución se dividió en tres períodos década por década: 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010; con el fin de realizar una comparación entre períodos iguales.

Respecto a los resultados de estudios realizados en el Ecuador y que se tuvo en cuenta dentro del análisis de la presente investigación tenemos. Mapas temáticos realizados por el Inamhi estos tomaron datos de su red de estaciones con al menos seis meses de información al año y realizaron una red de datos en base a los resultados homogenizados del período 1981-2010 y tuvieron en cuenta relieve, orografía y correlación temperatura altura.

Resultados obtenidos

Variabilidad de precipitación en la parte alta de la cuenca del río Mira

Los principales resultados sobre la variabilidad de las precipitaciones en la parte alta de la cuenca del río Mira son: al realizar la comparación con series decadales se puede notar una notable disminución en la precipitación media anual en toda la cuenca hidrográfica; esta disminución es más notable en Huaca, Mariano Acosta, San José de Ilumán y Lita. La disminución está contemplada entre 200 y 800 mm anuales: En la década de 1991 al 2000 respecto a la década de 1981-1990 podemos ver que la precipitación ha disminuido en la mayor parte de la cuenca y la disminución va desde los -100 mm a los -500 mm anuales; la mayor disminución de la precipitación se presenta en Maldonado. Sin embargo, en San Rafael se evidencia un pequeño aumento en las precipitaciones de hasta 300 mm en la precipitación anual. En la parte media de la cuenca no se evidencia cambios. Al examinar el período 2001-2010 respecto a la década de 1981-1990 se pone en evidencia una mayor reducción de la precipitación media anual de hasta -800 mm en Maldonado y de hasta -500 mm en Mariano Acosta. La parte media de la cuenca de estudio es la que más ha sufrido la disminución de las precipitaciones; esto ha corroborado con las percepciones de las personas del lugar especialmente en la zona de El Baboso donde los lugareños han sentido la disminución y consideran que los ciclos de cultivo ya no pueden ser como antes en la década de los 80.

Variabilidad térmica en la parte alta de la cuenca del río Mira

En cuanto a la variabilidad térmica en la parte alta de la cuenca del río Mira tenemos como principales resultados que al analizar el período histórico 1981-2010 se evidencia cambios en la temperatura media anual especialmente en las zonas de los valles de Chota y Mira, en las zonas altas también hay un ligero incremento, pero no es muy perceptible. No obstante, se recalca la falta de disponibilidad de datos especialmente en cuanto a temperatura se refiere, Sin embargo, al hacer un análisis más detallado de los cambios de temperatura se puede evidenciar un incremento de la temperatura en sitios específicos como: Huaca, Mariano Acosta, Quiroga, San Francisco y Jijón y Caamaño. Al realizar una comparación respecto a la década 1981-1990 tenemos: en el período 1991-2000 un cambio entre -1 y + 0,5°C, a lo largo de la cuenca hidrográfica. Con datos más relevantes en la zona media de la cuenca en la zona del valle del chota entre Pimampiro y Ambuqui en la que en esta década hay una disminución de la temperatura de -0,4 a -1°C. Pero también existe un incremento de la temperatura en la zona de Cahuasqui, Pablo Arenas y El Topo con un incremento de hasta 0,5°C. Y en período 2001-2010 un incremento de la temperatura en la zona media de la cuenca en el Valle del Chota de hasta 1,7 °C incluida la parte del Ángel con un incremento de 1,1°C y en la parte accidental una disminución de hasta -0,5°C en toda la zona de Otavalo y Cotacachi y un leve incremento de 0,6°C en el sector de San Rafael. Después de realizar este análisis podemos decir que la variabilidad climática puede afectar de diferentes maneras en distintos sitios

Comparación con los mapas temáticos del Inamhi (isoyetas, isotermas)

Al comparar los mapas obtenidos mediante la presente investigación con los mapas obtenidos del Inamhi, podemos señalar que los resultados son muy similares, creemos que puede ser por la metodología utilizada y que se tuvo como prioridad los datos meteorológicos de estaciones dentro y cerca de la zona de estudio.

Es importante considerar esto ya que el Mae mediante su caja de herramientas para la integración de criterio de cambio climático en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial pone a disposición estos mapas para incluir el cambio climático en la planificación territorial. Sin embargo, sugiero que cuando se utilice estos mapas se haga un estudio paralelo con datos de estaciones meteorológicas para tener una mayor precisión en los mismos, ya que las políticas públicas que se pueden implementar en

cuanto prevención y mitigación de los impactos del cambio climático a nivel local podrían responder a los compromisos que el Ecuador tiene en instancias internacionales.

Análisis de las correlaciones de las variaciones observadas con ENSO y la PDO

La cuenca del río Mira muestra un complejo sistema orográfico y con un clima de patrón cambiante. La influencia de las corrientes marinas de Humboldt y el Niño determinan períodos secos y lluviosos; la temperatura media anual tiene una tendencia creciente. Los episodios más fuertes del Niño fueron en 1982 y 1997 y de la Niña en 1988 y 1999. Al realizar la revisión histórica de los eventos ENOS en el período 1981-2010. La cuenca del Mira se observa una correlación ms marcada de la variación de las cantidades de precipitación con los eventos de la Niña dentro de la cuenca en los años 1989, 1999, 2000, 2007, 2008 y 2010. La situación es diferente para el caso de la temperatura: al comparar las variaciones de isotermas con ENOS, podemos decir que tantos los eventos El Niño como los eventos la Niña están correlacionados con las variaciones de temperatura. Por ejemplo, en las estaciones de Lita, Maldonado y Ambuqui, las mayores temperaturas para las tres décadas consideradas se dieron en los años 2008, 2009 y 2010; es decir años de eventos la Niña. En general para toda la cuenca, observamos que en los eventos del Niño la temperatura aumenta, y en la Niña disminuye, mientras que para la precipitación en eventos del Niño ésta disminuye sus promedios y con la Niña aumenta sus promedios.

Si analizamos la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) no podemos definir de forma exacta su influencia ya que la mayoría de estudios realizados se basan en la influencia del PDO en el Pacífico Norteamericano y la producción de salmón. Sin embargo, hay estudios realizados en los glaciares de los Andes tropicales, donde se puede observar variaciones excepcionales en la altitud de las líneas de nieve cuando se produce un evento de El Niño durante la fase cálida de la Oscilación Decadal del Pacífico.

Vulnerabilidad de la cuenca del río Mira a la variabilidad climática

La vulnerabilidad de la cuenca del río Mira podría acentuarse con el cambio o variabilidad climática, pero estos resultados se relacionan también con las formas locales de manejo del recurso hídrico y ambiental, el cual determina el estado de conservación

de las subcuencas hidrográficas y la capacidad de adaptativa social e institucional ante la variabilidad climática para garantizar el abastecimiento de agua. Esta capacidad de adaptación es muy dinámica dependiendo de cada territorio y obedece a la forma de gestión que interrelaciona aspectos económicos, naturales, institucionales, tecnológicos y de organización social. Después de analizar los diferentes componentes dentro de la CRM tenemos una alta vulnerabilidad del área de estudio.

Recomendaciones

Después de analizar los datos meteorológicos de la cuenca se recomienda analizar la viabilidad técnica y económica del mantenimiento e implementación de nuevas estaciones meteorológicas para tener una mejor distribución de las estaciones y obtener una base de datos homogénea; para poder analizar de mejor manera el impacto del cambio o variabilidad climática en el país, en futuras investigaciones.

Se recomienda realizar más investigación científica dentro del país en Cambio Climático para lograr una documentación de la influencia de la variación o cambio climático, pero en alta resolución y basada en datos meteorológicos.

Después de analizar los resultados obtenidos se recomienda repetir el análisis de la presente investigación para todo el país, con un análisis más fino de los datos de observación y compararlos con los mapas dados por el SUIA (Mae) en su Guía para la interpretación y usos de los escenarios de cambio climático de su caja de herramientas. Ya que estos mapas son de uso base para implementar el Cambio Climático de acuerdo a los instrumentos políticos y normativos del país para incorporarse en los nuevos planes provinciales, cantonales y parroquiales.

Lista de referencias

- Anchante, A., Bussalleu, A., Castaño, L., y Valdés-Velásquez, A. 2012. *El Cambio Climático en los Andes y la Amazonía: preguntas frecuentes*. Lima: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2012-033.pdf>.
- Andrade, L., y Moreano, R. 2013. “Sistema de Información para la Interpolación de Datos de Temperatura y Precipitación del Ecuador”. *Revista politécnica* 32 (1): 71-5.
- Armenta Porras Guillermo Eduardo. 2019. “Ganadería climáticamente inteligente”. *Ministerio del Ambiente-SUIA*. Acceso el 13 de octubre del 2019. http://suia.ambiente.gob.ec/documentos;jsessionid=ac3MwO54KzGLQiIfpVbwYjTp?_20_folderId=6234485&_20_displayStyle=list&_20_viewEntries=1&_20_viewFolders=1&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fview&_20_action=browseFolder&_20_entryEnd=20&_20_folderEnd=20.
- Banco Interamericano de Desarrollo. 2013. “Ecuador: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. Marco de la preparación de la Estrategia 2012-2017”. *Banco Interamericano de Desarrollo en Ecuador*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Ecuador-Mitigaci%C3%B3n-y-adaptaci%C3%B3n-al-cambio-clim%C3%A1tico.pdf>.
- Barros López, Juan Gabriel, y Adriana Yolanda Troncoso Salgado. 2010. “Atlas climatológico del Ecuador”. Tesis de grado, Universidad Politécnica Nacional.
- Betancourt, Oscar, y Marcelo Aguilar. 2008. “Cambio Climático y Salud, Ecuador. Institucionalidad vigente y Cambio Climático”. *Orasconhu*. 17 de marzo. <http://www.orasconhu.org/sites/default/files/EI%20Cambio%20Climatico.Caso%20Ecuatoriano%20-%20OBetancourt.MAguilar.pdf>.
- Birkmann Jörn y Frauke Kraas. 2010. “Adaptive urban governance: new challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change”. *Sustain Sci (Vulnerability, risk, and adaptation in a changing climate)* 5 (1): 185-206. doi: 10.1007/s11625-010-0111-3.
- Burbano Piedra, Jairo. 2012. “Análisis de cambio de cobertura y fragmentación en el corredor de conservación comunitaria el Angel- bosque golondrinas, provincia del

- Carchi en un escenario de cambios climático”. Tesis de grado, Universidad de las Américas, Quito.
- Cadilhac, Laura, Rosana Torres, Juan Calles, Veerle Vanacke, y Edison Calderón. 2017. “Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador”. *Neotropical Biodiversity* 3 (1): 168-181. doi: 10.1080/23766808.2017.1328247.
- Carrasco, Eulalia. 1983. *El pueblo Chachi-El jeengume avanza*. Quito: Abya-Yala. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11737/1/EL%20PUEBLO%20CACHI.pdf>.
- Cavallucci de Dalmases, Olga. 2016. “Los retos más escondidos del cambio climático: Pensamiento global, crisis de comunicación y arte negociadora”. *Revista del Centro Andino de Estudios Internacionales* 16 (1): 111-32.
- Cerra Beccera, Marcos. 2015. “Adaptación al cambio climático, una lectura desde las experiencias agroecológicas en los páramos del Carchi, Ecuador”. *UICN*. Acceso el 18 de Mayo. <https://www.iucn.org/es/content/adaptacion-al-cambio-climatico-una-lectura-desde-las-experiencias-agroecologicas-en-los-paramos-del-carchi-ecuador>.
- CIIFEN. 2010. “Qué es el cambio climático”. *Centro Internacional para investigación del Fenómeno del Niño*. http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=100&Itemid=133.
- Comisión Europea. 2006. “El Cambio Climático ¿Qué es? Introducción para jóvenes. OEI”. https://www.oei.es/historico/decada/portadas/climate_change_youth_es.pdf.
- Comunidad Andina. 2007. *¿El fin de las cumbres nevadas? Glaciares y Cambio Climático en la Comunidad Andina*. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina. http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/libro_fin_cumbres_nevadas.pdf.
- . 2013. “Ciencia del Cambio Climático en los Andes Tropicales. Guía Metodológica para establecer Líneas de Base Científica en la Implementación de Medidas de Adaptación”. *Comunidad Andina / Proyecto Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado e Galacares en ls Andes Tropicales / Banco Mundial*. Lima. 5 de agosto del 2019. <http://www.ambiente.gob.ec/wp->

- content/uploads/downloads/2014/07/Folleto-Guia-Metodol%C3%B3gica-andesplus.pdf.
- . 2010. “EL Agua de los Andes - Un recurso clave para el desarrollo e integración de la región”. *Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima*. 02 de enero. http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/AG_UA_DE_LOS_ANDES.pdf
- . 2008. “El Cambio Climático no tiene fronteras - Impacto del Cambio Climático en la Comunidad Andina”. *Libelula - Comunicación Ambiente y Desarrollo / Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima*. Acceso el 28 de diciembre del 2019. https://www.academia.edu/8160157/El_Cambio_Clim%C3%A1tico_no_tiene_fronteras.
- . 2012. “Estrategia Andina para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos”. *Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima*. Acceso el 07 de octubre del 2020. http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/recursos_hidricos.pdf
- Conaie. 2014. “Nacionalidades-Amazonía. Épera”. *Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador*. Acceso el 23 de febrero del 2020. <https://conaie.org/2014/07/19/epera/>.
- Congope. 2015. *Análisis de las Amenazas Climáticas (Actuales y Futuras) en el Ecuador*. Guayaquil: Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador.
- Cotler, Helena, y Georgina Caire. 2009. *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales / Fundación Gonzalo Río Arronte / Organización Mundial de Conservación.
- Díaz Maigua, María Angélica, y Gabriela Maribel Encarnación Díaz. 2018. “Zonificación de áreas propensas a incendios de cobertura vegetal en el cantón Pimampiro, provincia de Imbabura”. Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Embajada de la República Federal de Alemania. 2019. *Humboldt en el Chimborazo - Descubriendo cómo funciona la naturaleza*. Quito: Embajada de la República Federal de Alemania en Quito con motivo del 250 aniversario de Alexander von Humboldt.

- Espino, Marco y Carmen Yamashiro. 2012. "La variabilidad climática y las pesquerías en el Pacífico suroriental". *Latin american journal of aquatic research* 40 (3): 705-21. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2012000300018
- Farfán Durán, Juan Fernando. 2016. "Impacto del Cambio Climático en los caudales de una cuenca de páramo, primera aproximación". Tesis de grado, Universidad de Cuenca.
- Fernandes, Andreina. 2019. "Afroecuatorianos: historia, características, comunidades, cultura". *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/afroecuatorianos/>.
- Francisco Cuesta, P. Muriel, S. Beck, R.I. Meneses, S. Halloy, S. Salgado, E. Ortiz, y M.T. Becerra. 2012. *Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales. Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*. Quito: Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina.
- Francou, B., Rabatel, A., Soruco, A., Sicart, J.E., Silvestre, E. E., Ginot, P., Cáceres, B., Condom, T., Villacís, M., Ceballos, J.L., Lehmann, B., Anthelme, F., Dangles, O., Gómez, J., Favier, V., Maisincho, L., Jomelli, V., Vuille, M., Wagnon, P., Lejeune, Y., Ramallo, C. y Mendoza, J. 2014. "*Glaciares de los Andes Tropicales víctimas del Cambio Climático*". Ciudad de Zongo: Comunidad Andina / Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales / Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Libro-Glaciares.pdf>
- Francou, B., Cáceres, B., Villacís, M., Basantes, R., Maisincho, L., Galárraga, R., Romero, J C. 2011. "*Analizando el cambio climático a partir de los Glaciares del Ecuador*". Quito: Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Investigación / Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento Quito / Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología / Escuela Politécnica Nacional / Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo. <https://great-ice.ird.fr/media/ird-sites-d-unites-de-recherche/great-ice/ciencia-para-todos/textos-diversos/documentos/glaciares-del-ecuador-brochure-2011>.
- GAD Parroquia San Gregorio. 2011. *Comunidad de los Chachis*. Muisne: CINM S.A.
- Gobierno Provincial de Carchi. 2015. "Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia del Carchi. Actualizado 2015-2019". *Gobierno Autónomo Descentralizado*

- Provincia del Carchi, Dirección de Planificación, Tulcán. Acceso el 15 de julio.*
http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0460000130001_PDOT%20CARCHI%202015%20-%202019%20ACTUALIZADO%20opt_14-08-2015_22-24-17.pdf
- Gobierno Provincial de Imbabura. 2015. “Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Imbabura 2015-2035”. *Gobierno Autónomo Descentralizado Provincia de Imbabura, Ibarra. Acceso el 6 de octubre.*
http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1060000180001_PDOT%20IMBABURA%202015-2035_SIGAD_15-08-2015_22-50-42.pdf, 2015.
- Gomez, L., Gallego, B y Naranjo, L. 2017. “Atlas socioambiental de las Cuencas Transfronterizas Mira y Mataje. Aportes para su ordenamiento y gestión integral Colombia - Ecuador”. Santiago de Cali: Fondo Mundial para la Naturaleza-Colombia (WWF). <http://altropico.org.ec/wp-content/uploads/2018/12/Atlas-Socio-Ambiental-de-las-Cuencas-Transfronterizas-Mira-y-Mataje.pdf>.
- Gonda, Catalina María. 2019. “El Cambio Climático y la Criósfera Andina”. La Paz: Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) / Secretaría de Contaminación Atmosférica y Clima de Suecia. <https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2020/06/Reporte-Glaciares-OnePage-V2.pdf>
- Greenpeace. 2018 “Imágenes y Datos: Así nos afecta el Cambio Climático. Cumbre climática en Polonia, una oportunidad que no podemos perder”. Vancouver: Greenpeace. Acceso el 05 de julio del 2019. <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/GP-cambio-climatico-LR.pdf>.
- Hidalgo Proaño, Marcelo. 2017. “Variabilidad climática interanual sobre el Ecuador asociada a ENOS”. *Revista CienciAmérica* Centro de Investigaciones Meteorológicas Aeronáuticas (CIMA) 6 (2): 32-37.
- Hofstede, R, S Vásconez, S, y M Cerra. 2015. “Vivir en los páramos - Percepciones, Vulnerabilidades, Capacidades y gobernanza ante el Cambio Climático”. Quito: Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza. Acceso el 07 de septiembre 2019.
http://gruporandi.org.ec/Publicaciones/Investigaciones/uicn_cdip_hofstede.et_al_.2015_vivirelosparamos.pdf.

- IDEAM-UNAL. 2018. “*Variabilidad Climática y Cambio Climático en Colombia*”. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) / Universidad Nacional de Colombia (UNAL). Acceso el 5 de octubre 2019. <http://www.andi.com.co/Uploads/variabilidad.pdf>
- Inamhi. 2015. “*Ficha metodológicas de indicadores, estadísticos y variables meteorológicas, hidrológicas y ambientales. Versión 1.1*”. Quito: Grupo de Trabajo de Índices Ambientales del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Acceso el 25 de agosto 2019. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/Fichas_Metodologicas_Ambientales_Inamhi_v_final1.pdf
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2017. “*Geoinformación Hidrometeorológica*”. Acceso el 18 de octubre. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/geoinformacion-hidrometeorologica>.
- IPCC .1997. *Informe técnico III. Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas. Impactos del cambio climático*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-III-sp.pdf>.
- . 2001. *Informe de Grupo de trabajo II. Resumen para Responsables de Políticas. Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/vol4/spanish/pdf/wg2sum.pdf>.
- . 2001. *Tercer Informe de Evaluación. Anexo b. Glosario de Términos*. —. 2001. *Informe de Grupo de trabajo II. Resumen para Responsables de Políticas. Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/vol4/spanish/pdf/wg2sum.pdf>.
- . 2002. *Documento técnico V - Cambio Climático y Biodiversidad. Cambios estimados en el clima*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>.
- . 2008. *Documento Técnico VI Cambio Climático y Agua*. Capítulo 1 *Introducción al cambio climático y al agua*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/ccw%20sp/chapter_1_sp.pdf.

- . 2007. *Cambio Climático. Informe Síntesis*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf.
- . 2012. *SREX_ES. Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Resumen para responsables de políticas*. —. 2001. *Informe de Grupo de trabajo II. Resumen para Responsables de Políticas. Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/vol4/spanish/pdf/wg2sum.pdf>.
- . 2014. *Cambio Climático. Informe Síntesis*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf.
- . 2014. *Anexo B. Cambio Climático”. Tercer Informe de Evaluación*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- . 2014. “Cambio Climático 2013. Base de ciencia física. —. 2001. Informe de Grupo de trabajo II. Resumen para Responsables de Políticas. Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad”. *Archivo Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Acceso el 30 de enero. <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/vol4/spanish/pdf/wg2sum.pdf>.
- . 2019. *Calentamiento global de 1.5°C. Resumen para responsables de políticas*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf.
- Isch López, Edgar. 2012. *El cambio climático y la gestión de páramos*. <http://www.camaren.org/documents/cambioclimatico.pdf>.
- Jiménez, Roberto. 2008. “Aspecto biológicos de El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial”. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil.
- Kozhikkodan Veetil, Bijeesh, Sebastián Ruiz Pereira, Shanshan Wang y Pedro Teixeira Valente. 2016. “Un análisis comparativo del comportamiento diferencial de los glaciares en los Andes Tropicales usando teledetección”. *Revistas Académicas de la Universidad de Chile* 51(1): 3-36. doi: 10.5354/0719-5370.2016.41215
- Lamorena Yosami e Hidalgo Axel. 2019. “Programa para el análisis espacial de los regímenes

de temperatura y precipitación”. *Revista Cubana de Meteorología* 25 (2): 238–243. doi: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/470/697>.

- La Hora. 2013. “El cambio climático se siente en Ecuador”. *La Hora-Sección Planeta*. 21 de agosto. Acceso el 8 de marzo 2020. <https://lahora.com.ec/noticia/1101551563/el-cambio-climtico-se-siente-en-ecuador>.
- Luna, Tosse, y Cristian Iza. 2017. *Plan Binacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico de las cuencas tranfronterizas Carchi-Guaitara y Mira-Mataje*. Colombia-Ecuador. Bogotá-Quito: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible - Colombia; Secretaría Nacional del Agua-Ecuador.
- MAE. 2017. “Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional”. *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. <https://www.ambiente.gob.ec/contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional/>.
- . 2016. “Ecuador tiene políticas sobre el Cambio Climático”. *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-suscribe-acuerdo-de-paris-sobre-cambio-climatico>.
- . 2012. “Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador ENCC 2012-2025”. *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/ESTRATEGIA-NACIONAL-DE-CAMBIO-CLIMATICO-DEL-ECUADOR.pdf>.
- . 2017. “Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático. Quito: Subsecretaría de Cambio Climático (SCC)”. *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilovepdf-compressed1.pdf>.
- . 2018. “Proyecto de Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en Recursos Hídricos en los Andes (ICCA) Ecuador”. *Ministerio del Ambiente, Ecuador*. Acceso el 4 de agosto. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/11/1.-RESUMEN-PROYECTO-AICCA.pdf>
- . 2019. “Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional para el Acuerdo de París bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. NDC Ecuador”. *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Ecuador%20First/Primera%20NDC%20Ecuador.pdf>.

- MAE, Focam y PNUD. 2015. *Plan Nacional de Cambio Climático 2015 -2018*. Quito: Ministerio del Ambiente / Proyecto Fomento de Capacidades para la Mitigación de Cambio Climático / Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/PLAN%20NACIONAL%20DE%20CAMBIO%20CLIM%C3%81TICO.pdf>.
- MAE-SUIA. 2016. “Cambio Climático en Ecuador. Informe de sistematización”. *Ministerio del Ambiente-Sistema Único de Información Ambiental*. Acceso el 12 de julio. <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/907429/972259/20+Relatoria+del+Taller+MAE-RECC.pdf/47d878e4-cd59-47a7-8958-5672932b10c1>.
- Mora Pedreros, Paula Andrea. 2012. “Palabra y letra del pueblo Awa”. Tesis de maestría, Universidad de Nariño, Sede San Juan de Pasto. <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90666.pdf>.
- Morán Sáenz, Juan. 2019. “El paisaje y las modificaciones antrópicas en las cuencas altas amazónicas de la región andina-ecuatorial”. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. 2009. *Estrategia Quiteña al Cambio Climático*. Quito: Ecolex.
- Musmanni Sobrado, Sergio. 2016. “Variabilidad climática y adaptación”. *Cooperación Técnica Alemana (GIZ), Costa Rica*. Acceso el 19 de agosto del 2019. <http://www.mag.go.cr/informacion/prog-nac-cafe-GIZ-NSP-Variabilidad-Adaptacion-ICAFE-Musmanni-7-06-2016.pdf>.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 2020. “Cambio climático: temperatura global”. *Administración Nacional Oceánica y Atmosférica*. Acceso el 19 de diciembre del 2019. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>.
- ONU-Agua. 2019. “Resumen de políticas sobre cambio climático y agua”. *Agencia de la Organización de Naciones Unidas especializadas en Agua*. Acceso el 07 de noviembre del 2019. <https://www.unwater.org/unwater-policy-brief-on-climate-change-and-water/>.
- . 2019. “UN-Water. Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua”. *Agencia de la Organización de Naciones Unidas especializadas en Agua*. Acceso el 24 de septiembre del 2019.

- https://www.unwater.org/app/uploads/2019/12/UN-Water_PolicyBrief_Water_Climate-Change_ES.pdf.
- Organización Meteorológica Mundial. 2014. “No. 991-Las concentraciones de co2 superan 400 partes por millón en todo el hemisferio norte. Comunicado destinado solamente a informar a la prensa”. *Organización Meteorológica Mundial*. Acceso el 26 de Mayo del 2019. <https://public.wmo.int/es/media/press-release/no-991-%E2%80%93-las-concentraciones-de-co2-superan-400-partes-por-mill%C3%B3n-en-todo-el>.
- Organizations of American States. Department of Sustainable Development. 2015. *Efectos del Cambio Climático y la Variabilidad Climática en los Esquemas de Servicios Ambientales en la Cuenca Carchi - Guaitara. Opciones para las políticas de adaptación*. Quito: Organizaciones de Estados Americanos. Departamento de Desarrollo Sostenible.
- Parlamento Andino. 2015. “*Marco Normativo sobre Cambio Climático*”. *Parlamento Andino, Bogotá*. Acceso el 4 de abril. https://parlamentoandino.org/wp-content/uploads/2017/05/3_Marco_Normativo_sobre_Cambio_Climatico.pdf
- PNUD. 2011. “Cambio Climático en Ecuador: Estimación de las inversiones necesarias para enfrentarlo”. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Acceso el 09 de octubre del 2019. https://www.undpcc.org/docs/Investment%20and%20Financial%20flows/Results%20flyers/Ecuador/Ecuador_results%20flyer_spanish.pdf.
- Fontaine, Guillaume, Iván Narváez y Paúl Cisneros. 2008. *GEO Ecuador 2008 - Informe sobre el estado del medio ambiente*. Quito. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador / Ministerio del Ambiente / Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. doi: 10.13140/2.1.2153.3120
- Pourrut, Pierre. 1983. “Los climas del Ecuador - Fundamentos explicativos. Estudio realizado en el marco del convenio entre la OSTOM y Pronareg”. *Programa Nacional de Regionalización Agraria del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito*. Julio. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/21848.pdf.
- Poveda, Germán, y Oscar Sánchez. 2016. “El niño, la niña y la predicción de la hidrología colombiana”. *Revista Energética* 16 (1): 105-128.
- Poveda, Germán, Jaime Ignacio Velez, Oscar Mesa y Carlos D. Hoyos. 2002. “Influencia de fenómenos macroclimáticos sobre el ciclo anual de la hidrología Colombiana:

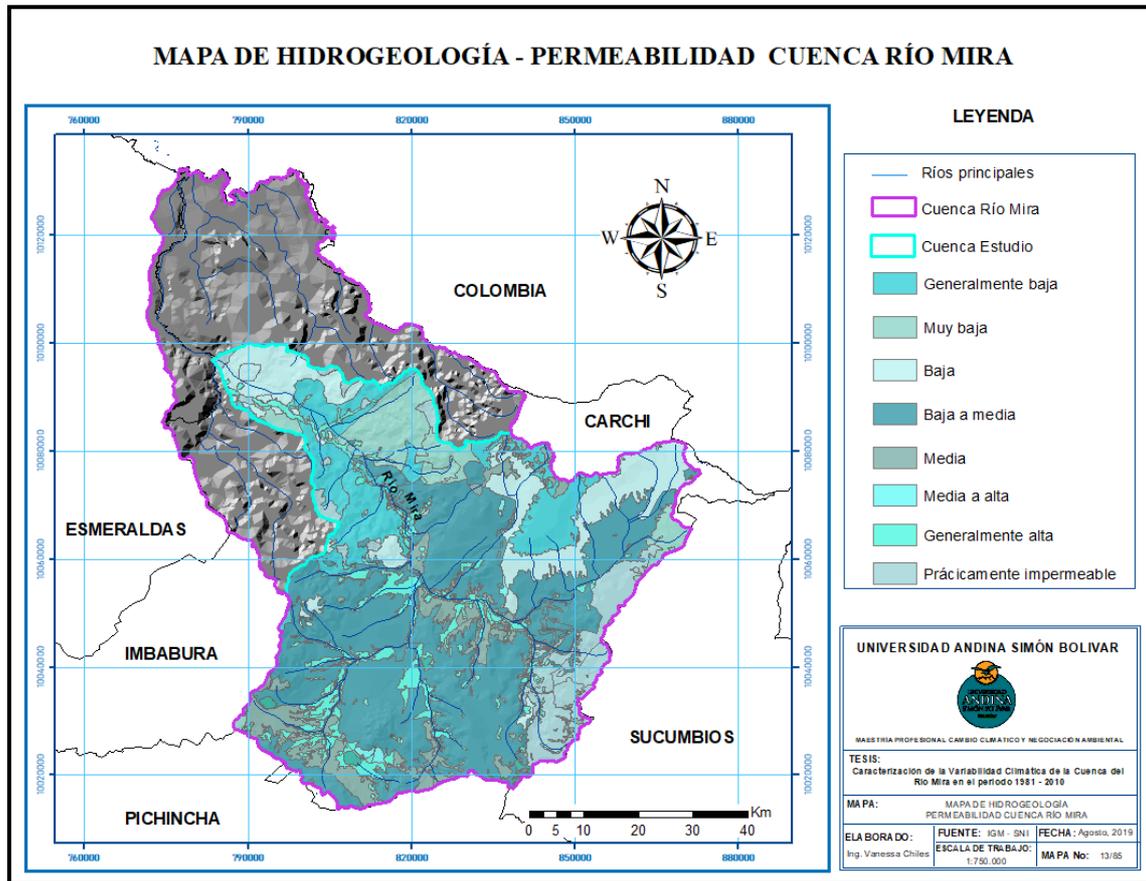
- Cuantificación lineal, no lineal y percentiles probabilísticos”. *Metereorología Colombiana*, 6 (1): 1-10.
- Programa Mundial de Alimentos. 2018. “Colombia y Ecuador se unen para hacer frente al cambio climático en la zona fronteriza”. *Noticias*. 04 de mayo del 2018. <https://es.wfp.org/noticias/colombia-y-ecuador-se-unen-para-hacer-frente-al-cambio-climatico-en-la-zona-fronteriza>.
- Protos. 2016. *Metodología de diagnóstico de vulnerabilidad climática del derecho humano al agua potable y saneamiento frente al cambio climático*. Cuenca: Protos.
- Rojas, Edwin, Blanca Arce, Andrés Peña, Francisco Boshell, y Miguel Ayarza. 2010. “Cuantificación e interpolación de tendencias locales de temperatura y precipitación en zonas alto andinas de Cundinamarca y Boyacá (Colombia)”. *Revista científica Ciencia & Tecnología agropecuaria* 11 (2): 173 - 182. doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:209.
- Rosero Chávez, Cinthia. 2019. “Análisis del contexto institucional del Ecuador para el acceso al financiamiento climático”. Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- Rosero, Terán, Gustavo Javier. 2014. “Caracterización poblacional de la cuenca hidrográfica Mira-Mataje”. *Revista digital UPEC* 6 (1): 9-21.
- Rossel, Frédéric, Eric Cadier, y Gustavo Gómez. 1996. “Las inundaciones en la zona costera ecuatoriana: causas, obras de protección existentes y previstas”. *Bull. Inst. fr. études andines* 25 (3): 399-420. doi: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-12/010011839.pdf
- Secretaría Nacional del Agua, Secretaría General de la Comunidad Andina, y Unión internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2009. “Delimitación y codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador Escala 1:250000. Nivel 5. Metodología Pfafstetter”. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza / Secretaría Nacional del Agua / Secretaría General de la Comunidad Andina, Ecuador. 3 de junio del 2019. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/PORTAL/IG/7_delimitacion_codificacion_metodologia_pfafstetter.pdf
- Senplades. 2018. “Mitgación al Cambio Climático a través de la Educación Ambiental no formal”. *Gestión Ambiental Carchi*. Acceso el 18 de junio del 2019. <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/Gestión-Ambiental-Carchi-.pdf>.

- SNGR/ECHO/Unisdr. 2012. “Ecuador: Referencias básicas para la gestión de riesgos”. *Secretaría de Gestión de Riesgos / Dirección General de Ayuda Humanitaria-Europa / Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, Quito-Ecuador*. Acceso el 25 de julio del 2019. <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Referencias%20basicas%20para%20la%20gestion%20de%20riesgos.pdf>.
- Terán Rosero, Gustavo Javier. 2014. “Caracterización poblacional de la cuenca hidrográfica Mira-Mataje”. *Revista Digital SATHIRI CITTE-UPEC* 6 (1): 9-21. doi: <https://doi.org/10.32645/13906925.276>.
- Toulkeridis, Theofilos, Elizabeth Tamayo, Débora Simón-Baile, María J. Merizalde-Mora, Diego F. Reyes–Yunga, Mauricio Viera-Torres y Marco Heredia. 2020. “Cambio Climático según los académicos ecuatorianos - Percepciones versus hechos”. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida* 31 (1). 2020: 21-49. doi: <https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.02>
- UASB. 2008. “Normas para el tratamiento de infracciones contra la honestidad intelectual”. Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador. 9 de abril. <http://portal.uasb.edu.ec/UserFiles/372/File/pdfs/INFORMACIONBASICA/normas%20infraccion%20a%20la%20honestidad%20intelectual%2015%20septiembre%202008.pdf>.
- Unesco-ONU AGUA. 2016. “Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016. de las Naciones Unidas. Agua y Empleo”. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas, Paris 24 de abril del 2019. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244103>.
- Vázquez, Ranses y Solano, Oscar. 2013. “Modelación espacial de la lluvia y la evapotranspiración teniendo en cuenta parámetros geográficos”. *Revista Ciencias de la Tierra y del Espacio* 14 (1): 80-90. doi: <http://docplayer.es/30844486-Modelacion-espacial-de-la-lluvia-y-la-evapotranspiracion-teniendo-en-cuenta-parametros-geograficos.html>.
- Venton, P, y B Hansford. 2006. “Cómo reducir el riesgo de desastres en nuestras comunidades. Recursos que promueven Oportunidades Organizacionales de Transformación y Socialización”. *SciELO* 9 (1): 11-16.
- Villafuerte, Jhonny, Johanna Rodríguez, Katia Limones y Lewin Pérez. 2018. “Adaptación autónoma al cambio climático: experiencias de emprendimientos

rurales de Ecuador”. *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales (Flacso) Letras Verdes* 24 (1): 57-82. doi: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3273>.

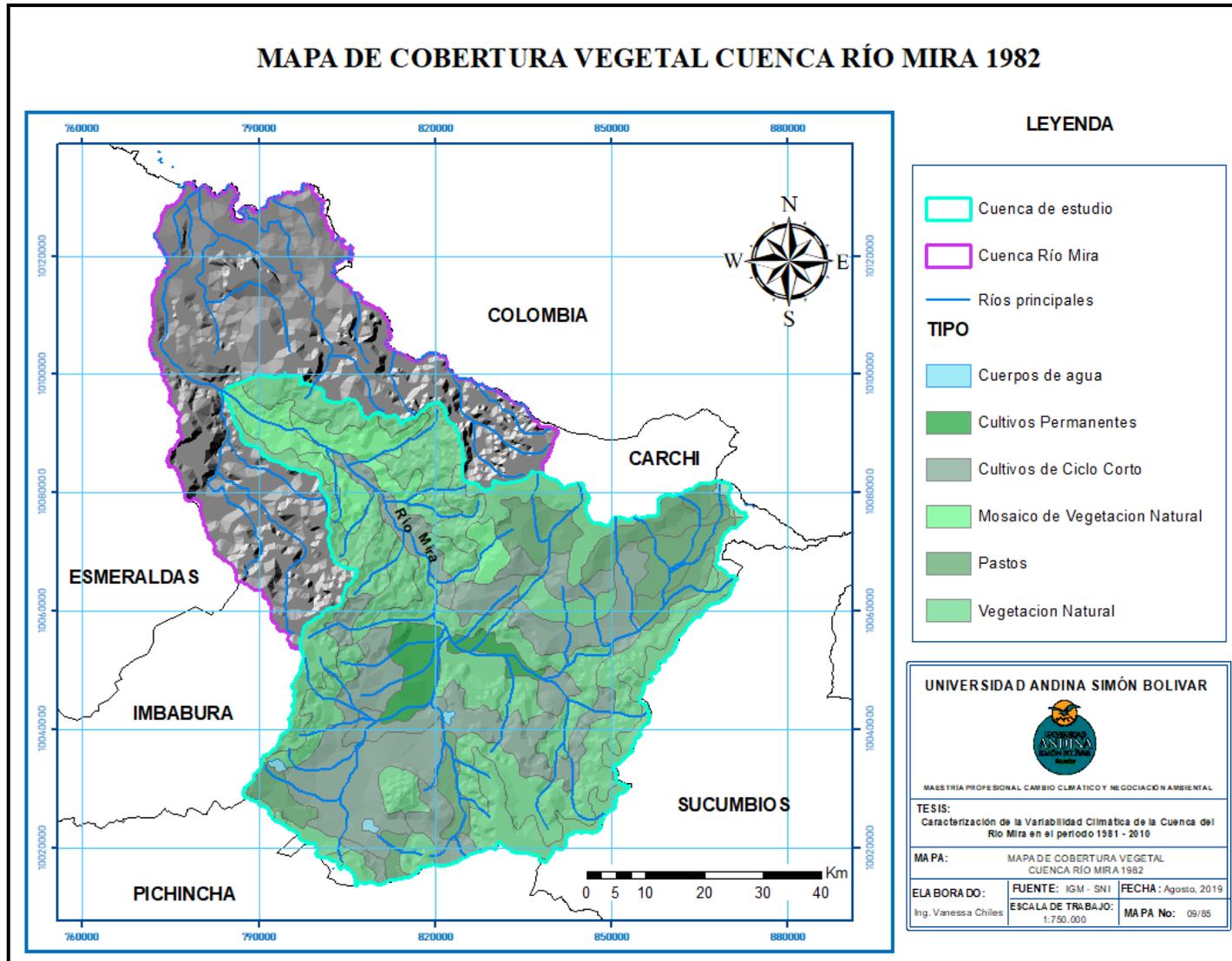
Anexos

Anexo 1. Mapas físicos de la cuenca del río Mira



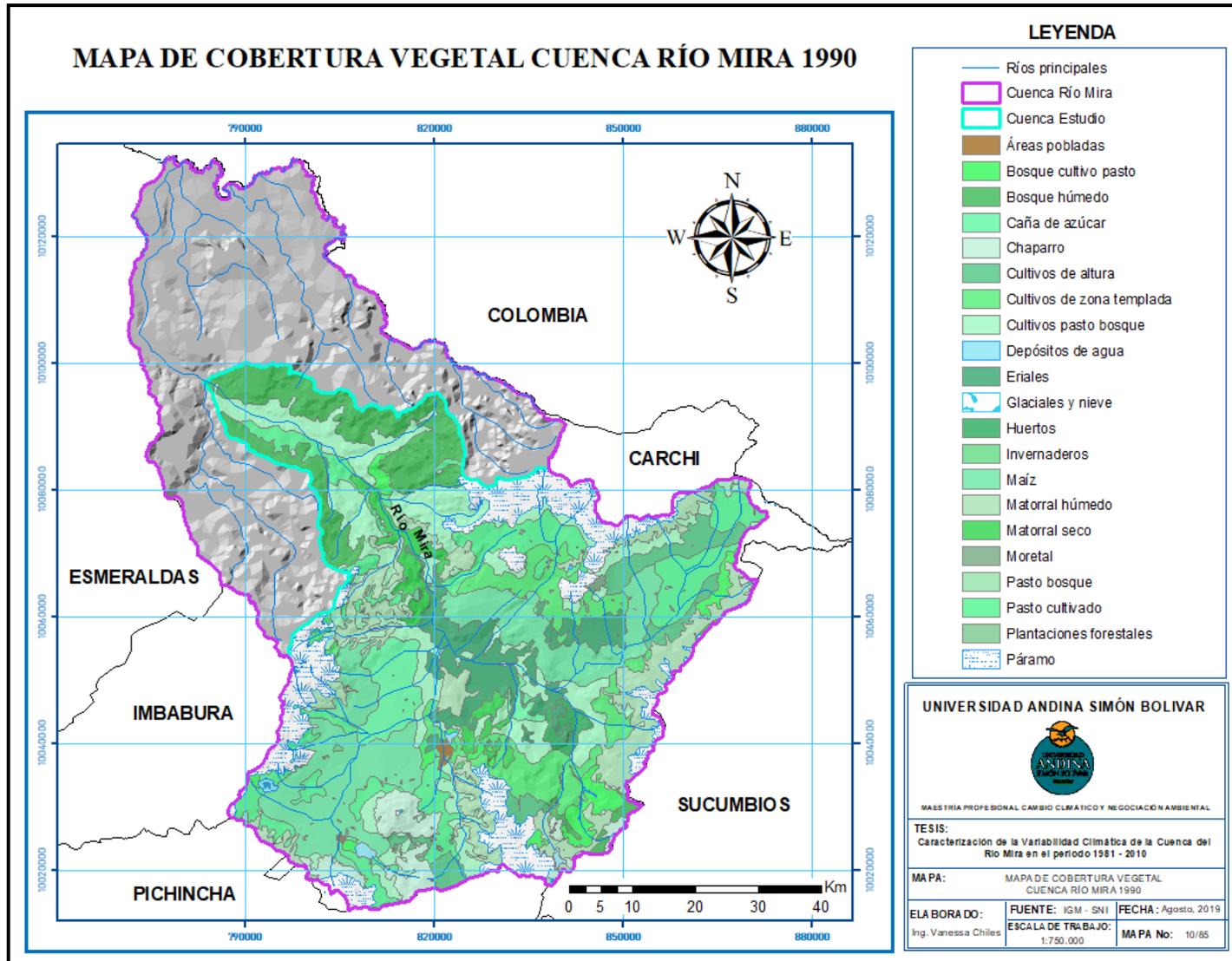
Mapa 33. Hidrogeología-Permeabilidad Cuenca Río Mira

Fuente: Elaboración del autor, a partir de datos obtenidos del SIN (2015)



Mapa 34 Cobertura vegetal Cuenca Río Mira 1982

Fuente: Elaboración del autor, a partir de datos obtenidos del MAE Y SIN (1982).



Mapa 35. Cobertura vegetal Cuenca Río Mira 1990
 Fuente: Elaboración del autor, a partir de datos obtenidos del MAGAP-SIN (1990)

Anexo 2. Flora representativa

Ecosistema	Nombre científico
Herbazal de páramo	Agrostis breviculmis
	Calamagrostis intermedia
	Festuca asplundii
	Puya lanata
Arbustal siempre verde y herbazal de páramo	Calamagrostis intermedia
	Chuquiragua jussieui
	Diplostephium rupestre
	Festuca asplundii
	Calamagrostis
Herbazal inundable de páramo	Agrostis boyasensis
	Castilleja fissifolia
	Plantago rigida
Bosque siempre verde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.	Cedrela montana, Ceroxylon parvifrons
	Hieronyma macrocarpa, Miconia theizans,
	Palicourea amethystina, Palicourea spp
Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los valles	Accasia macracnatha, Buddleja bullata,
	Caesalpina spinosa, Leucaena leucocephala,
	Centrum tomentosum, Croton elegans,
Bosque siempre verde piemontano de la Cordillera Occidental de los Andes.	Attalea colenda, Carapa magistocarpa,
	Clarisia racemosa, Eschweilera awaensis,
	Nectandra guararipo, Ocotea gordonifolia.
Bosque siempre verde montano bajo de la cordillera occidental de los Andes	Anthurium ovatifolium, Ceroxylum alpinum
	Socratea exhorrida, Buddleja americana
	Nectandra membranacea, Carapa guianensis

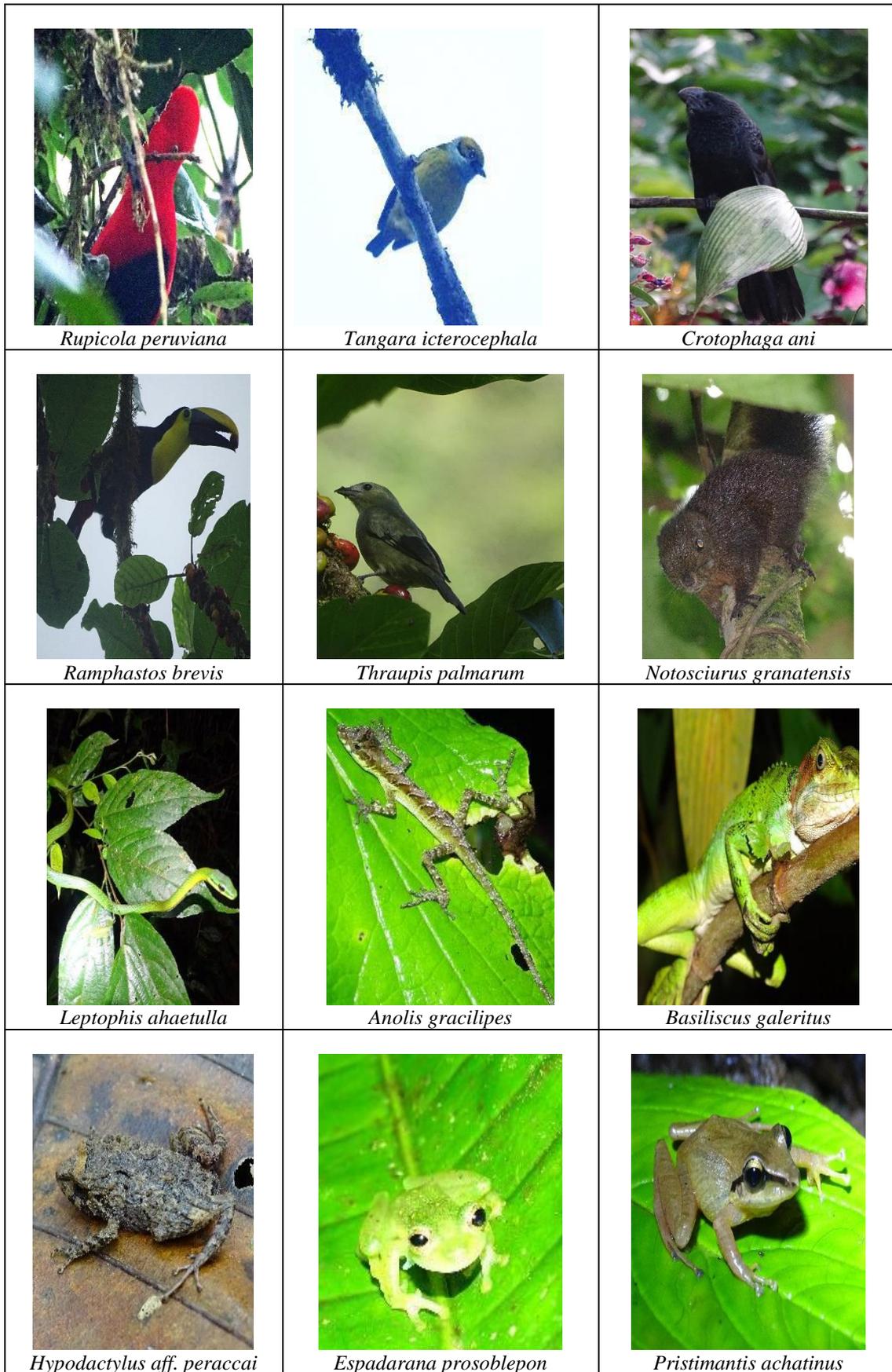


Fotografía 1. Flora representativa parte baja de la cuenca del río Mira

Fuente: (MAE/PNUD/GEF 2017)

Anexo 3 Fauna representativa

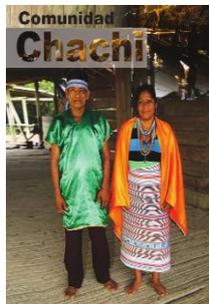
Nombre común	Nombre científico
Oso andino	<i>Tremarctos ornatus</i>
Tapir andino	<i>Tapirus pinchaque</i>
Puma	<i>Puma concolor</i>
Tigrillo	<i>Leopardus tigrinus</i>
Venado de cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>
Venado colorado	<i>Mazama rufina</i>
Lobo de páramo	<i>Lycalopex culpaeus</i>
Cuchucho andino	<i>Nasuella olivacea</i>
Pecarí o Puerco de monte	<i>Pecari tajacu</i>)
Mono araña de cabeza café	<i>Ateles fusciceps</i>
Mono aullador negro	<i>Alouatta palliata</i>
Guanta andina	<i>Cuniculus taczanowski</i>
Guatusa	<i>Dasyprocta punctata</i>
Oso hormiguero	(<i>Tamandua mexicana</i>)
Armadillo de nueve bandas	<i>Dasypus novemcintus</i>
Zorrillo	<i>Conepatus semistriatus</i>
Cóndor andino	<i>Vultur gryphus</i>
Garceta bueyera	<i>Bubulcus ibis</i>
Cormorán neotropical	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>
Cutín	<i>Isodactylus brunneus</i>
Rana jambato del pacífico	<i>Atelopus elegans</i>
Equis manchada	<i>Bothrops punctatus</i>
Tortuga	<i>Kinosternon melanosterna</i>



Fotografía 2. Flora representativa parte baja de la cuenca del río Mira
Fuente: (MAE/PNUD/GEF 2017)

Anexo 4 Comunidades y territorios colectivos presentes en la cuenca del río Mira

Nacionalidad chachi



Fotografía 3 . Comunidad Chachi

Fuente: “Etnias del Mundo” <https://images.app.goo.gl/hcj8PEKMxnsT6FAK7>

Chachi significa “persona” en su lengua nativa es el cha Palaa es un pueblo originario de los Andes que emigro a la costa en el tiempo de los incas se conocen comúnmente como Cayapas. La nacionalidad tiene una economía que se basa en la agricultura (producción de maíz, plátano, yuca, café y cacao). Los jóvenes se dedican a la caza y pesca principalmente. Se encuentran localizados en la zona de selva de la provincia de Esmeraldas y tiene una población de 12.000 habitantes asentados especialmente en la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas y en la Reserva Ecológica Mache-Chindul (Carrasco 1983).

Nacionalidad pueblo Épera



Fotografía 4 Comunidad Pueblo Épera

Fuente: (Condepe 2010).

Épera significa “pueblo originario de la caña brava”, la lengua nativa es el siapedee. La nacionalidad Épera se ubica en la parte norte de la provincia de Esmeraldas, se conforma de seis comunidades. En el año 1964, migraron del Choco colombiano en busca de trabajo. La organización social está basada en la familia y la comunidad está representada por un gobernador de cabildo La base de la organización se constituye de

familias ampliadas de hasta 25 personas. En la actualidad existe un Estatuto jurídico de la nacionalidad, que norma la vida política y jurídica (Conaie 2014). “Las viviendas (palafitos) son construidas con materiales del medio natural, los cultivos principales son yuca, plátano, maíz, arroz y malanga; también se dedican a la pesca” (Gomez, Gallego y Naranjo 2017).

Nacionalidad Awa



Fotografía 5 Comunidad Awa

Fuente: (Mora Pedreros 2012, 17).

La mayor parte del pueblo está dedicado a la recolección de productos silvestres, pesca y caza, lo que genera mucho desempleo (Mora Pedreros 2012). En Carchi se encuentran ubicados en; Gualpí Medio, Gualpí Alto, Gualpí Bajo, Baboso, San Marcos, Tarabita, Gauré, La Guaña, Ojalá, Ispi, Sabalera, San Marcos, Pailón y Río Verde; así como también en las parroquias de Tobar Donoso y Maldonado del Cantón Tulcán. El territorio Awa, fue declarado como “Reserva Étnica y Forestal” es hábitat de una inmensa variedad de flora y fauna, considerada como refugio ecológico de especies endémicas.

Población afroecuatoriana



Fotografía 6 Comunidad afroecuatoriana

Fuente: Agencia EFE

Los afroecuatorianos son una población nacida en Ecuador descendiente de esclavos africanos, en la actualidad constituyen cerca del 5 % de la población del Ecuador. La cultura y costumbres de las comunidades mantienen algunas características africanas (Fernandes 2019). Dentro de la cuenca la población afrodescendiente habita en las provincias de Esmeraldas y entre Carchi e Imbabura (Valle del Chota). Se dedican principalmente a la agricultura en las vegas de los ríos (productos como: maíz, yuca, plátano, entre otros), para autoconsumo y venta. Utilizan las plantas de los bosques para uso medicinal, alimento y artesanías. En los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo existen 9 palenques, con comunidades dispersas sobre 110.000 has. En la provincia de Imbabura y Carchi las tierras se utilizan principalmente para el cultivo de caña de azúcar, como principal manifestación cultural tiene la música y su destreza para tocar y bailar con instrumentos muy rudimentarios y ancestrales (Gomez, Gallego y Naranjo 2017).

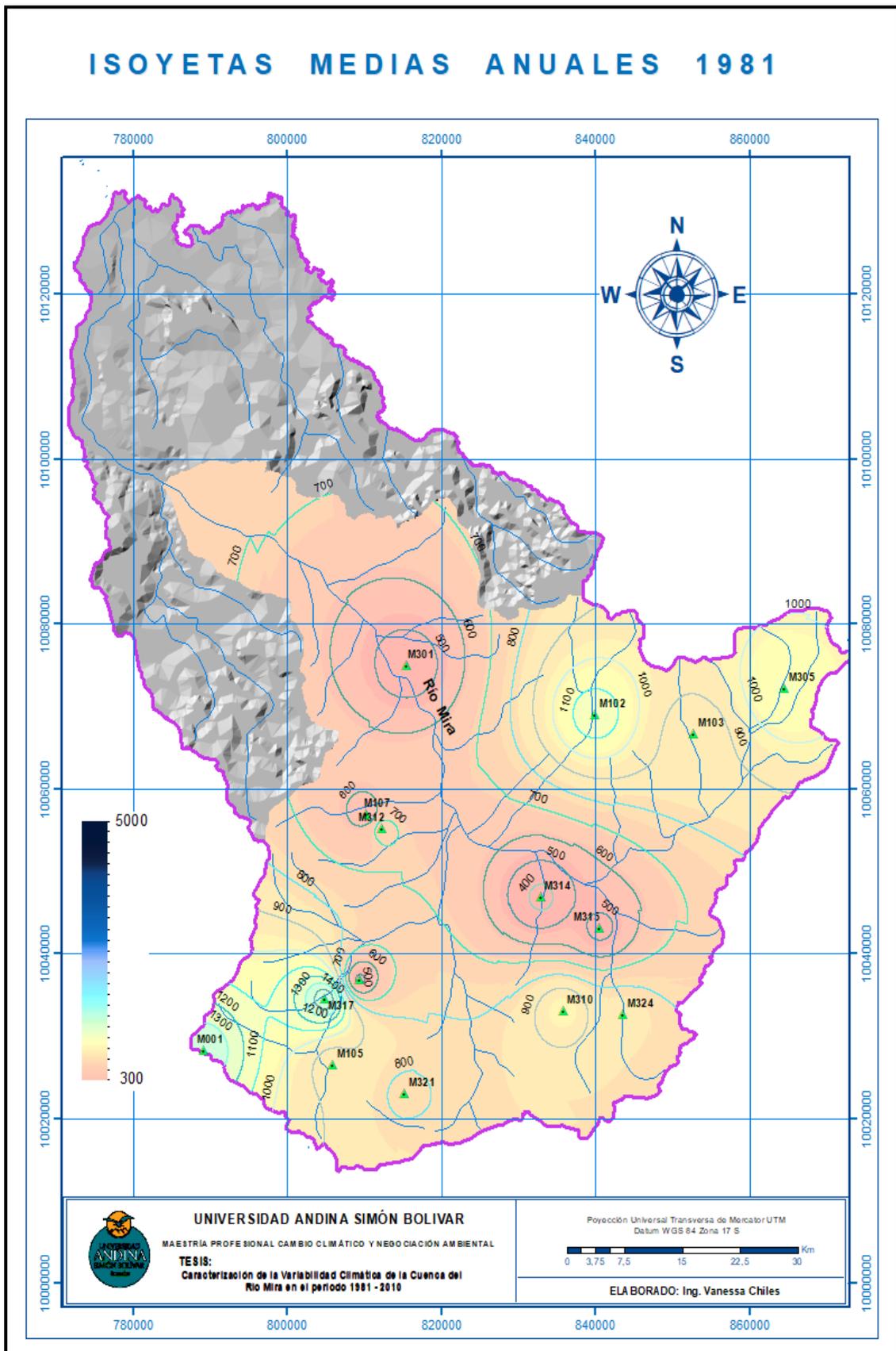
Nacionalidad Kichwa



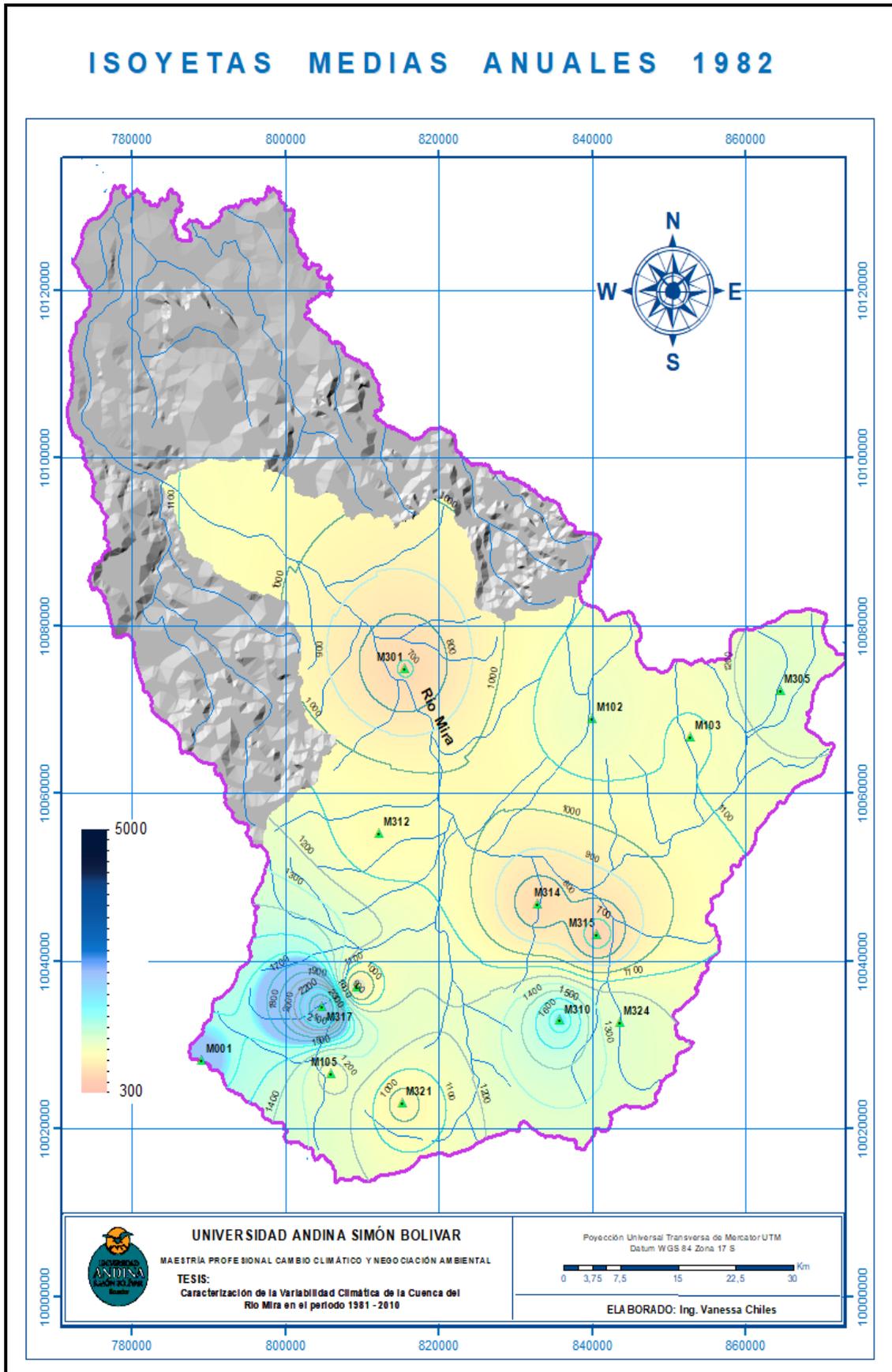
Fotografía 7 Nacionalidad kichua
Fuente y Elaboración de la autora

Esta nacionalidad se encuentra asentada a lo largo de la sierra ecuatoriana, en la cuenca del río Mira se encuentra principalmente en los cantones Otavalo y Cotacachi en la provincia de Imbabura. Su alimentación tradicional se basa en el mote, maíz, tubérculos como papa y melloco. Este pueblo es eminentemente comercial y artesanal, debido a su forma de producción y mercado, migran y ajan frecuentemente a otros países (Gomez, Gallego y Naranjo 2017).

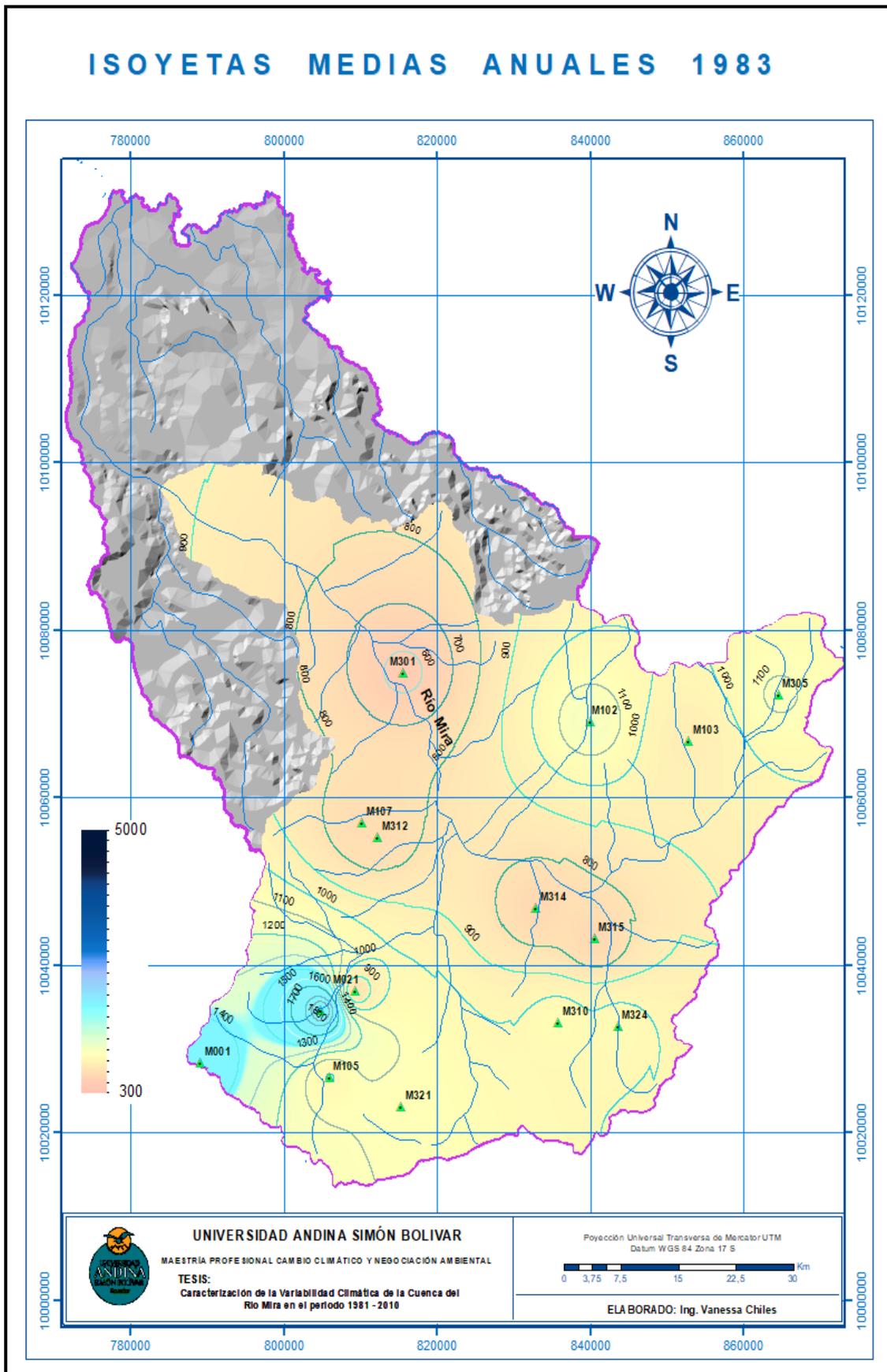
Anexo 5. Isoyetas



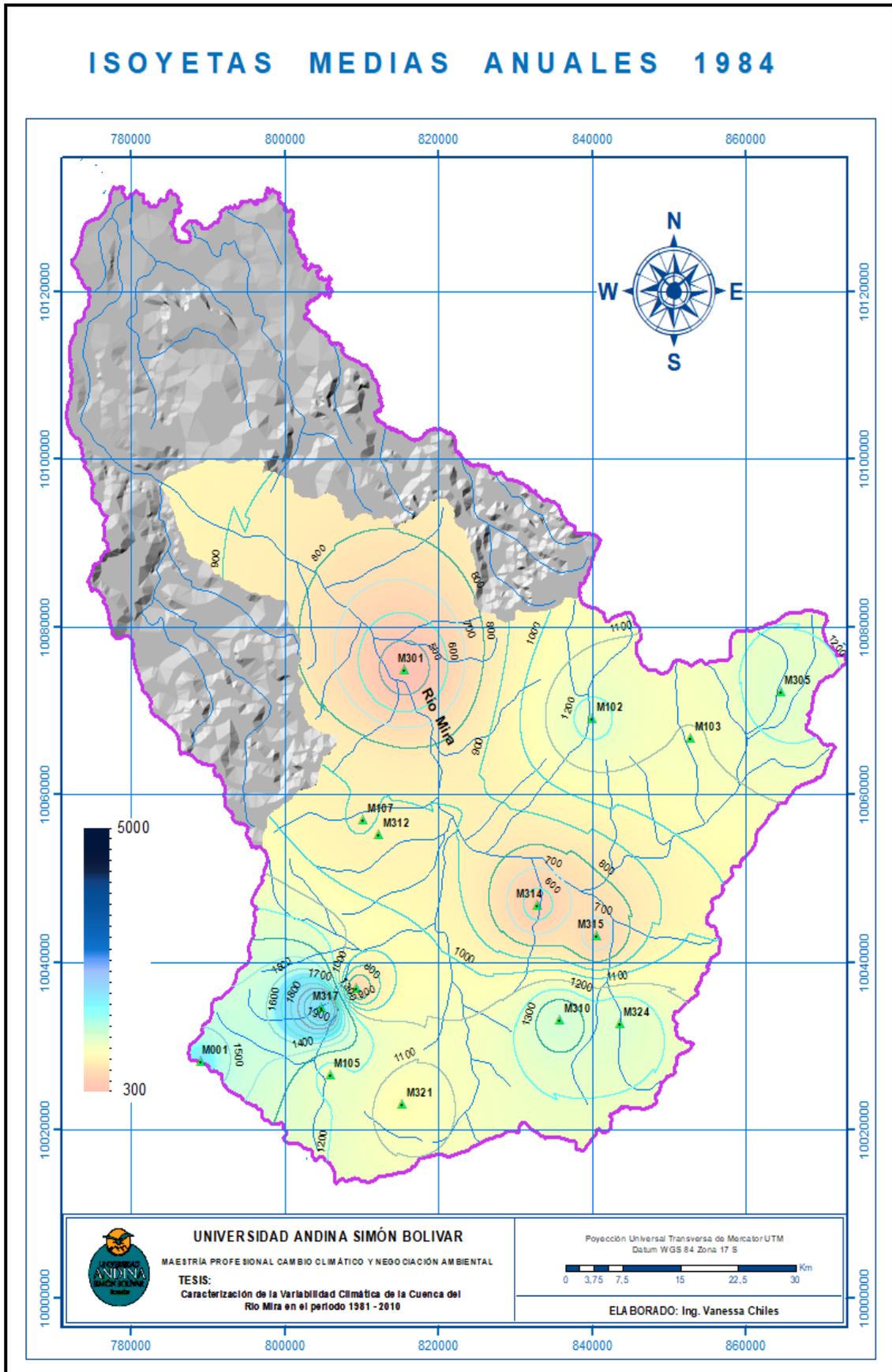
Mapa 36. Isoyetas medias anuales 1981
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



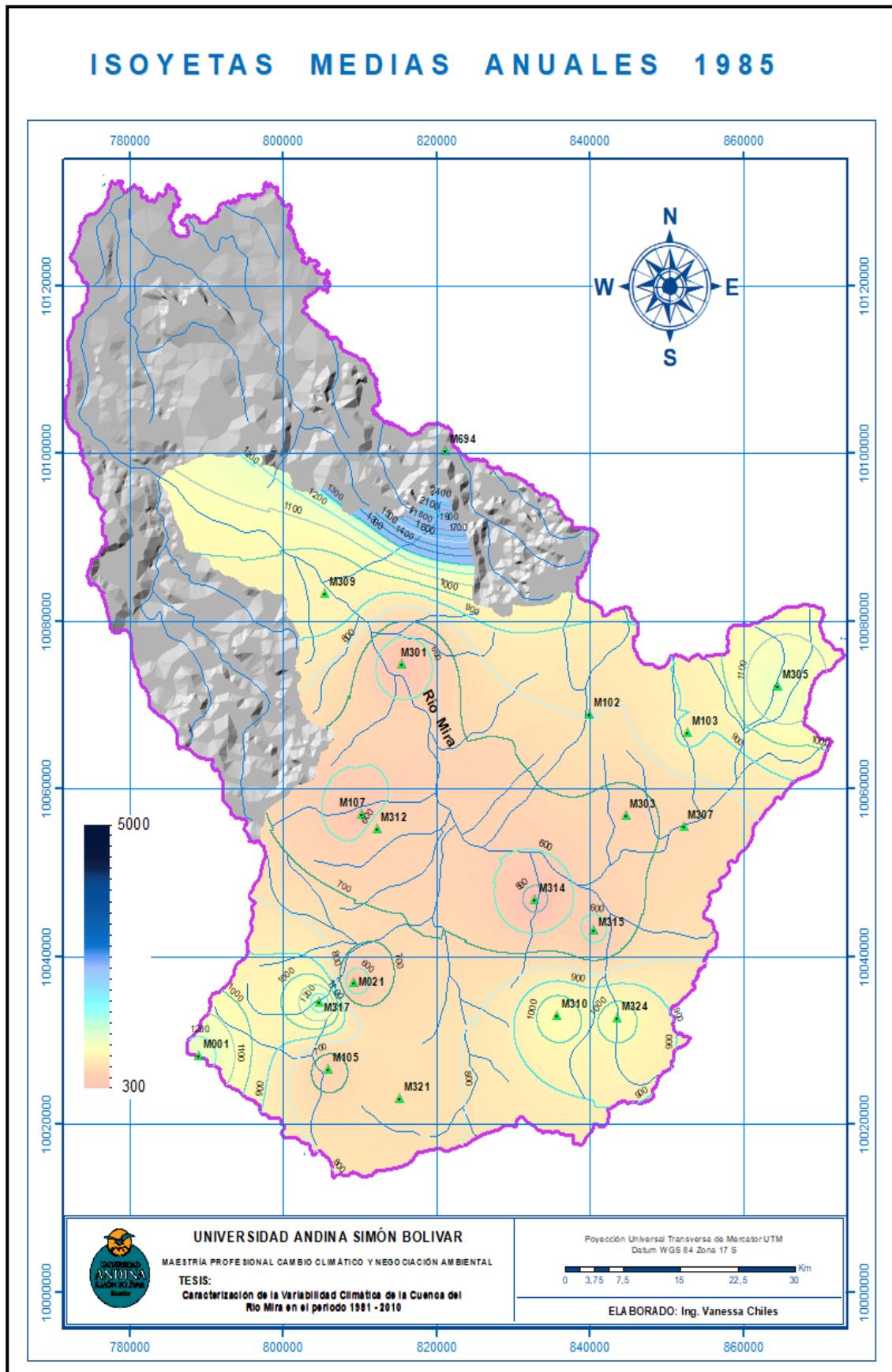
Mapa 37. Isoyetas medias anuales 1982
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 38. Isoyetas medias anuales 1983
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi

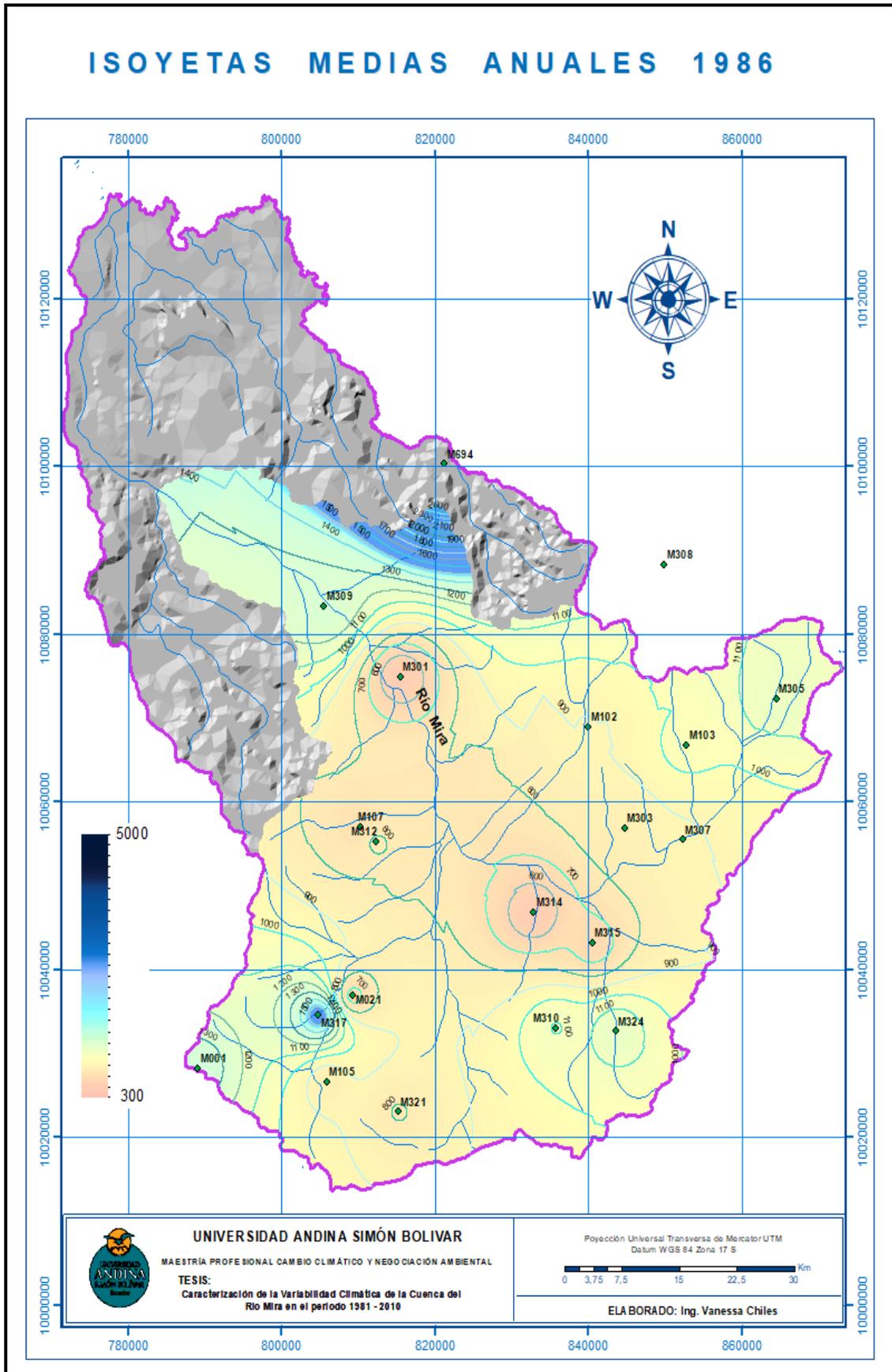


Mapa 39. Isoyetas medias anuales 1984.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

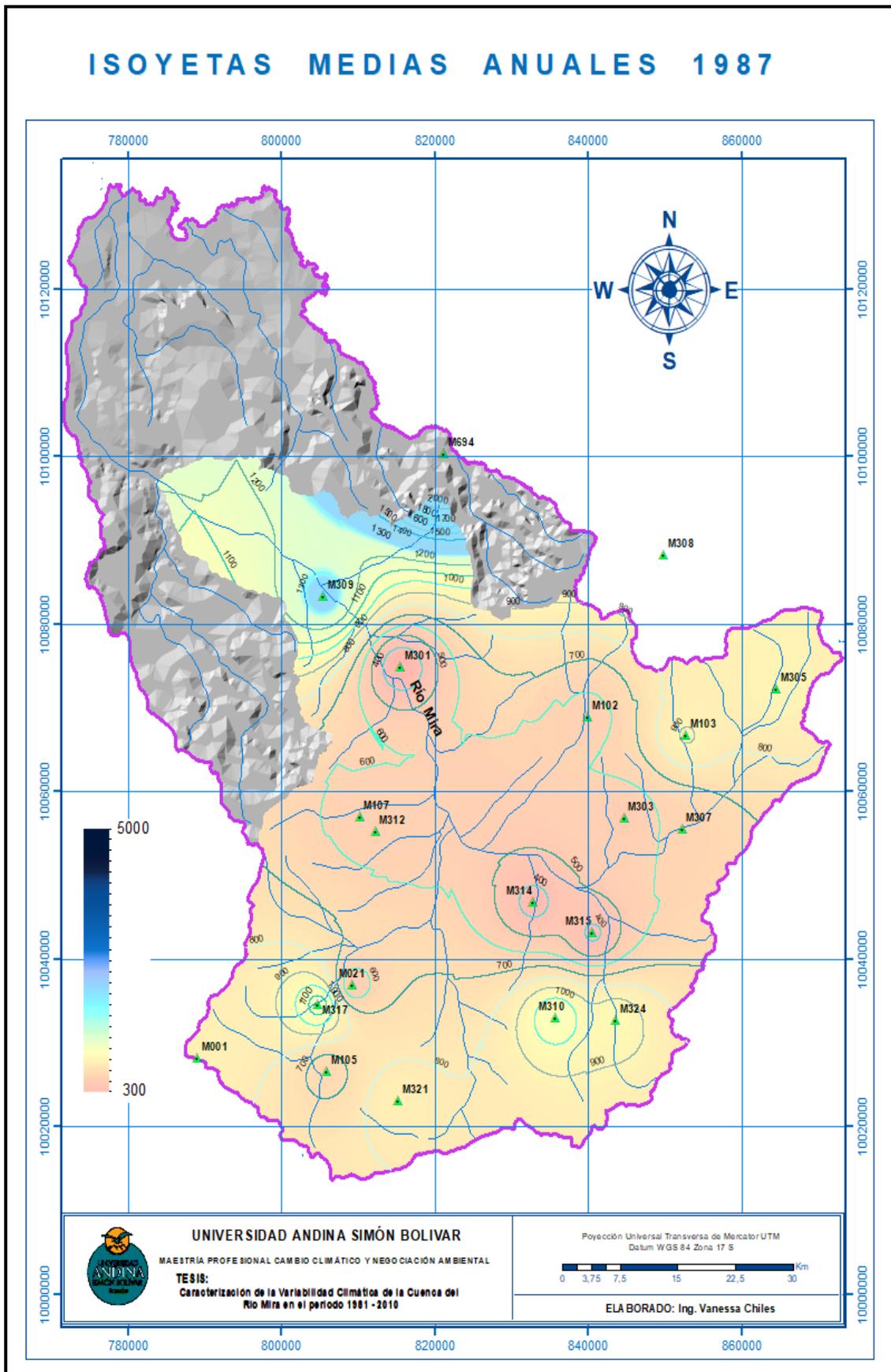


Mapa 40. Isoyetas medias anuales 1985.

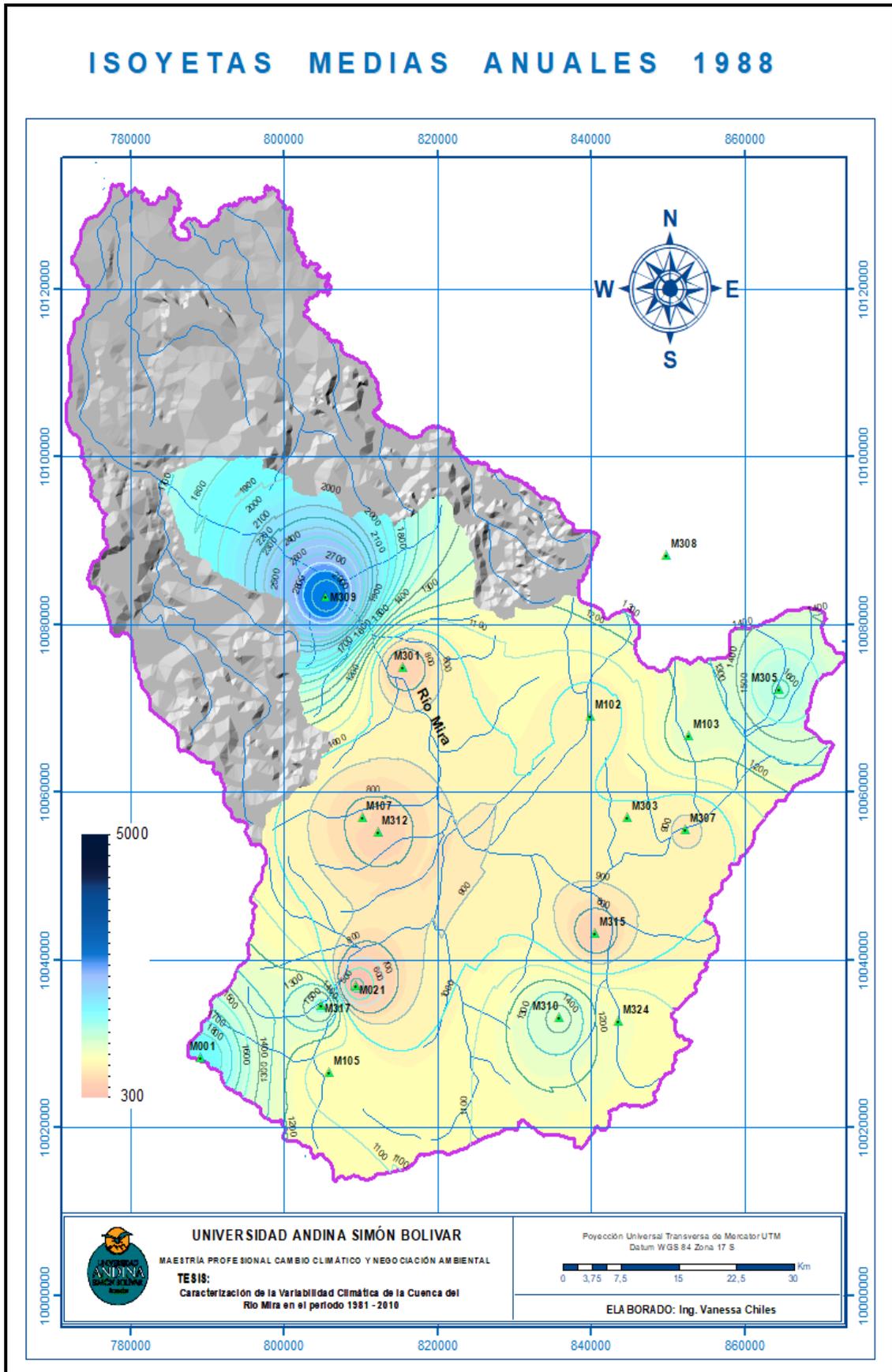
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



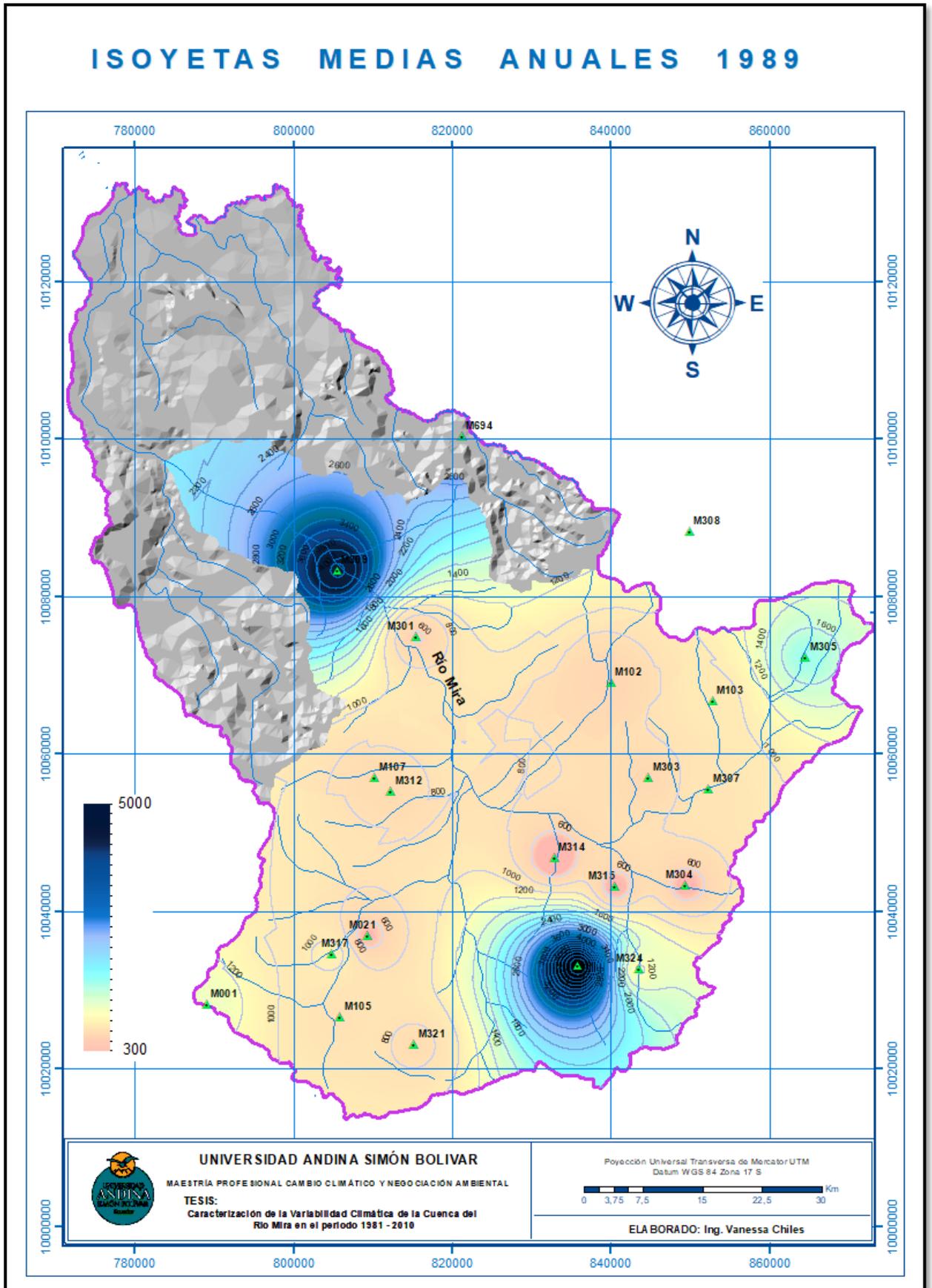
Mapa 41. Isoyetas medias anuales 1986.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



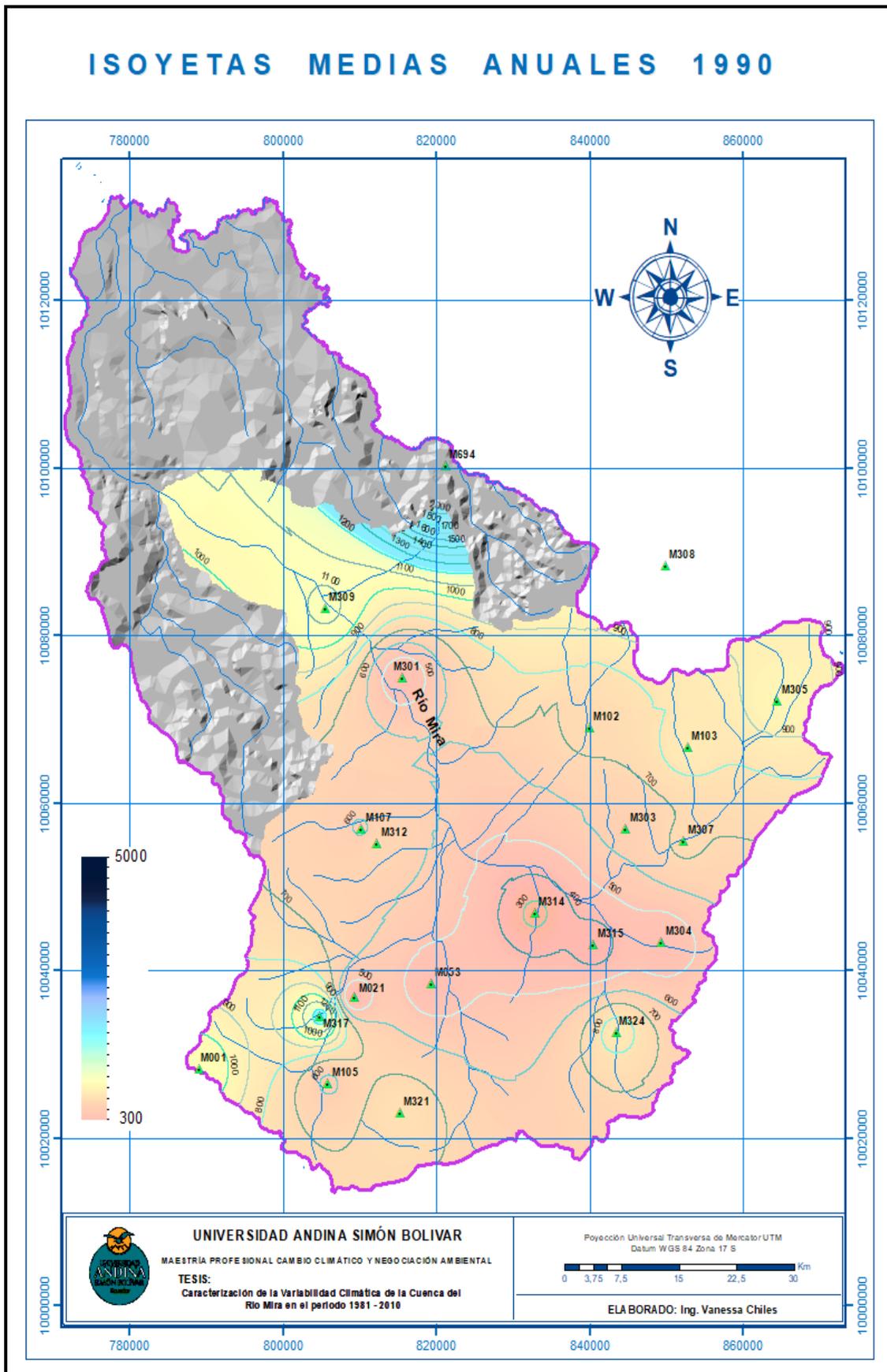
Mapa 42. Isoyetas medias anuales 1987.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



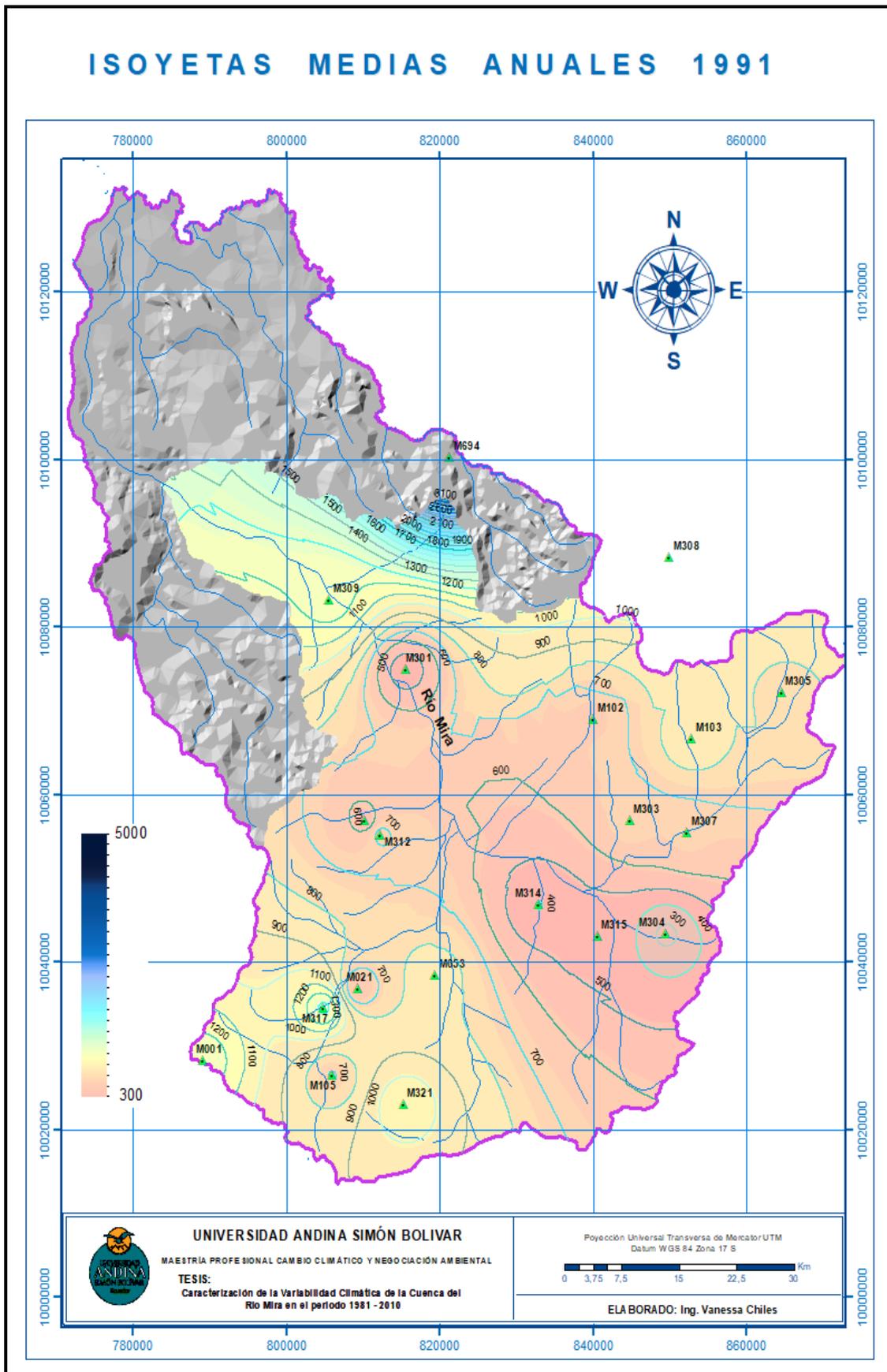
Mapa 43. Isoyetas medias anuales 1988.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



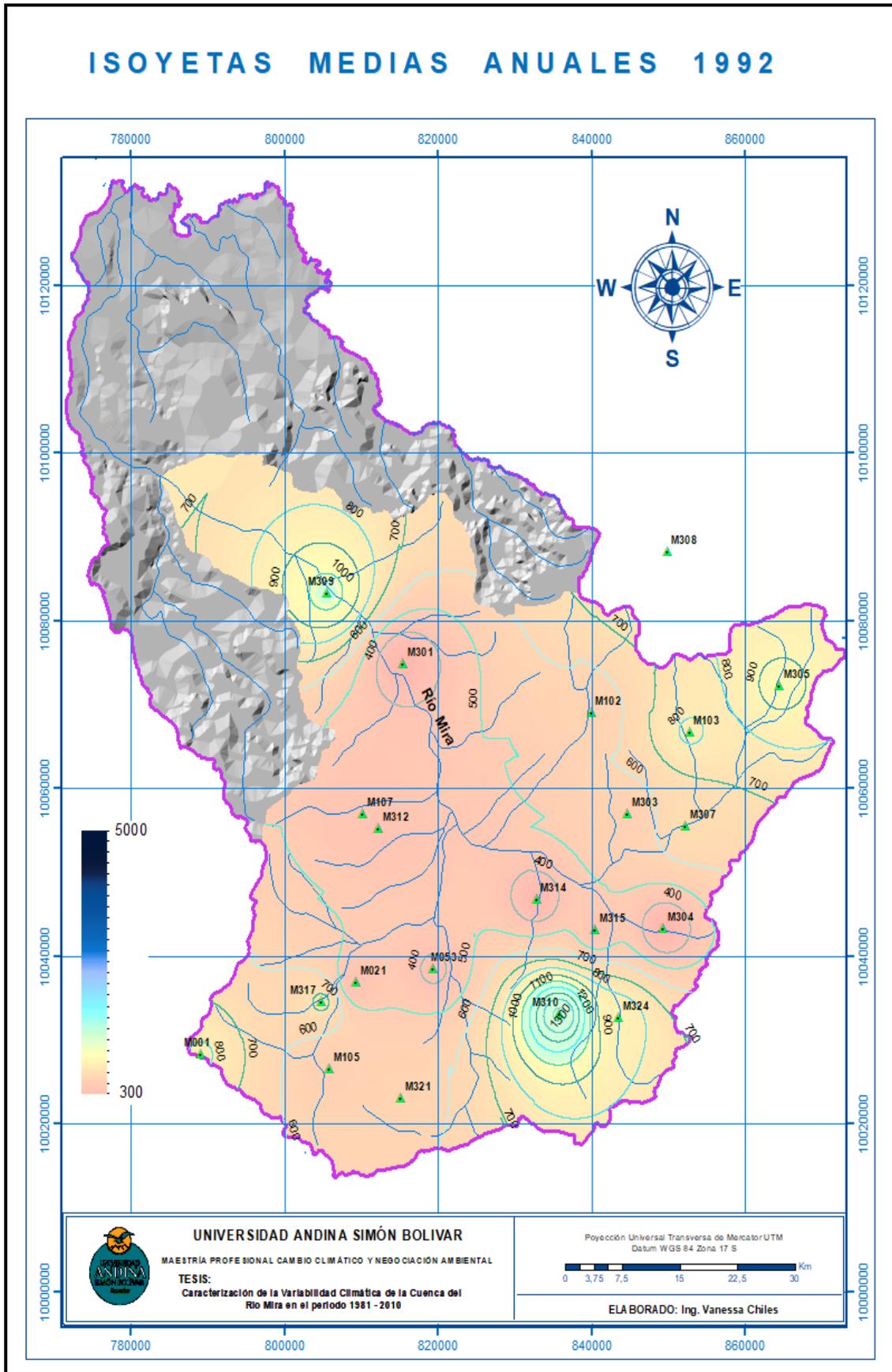
Mapa 44. Isoyetas medias anuales 1989.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



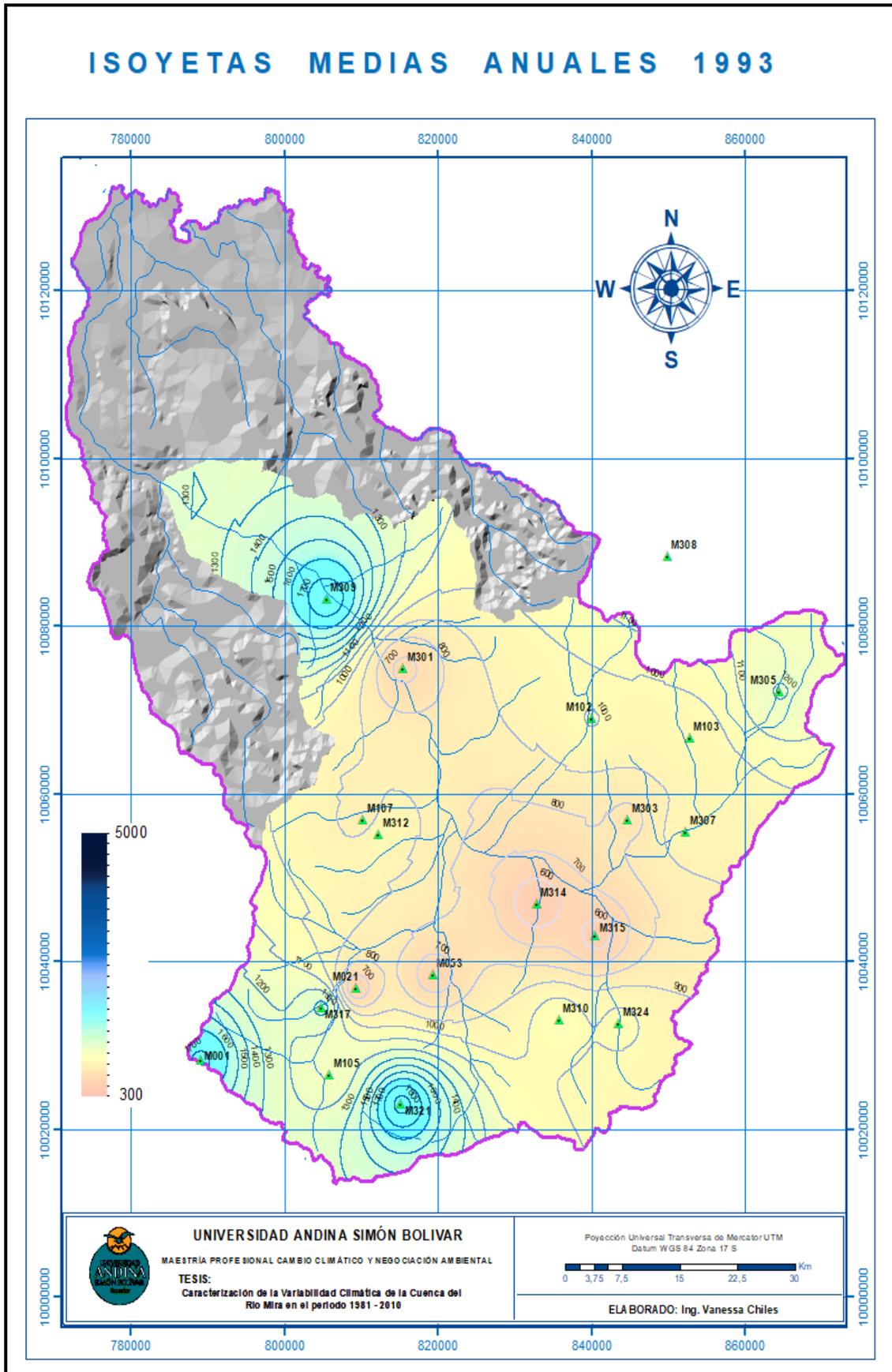
Mapa 45. Isoyetas medias anuales 1990.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



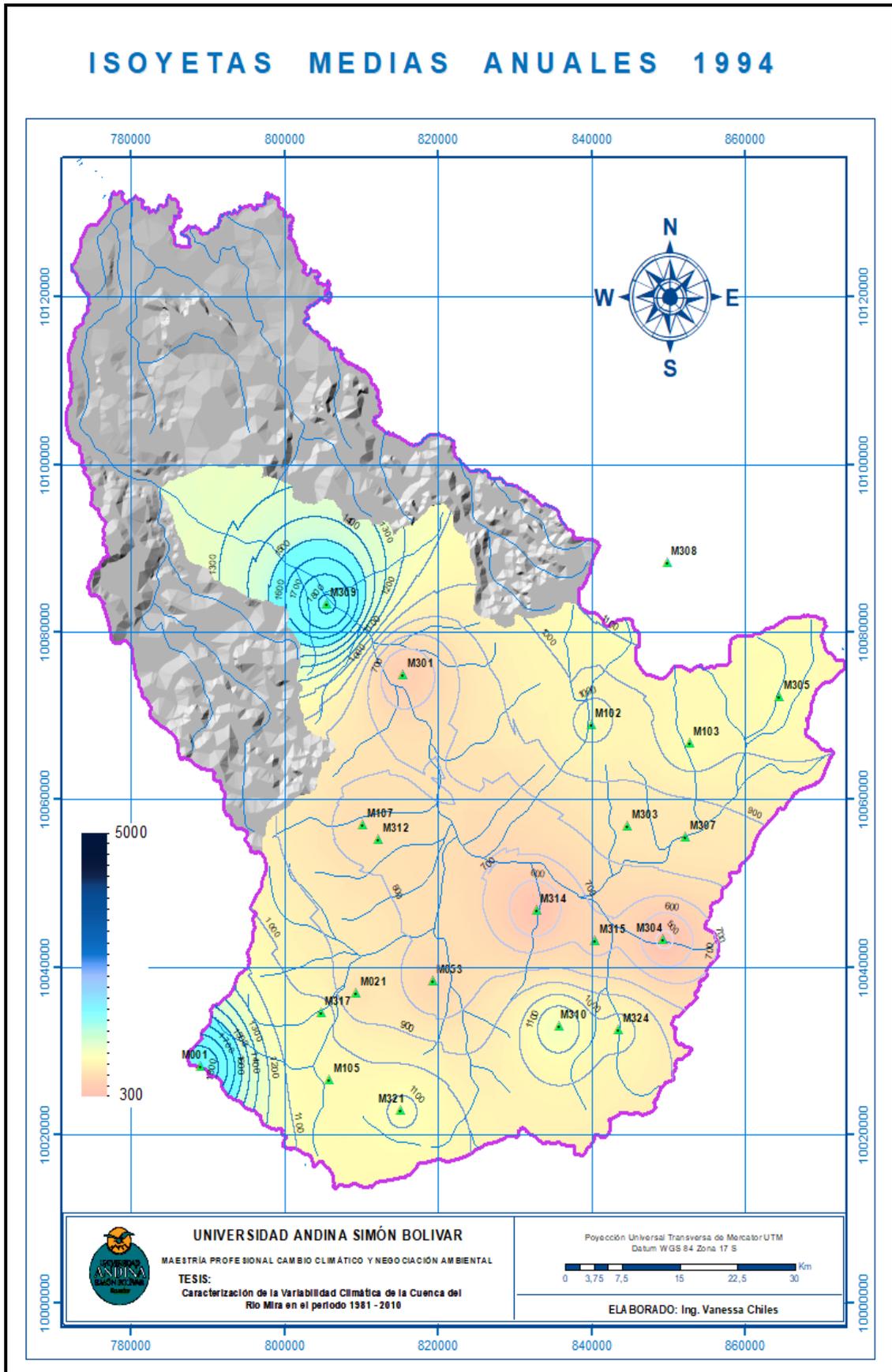
Mapa 46. Isoyetas medias anuales 1991.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



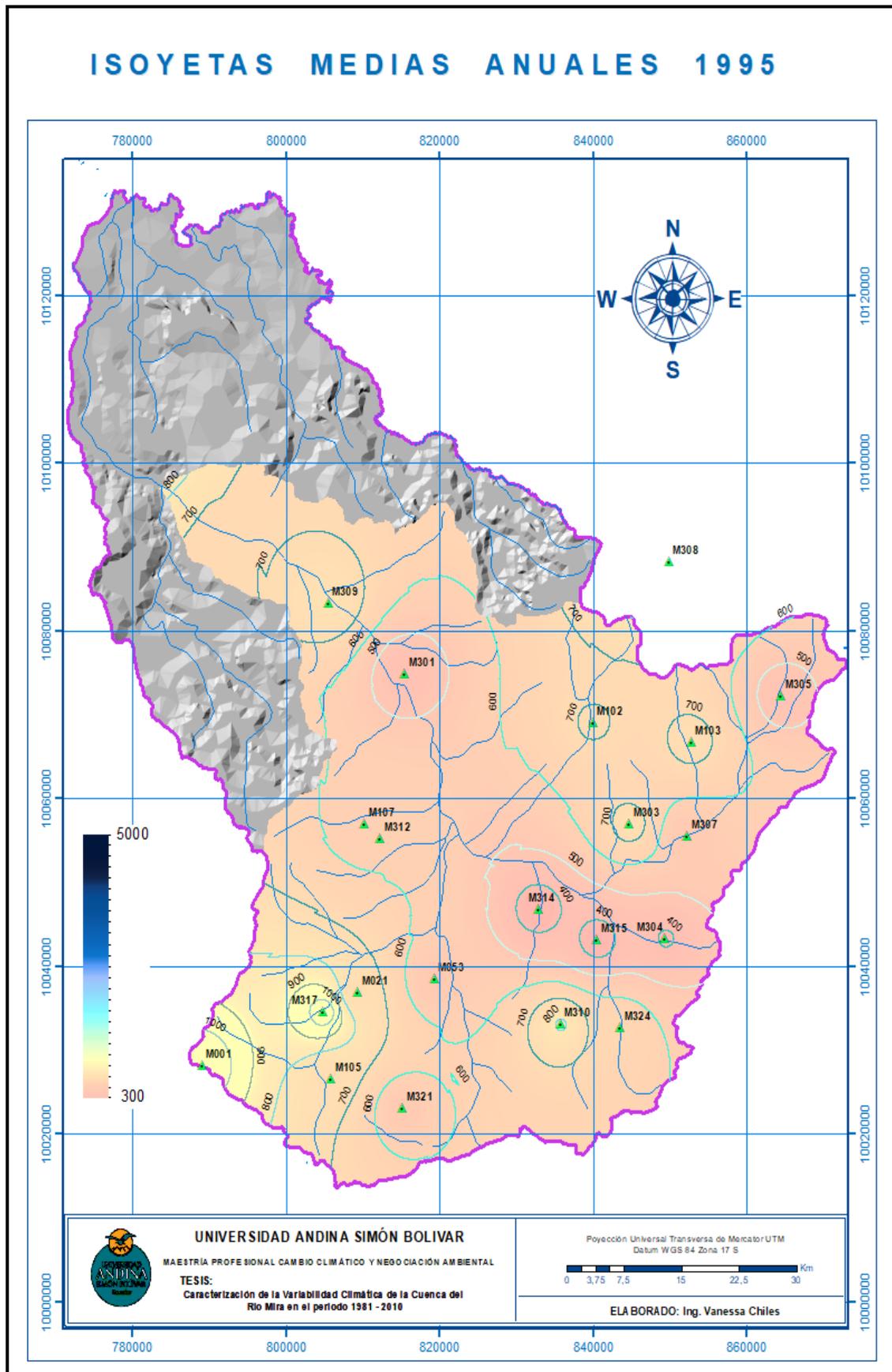
Mapa 47. Isoyetas medias anuales 1992.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 48. Isoyetas medias anuales 1993.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

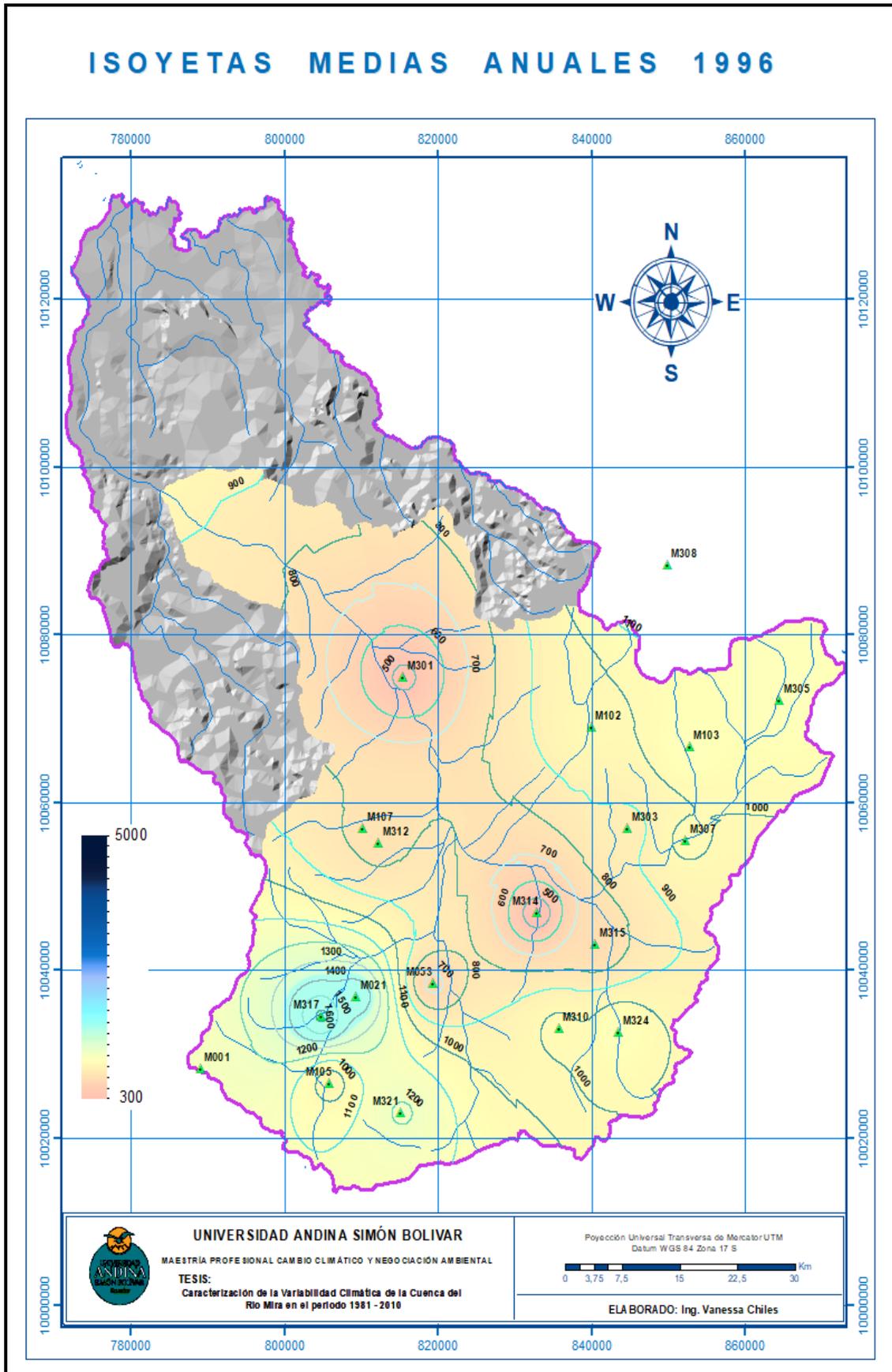


Mapa 49. Isoyetas medias anuales 1994.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

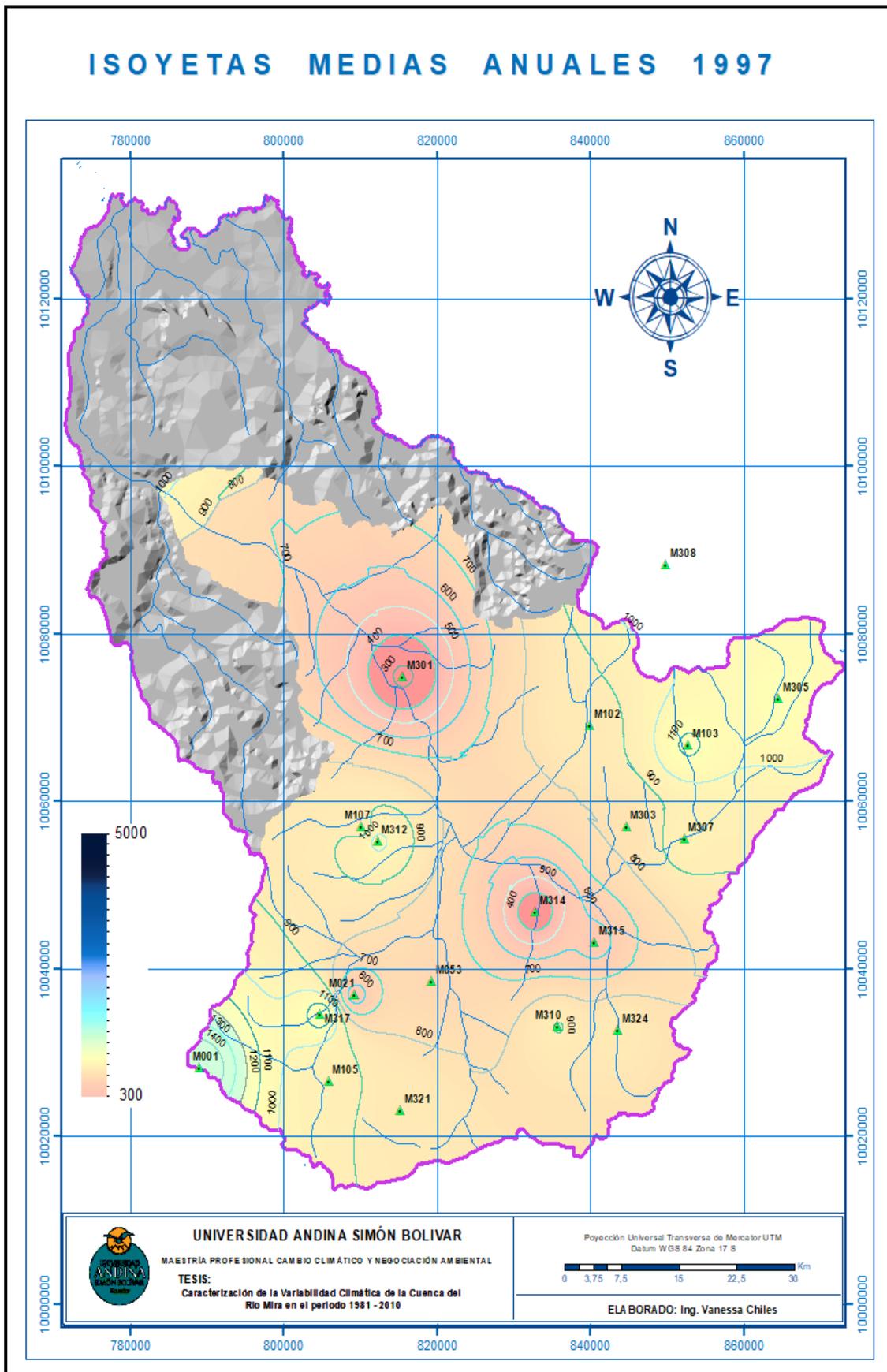


Mapa 50. Isoyetas medias anuales 1995.

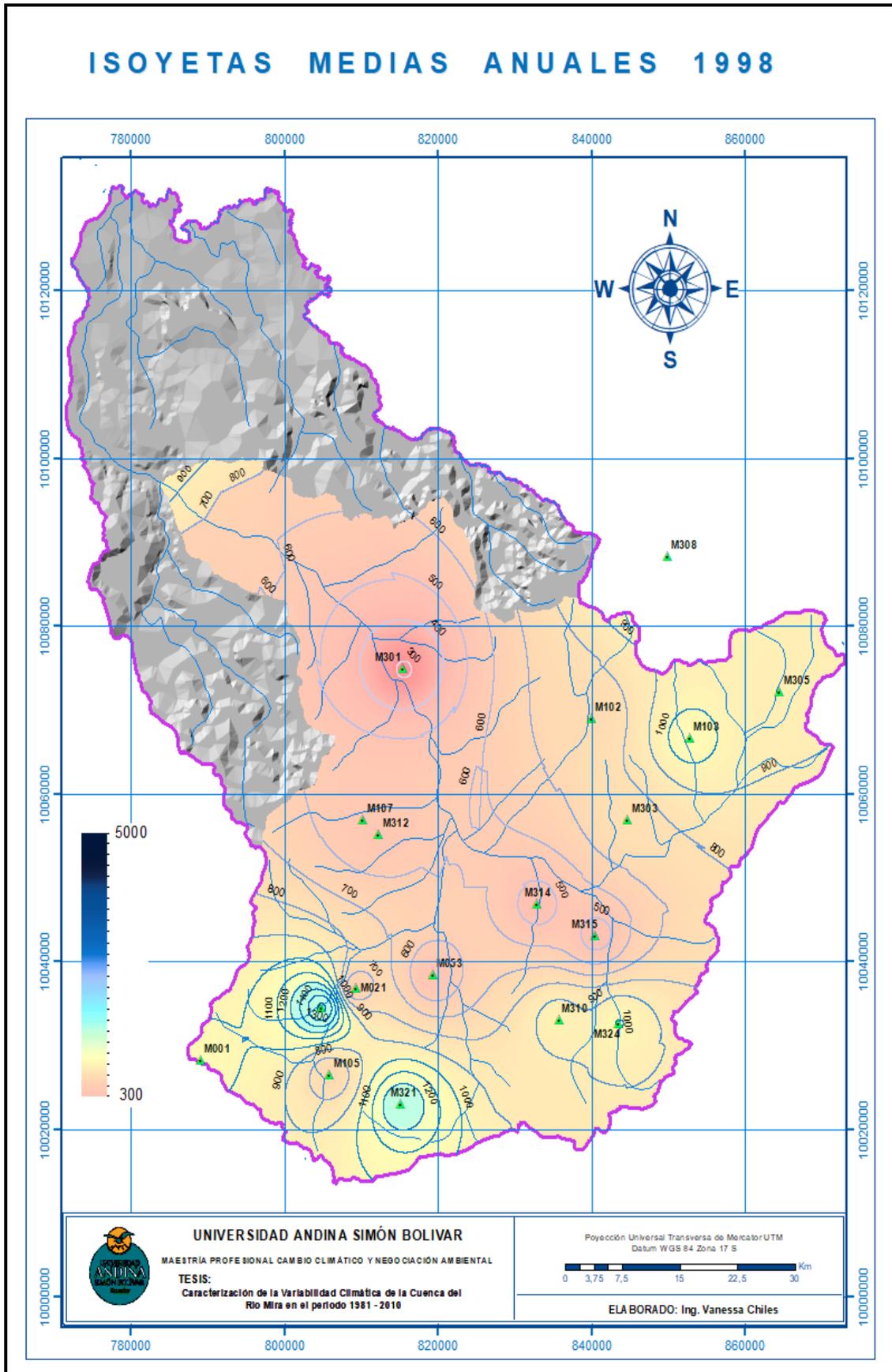
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



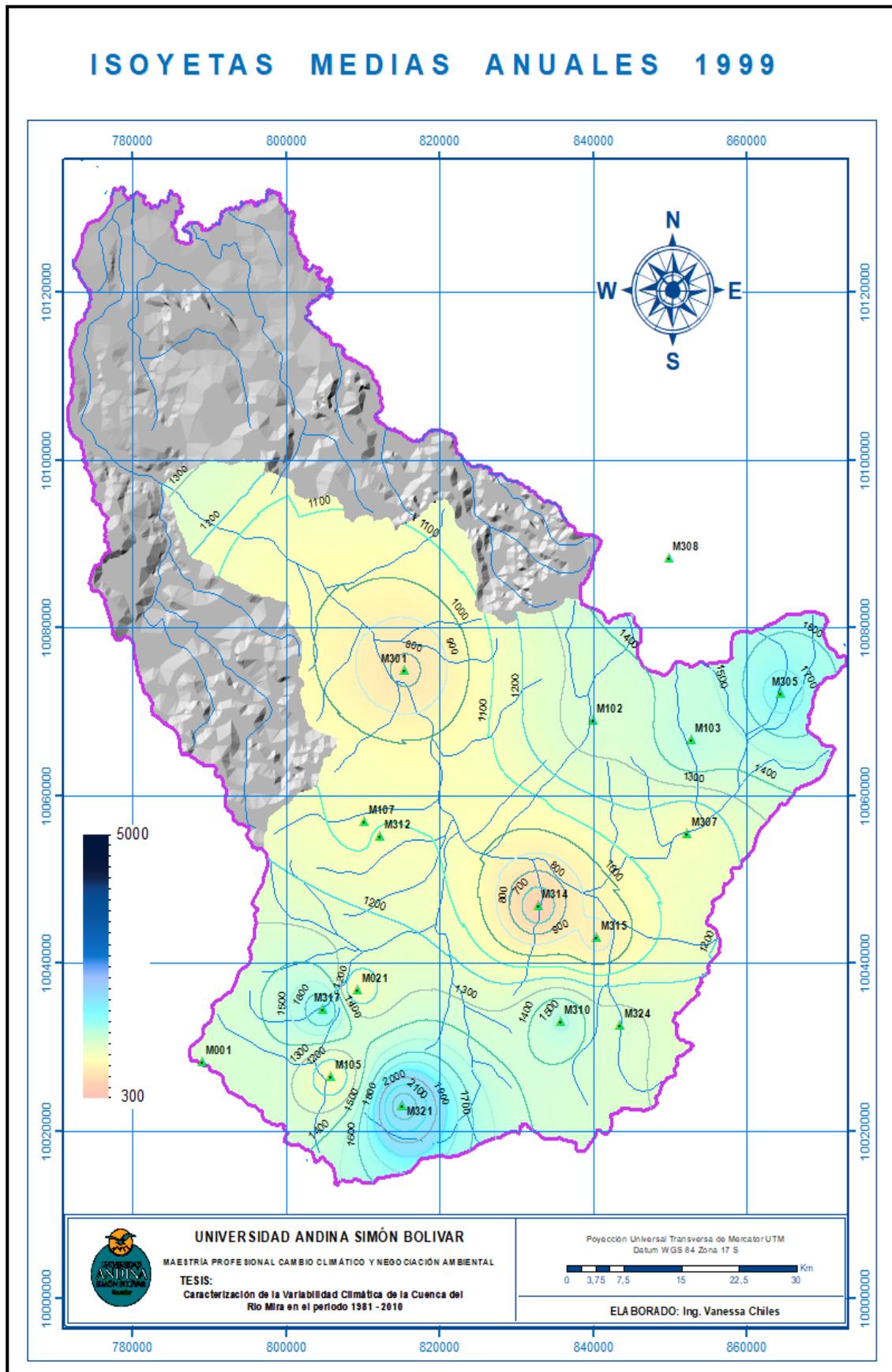
Mapa 51. Isoyetas medias anuales 1996.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 52. Isoyetas medias anuales 1997.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

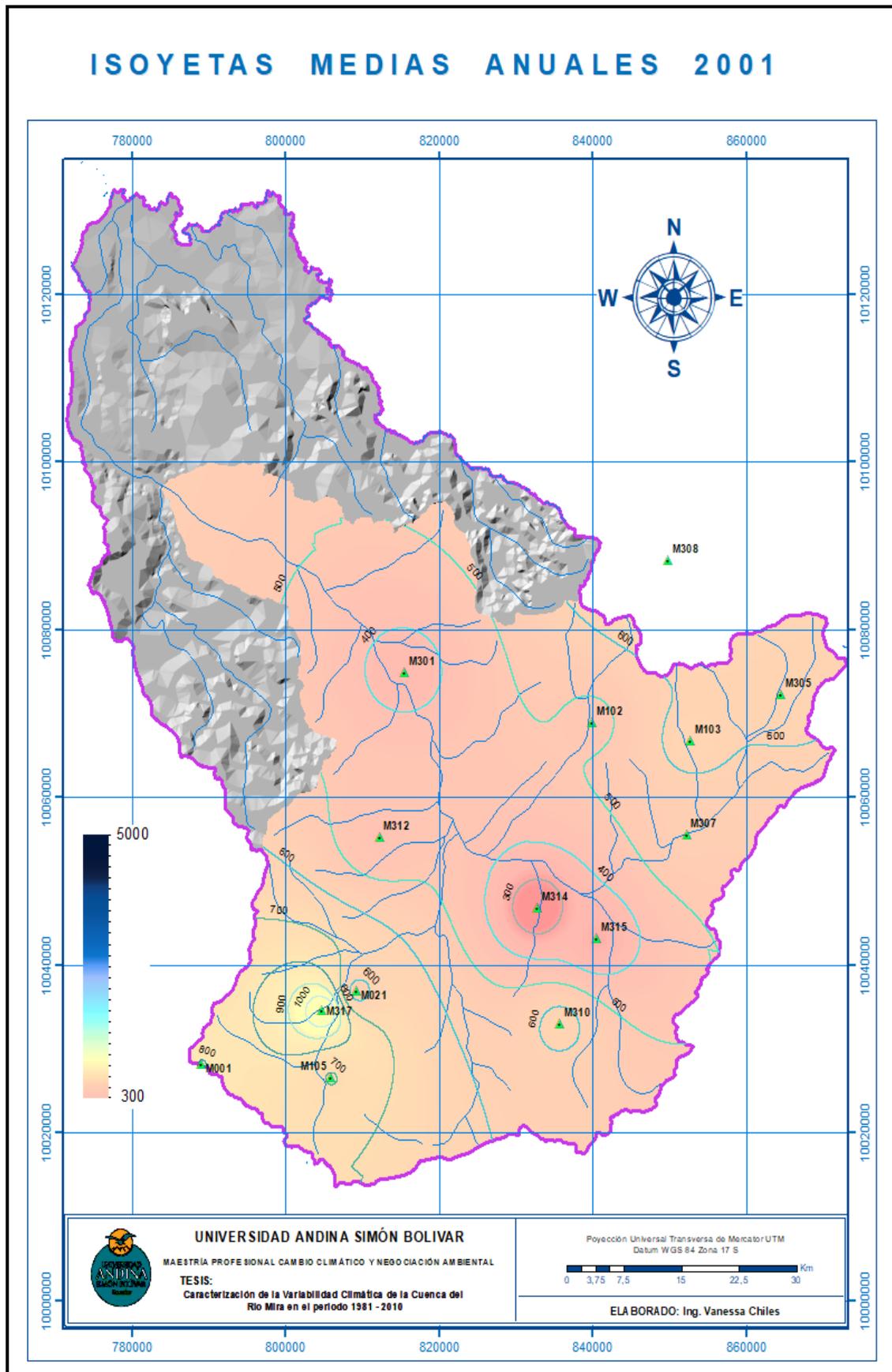


Mapa 53. Isoyetas medias anuales 1998.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



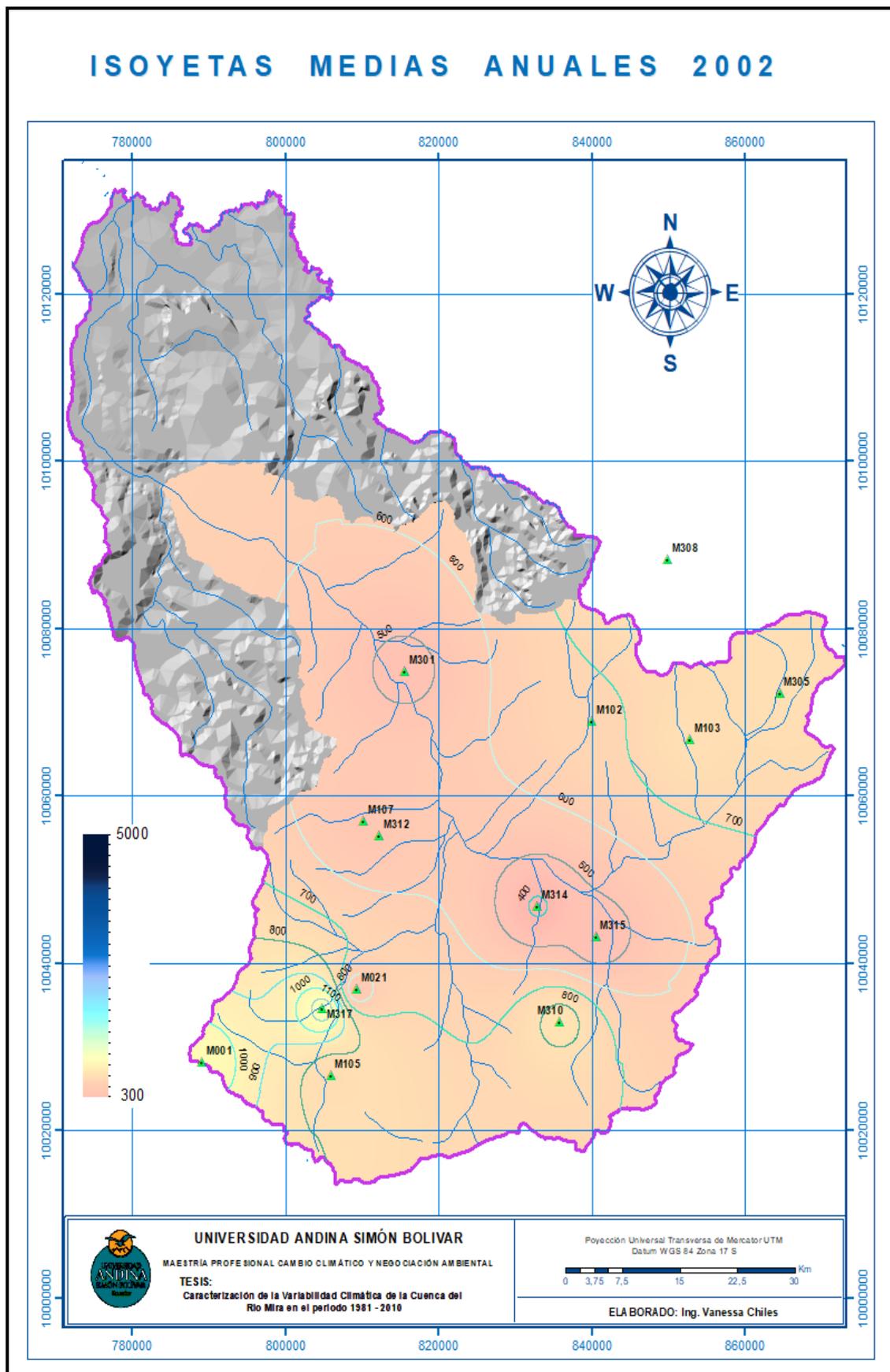
Mapa 54. Isoyetas medias anuales 1999.

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



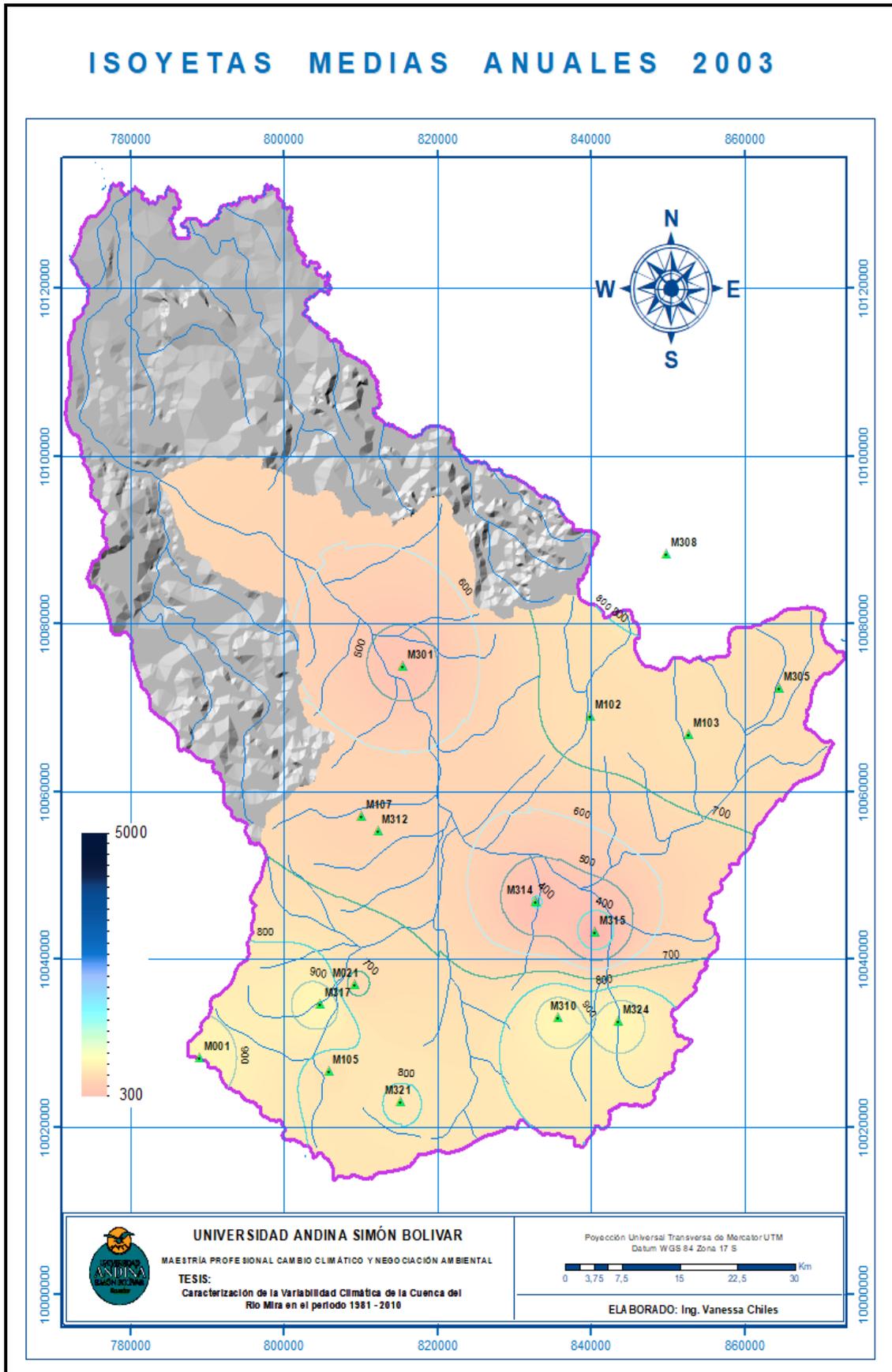
Mapa 56. Isoyetas medias anuales 2001.

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

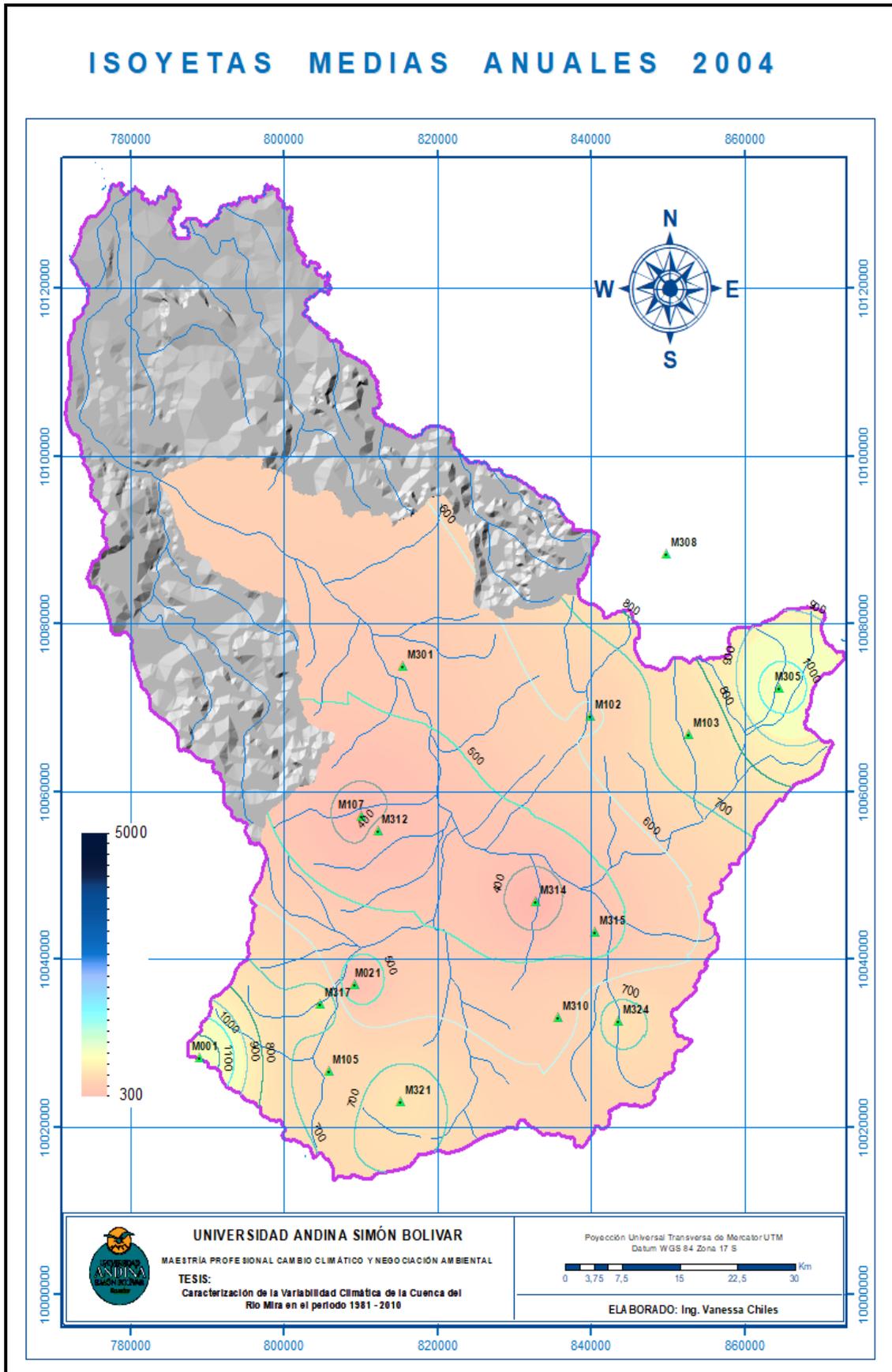


Mapa 57. Isoyetas medias anuales 2002.

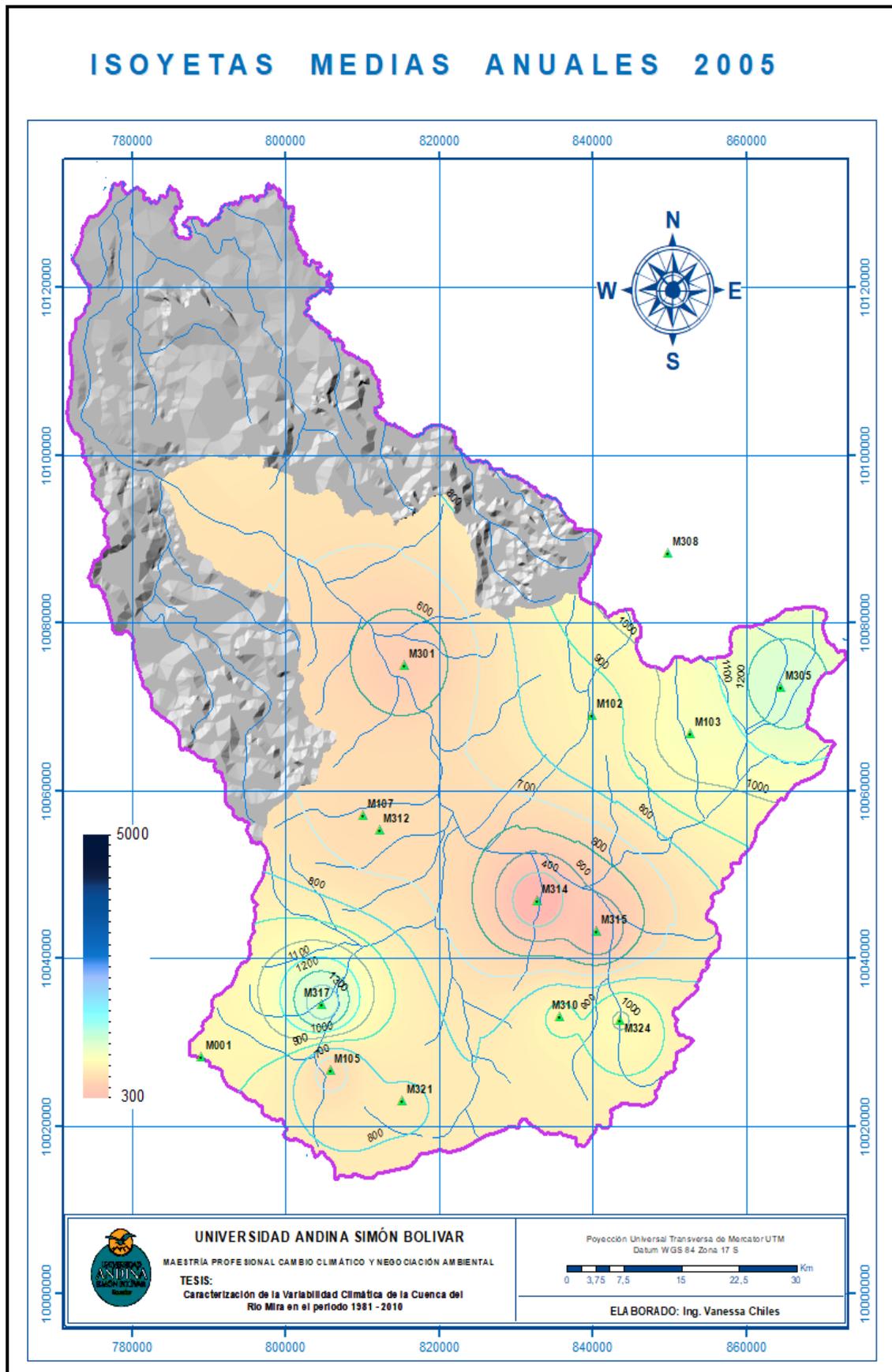
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 58. Isoyetas medias anuales 2003.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

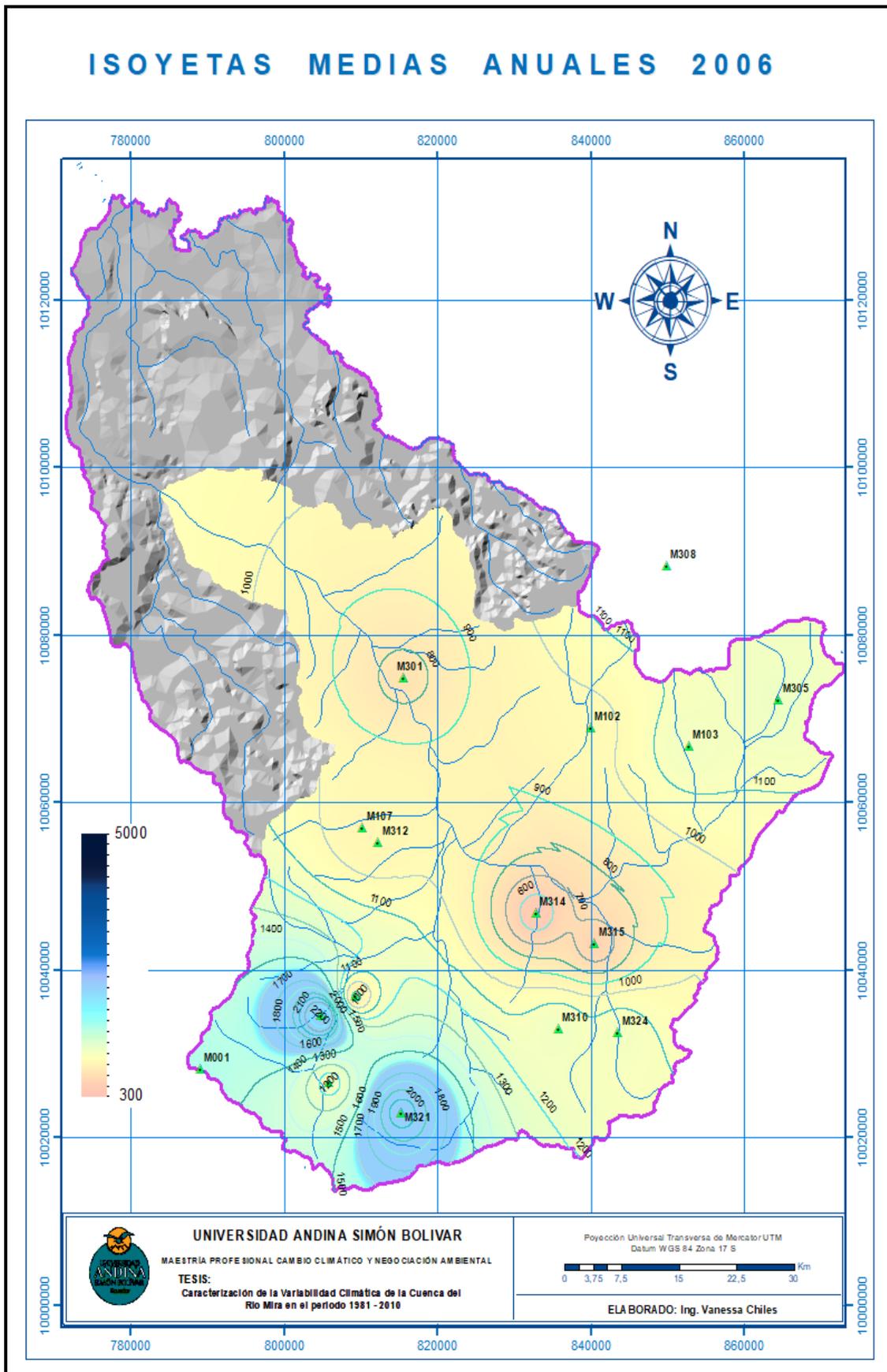


Mapa 59. Isoyetas medias anuales 2004.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

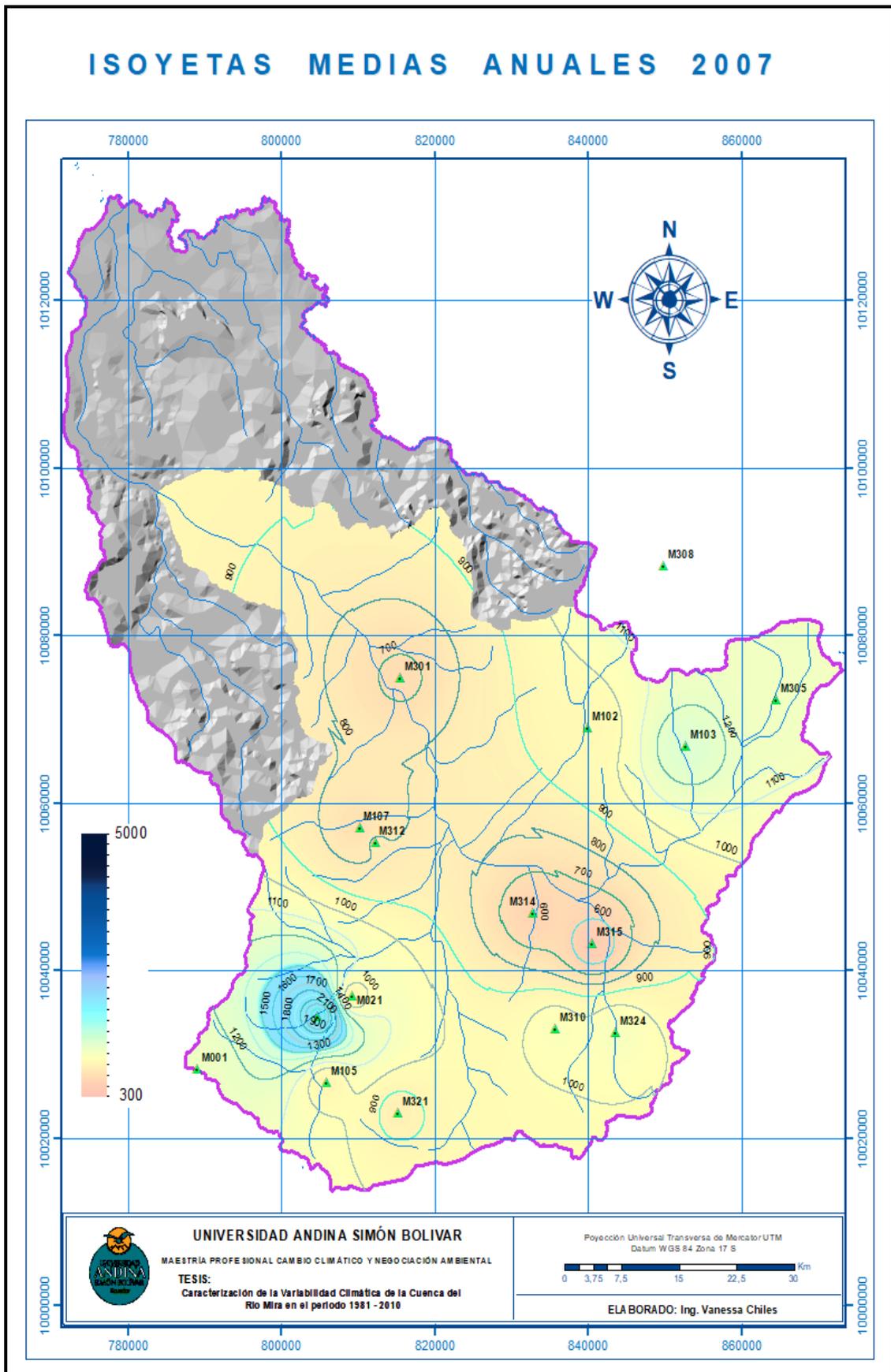


Mapa 60. Isoyetas medias anuales 2005.

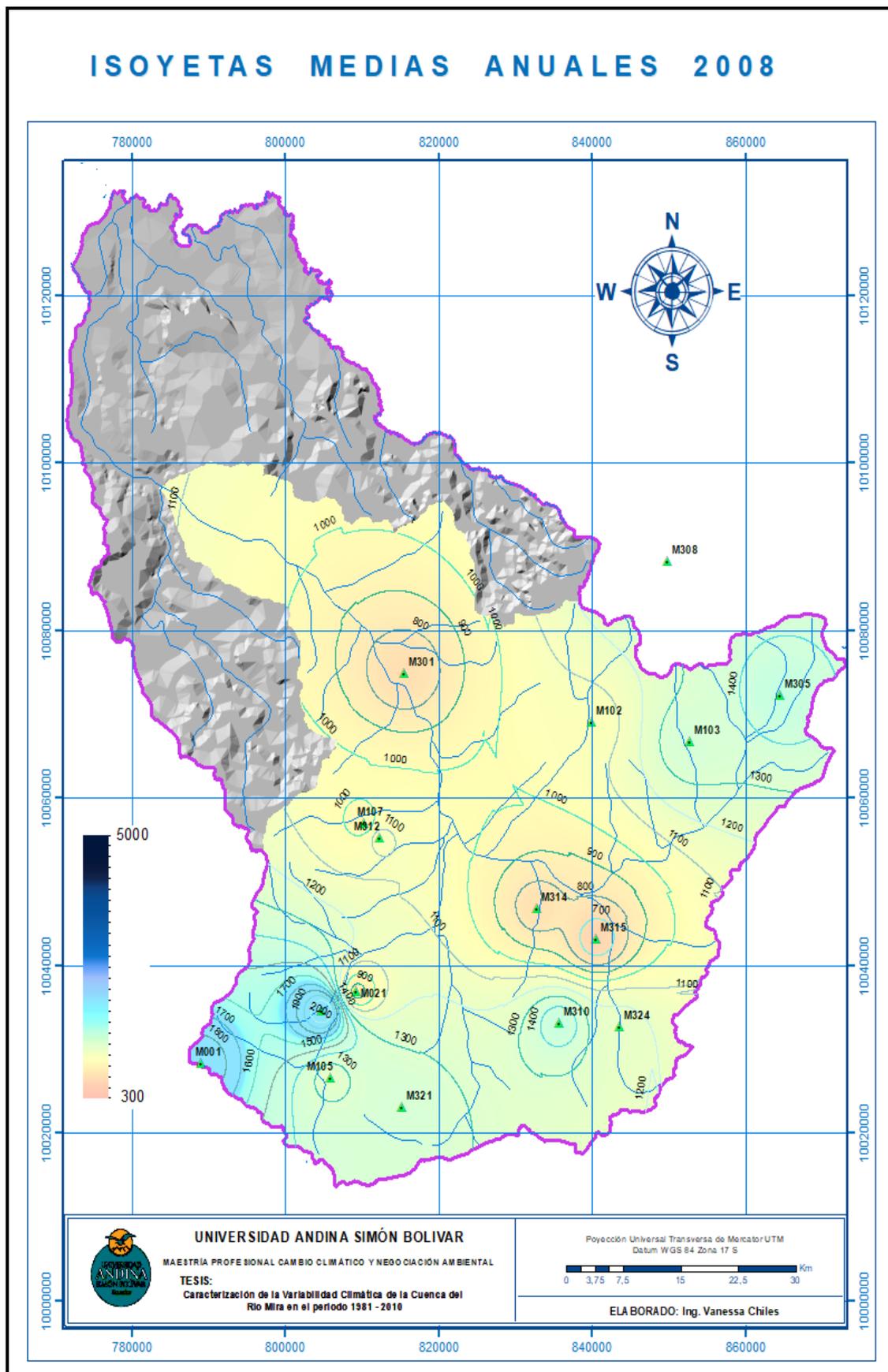
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 61. Isoyetas medias anuales 2006.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

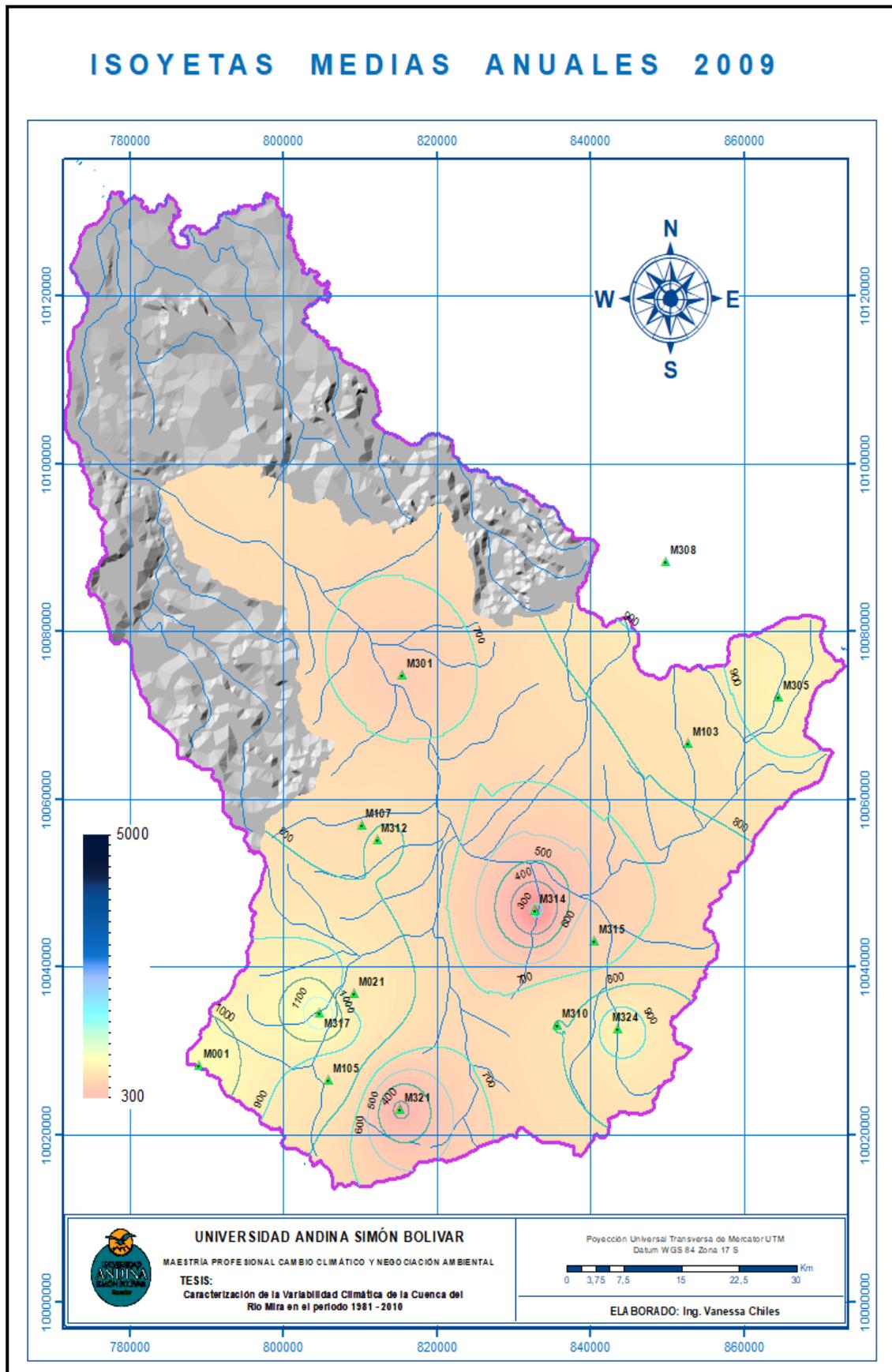


Mapa 62. Isoyetas medias anuales 2007.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



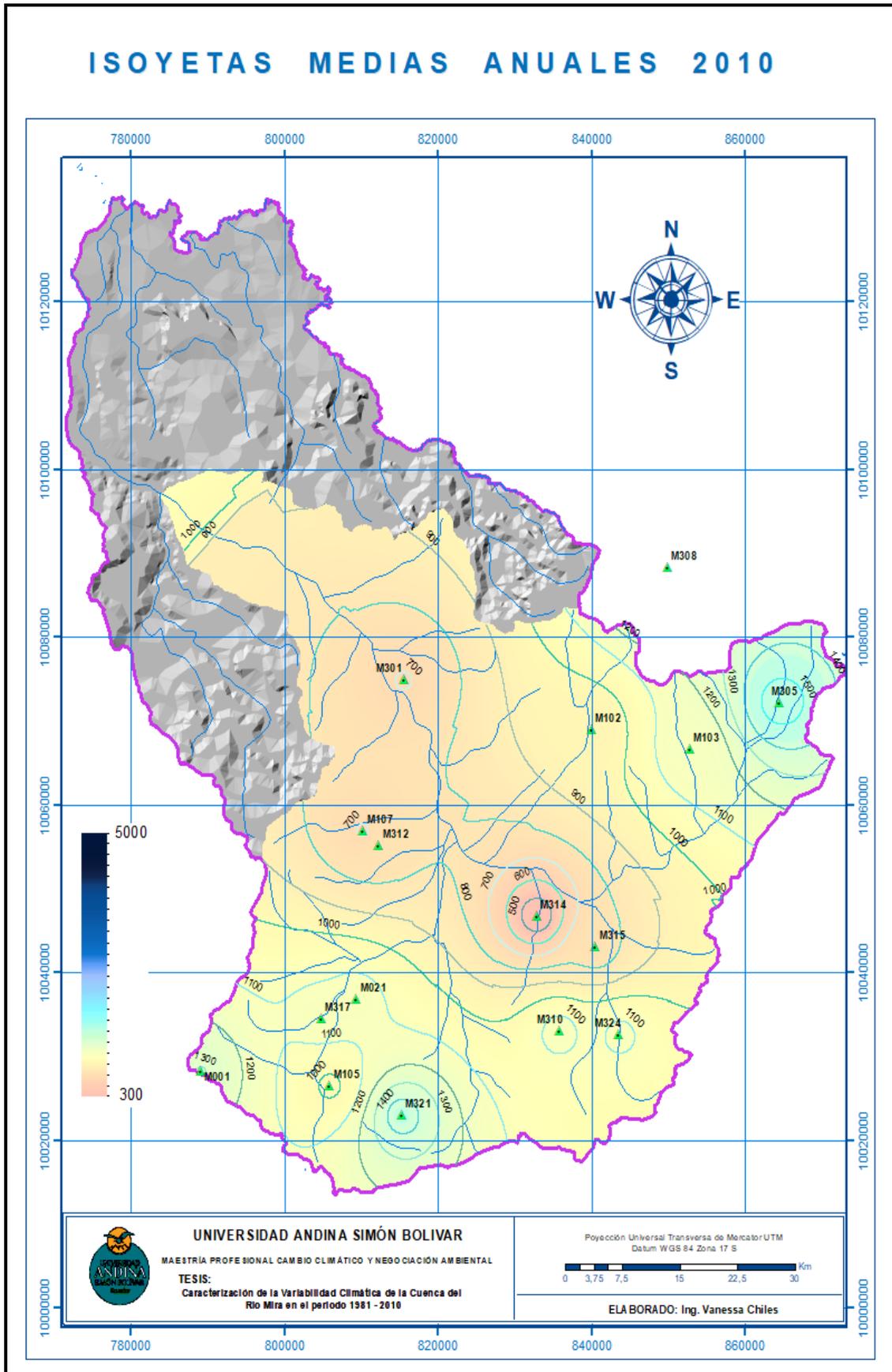
Mapa 63. Isoyetas medias anuales 2008.

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

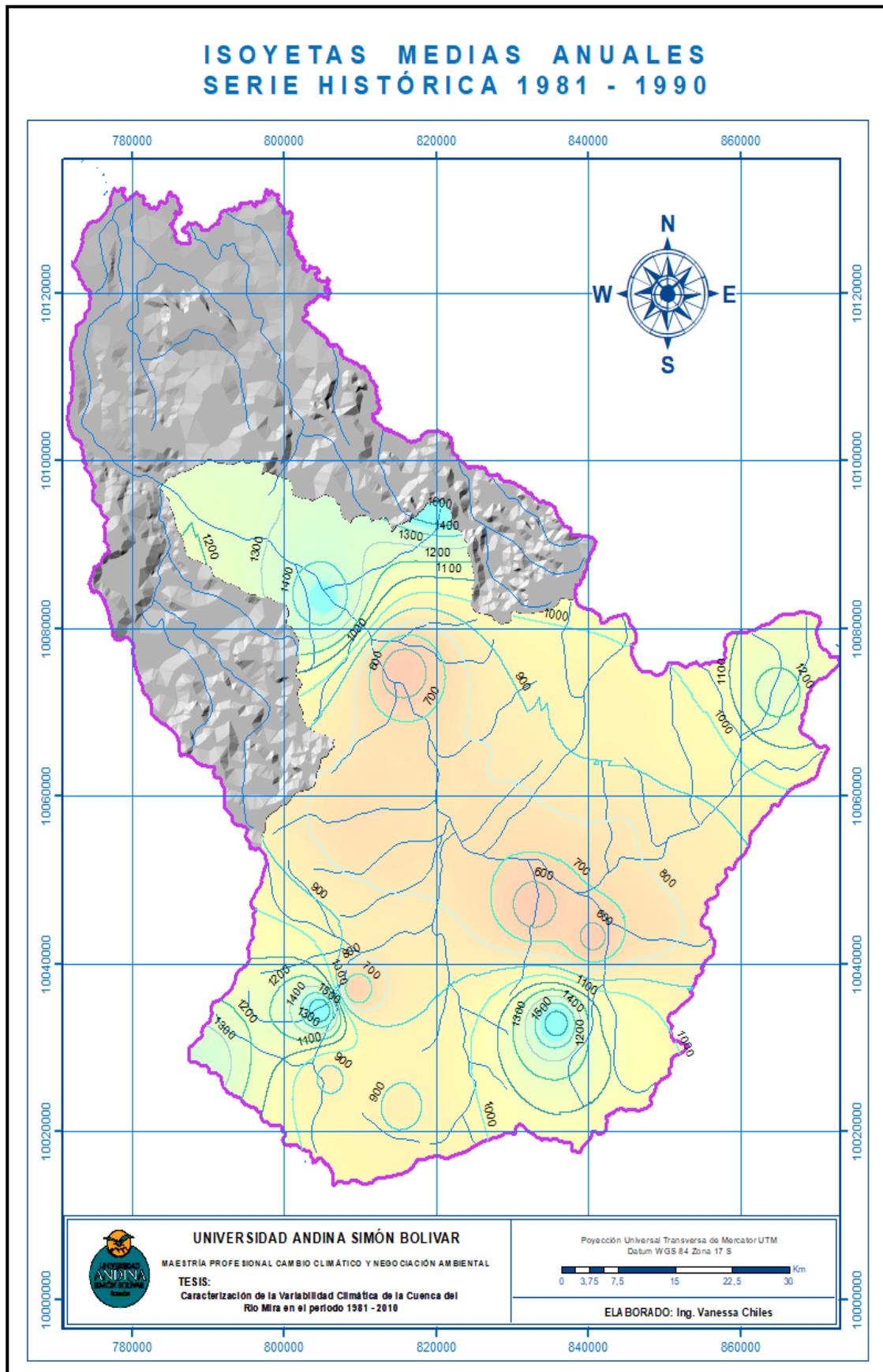


Mapa 64. Isoyetas medias anuales 2009.

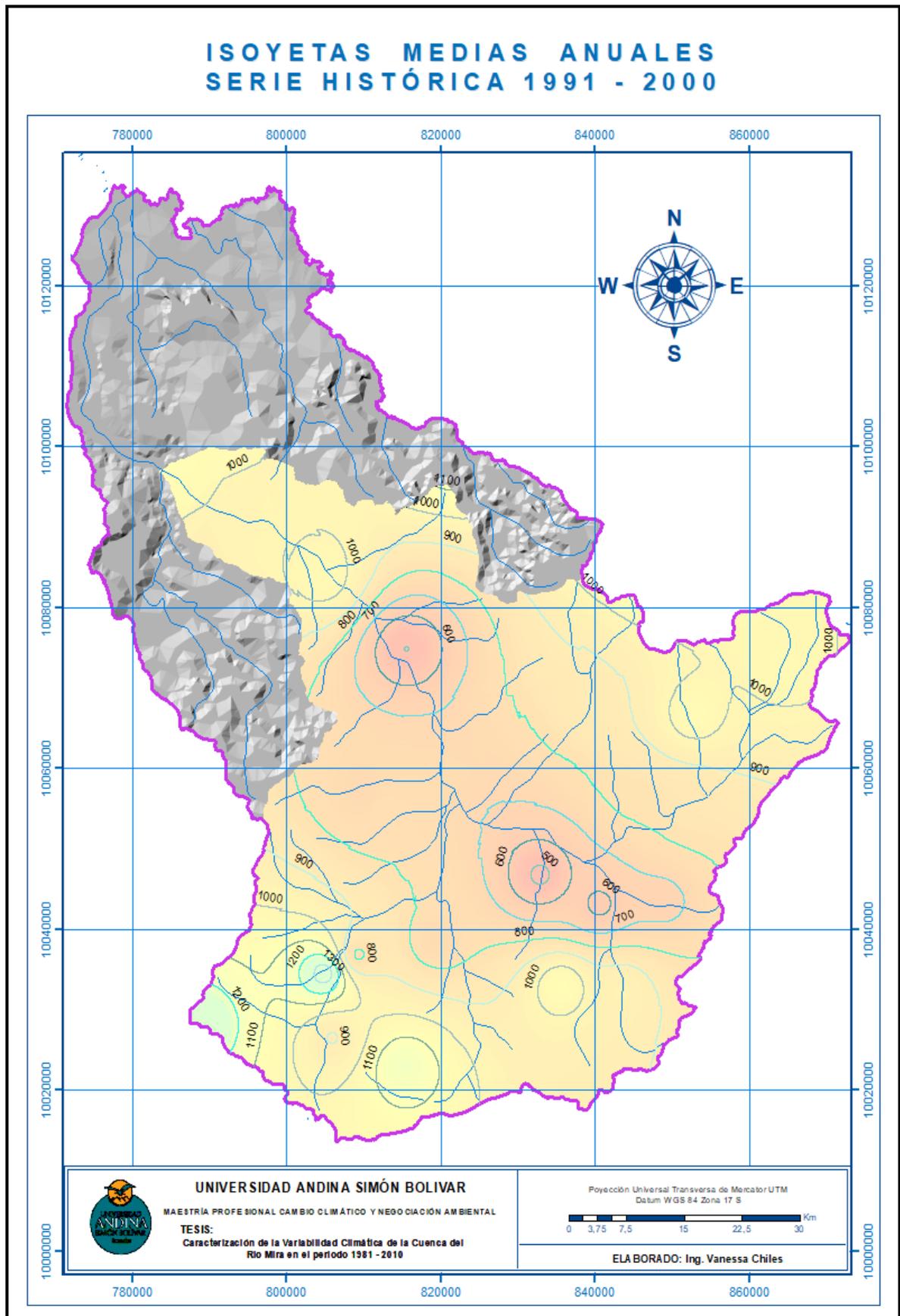
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



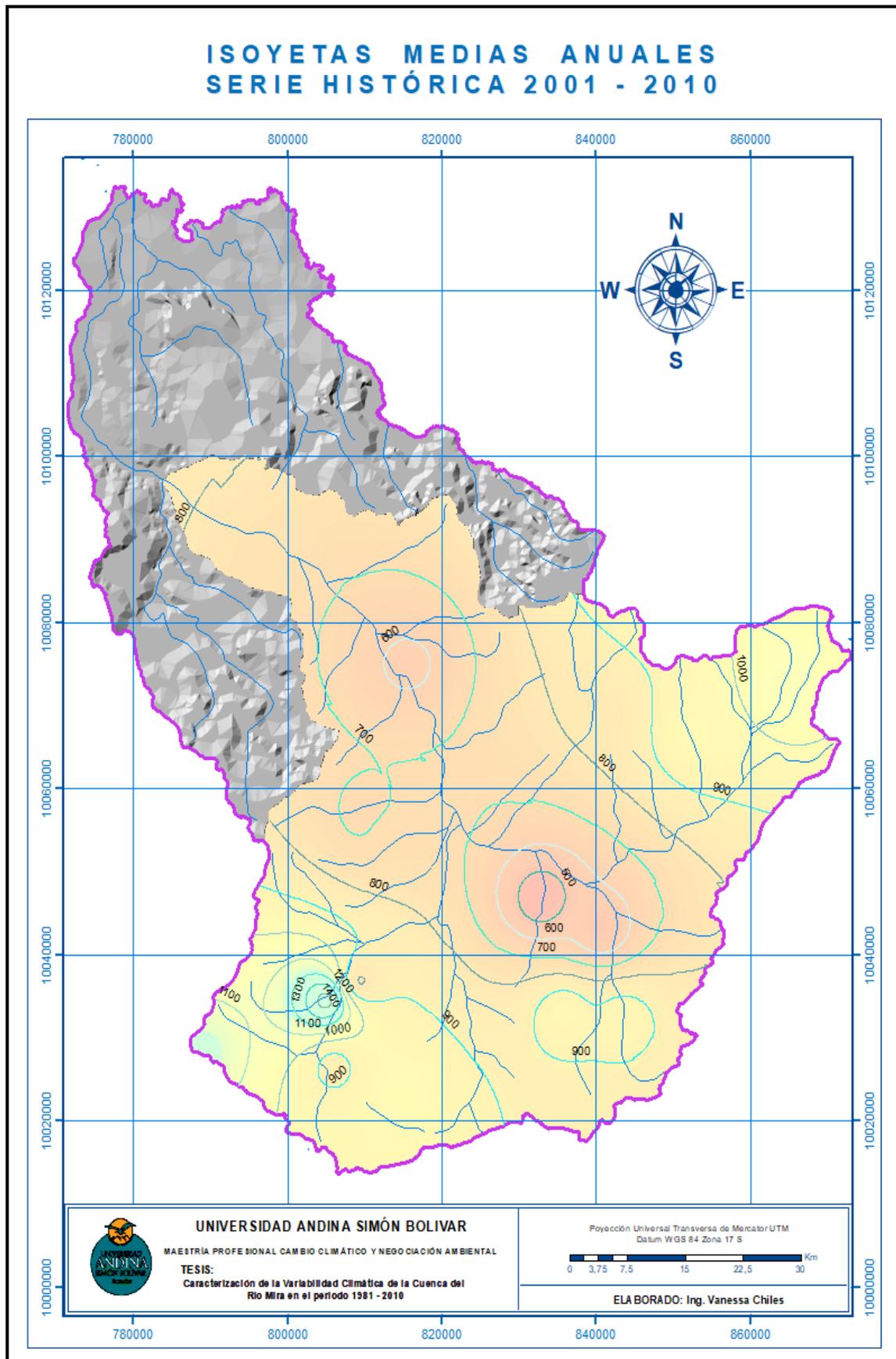
Mapa 65. Isoyetas medias anuales 2010.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



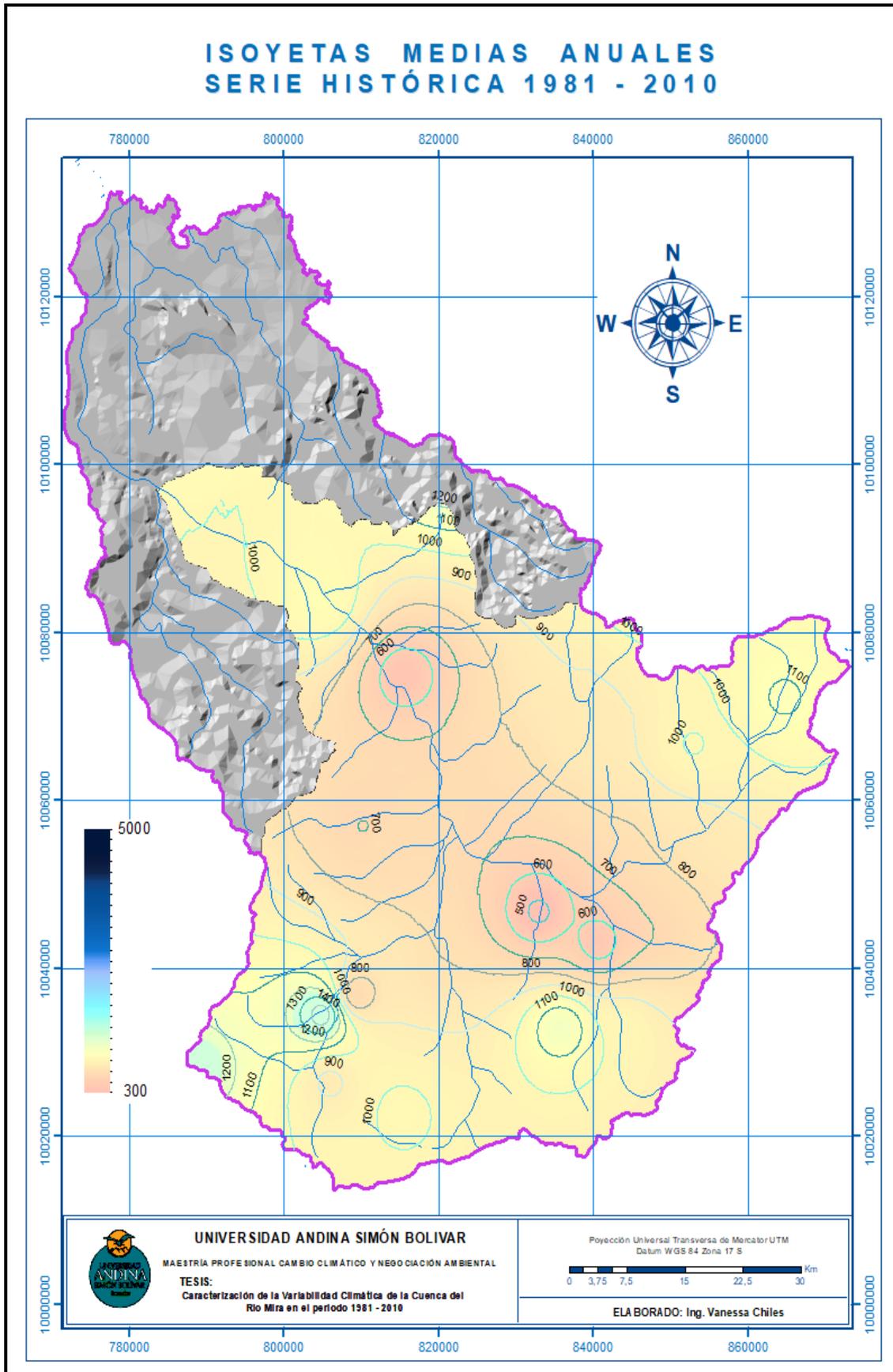
Mapa 66. Isoyetas medias anuales serie histórica 1981-1990.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 67. Isoyetas medias anuales serie histórica 1991-2000.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

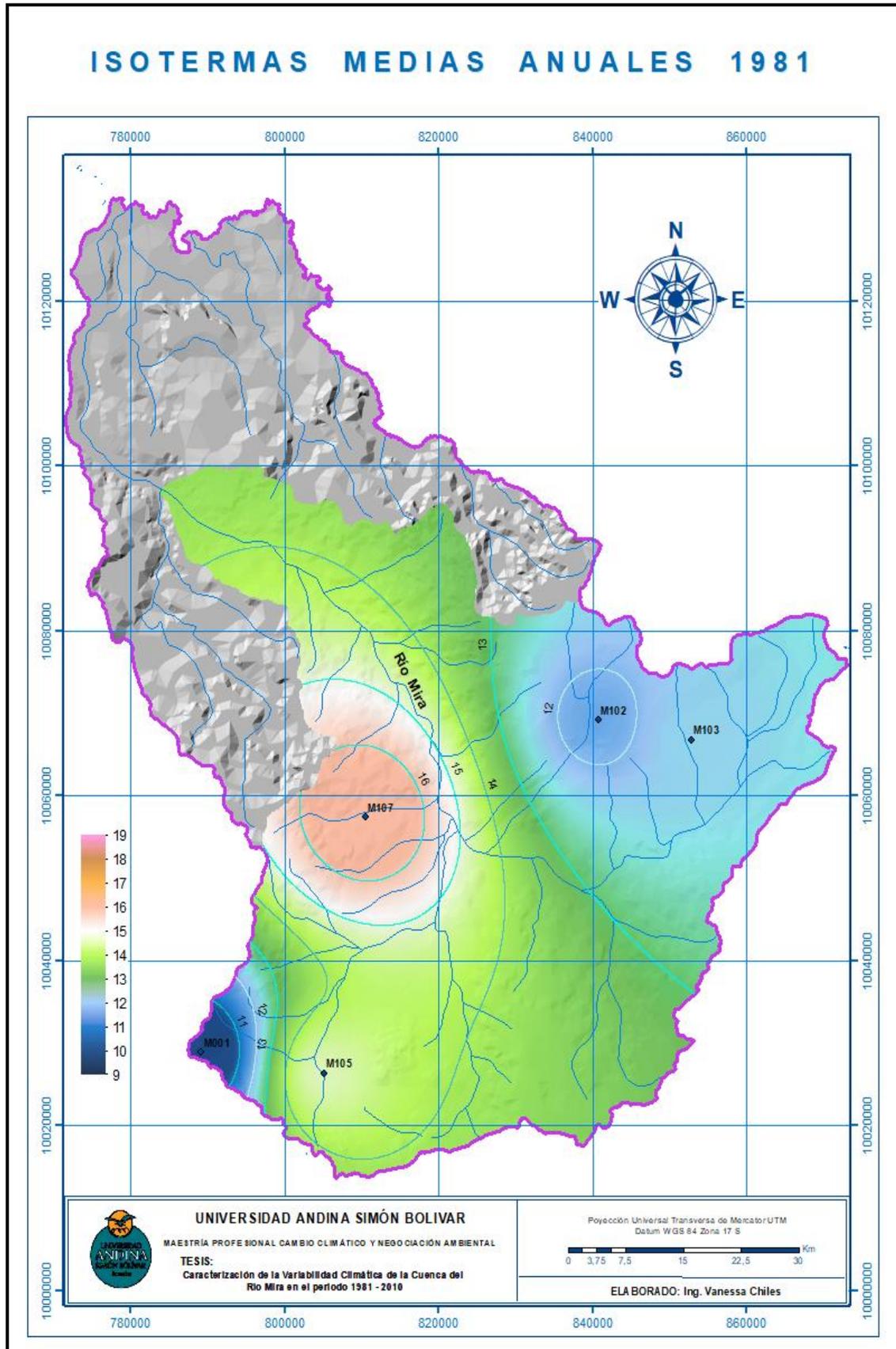


Mapa 68. Isoyetas medias anuales serie histórica 2001-2010.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

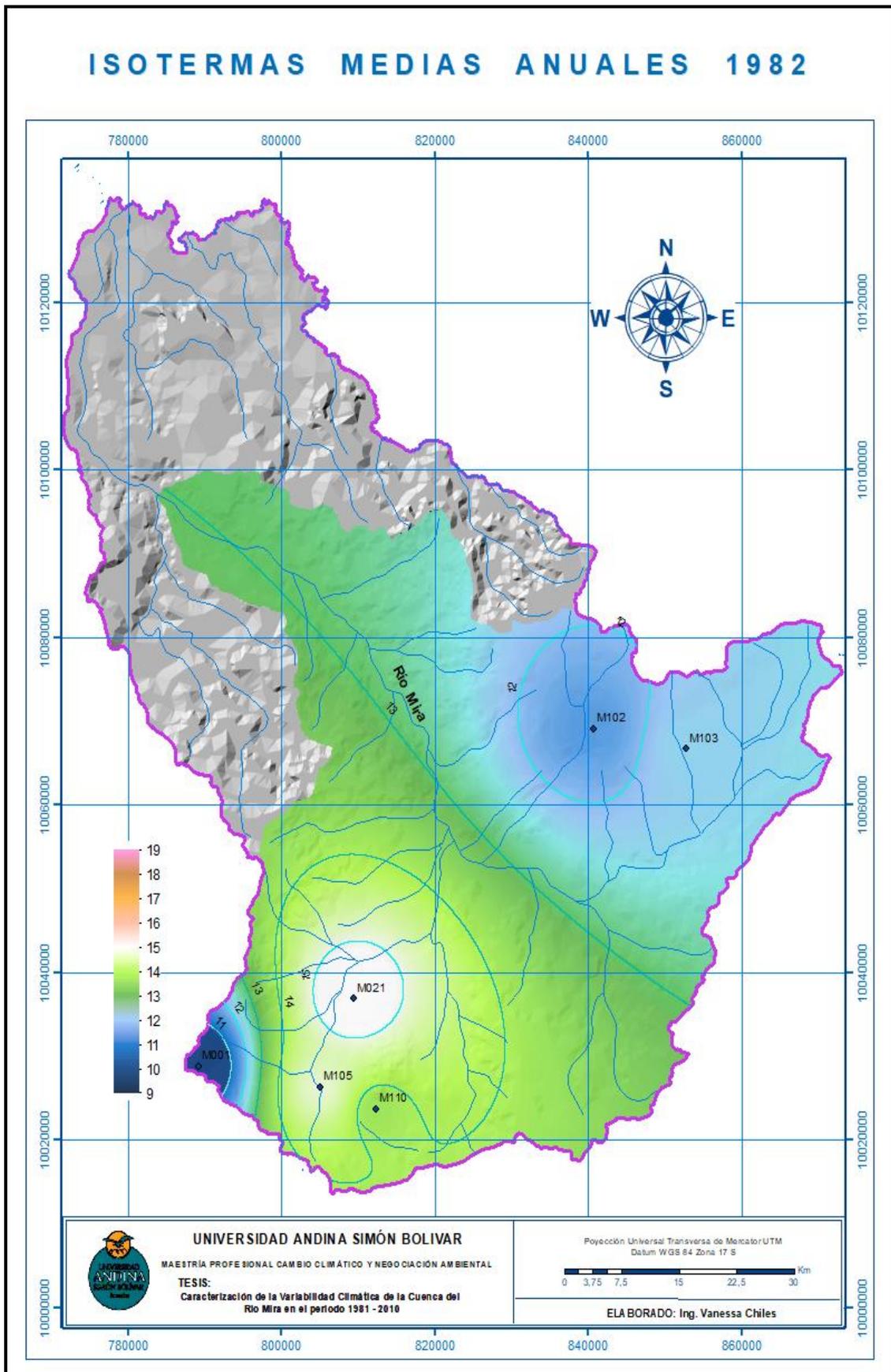


Mapa 69. Isoyetas medias anuales serie histórica 1981 - 2010
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi

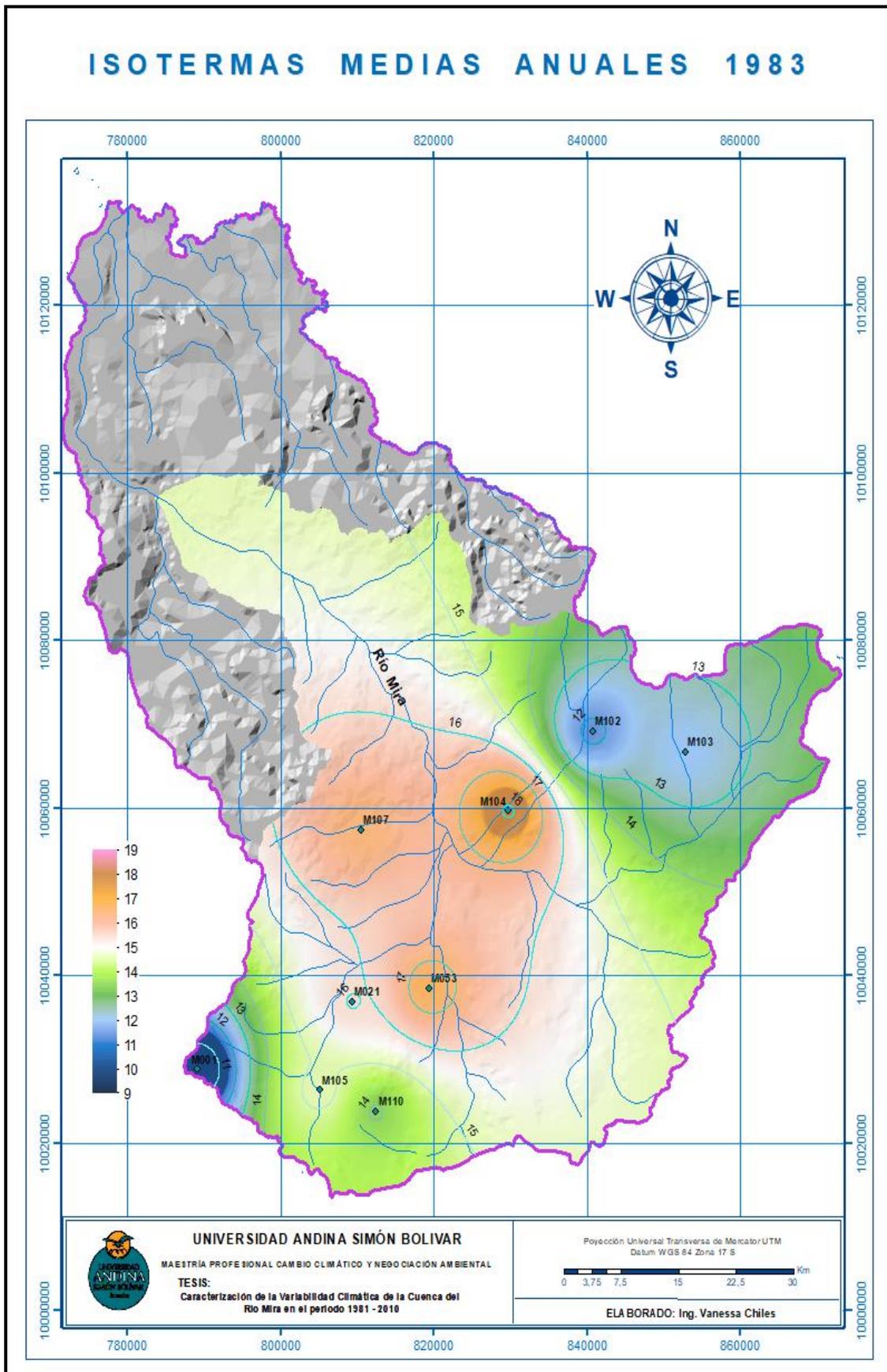
Anexo 6 Isotermas



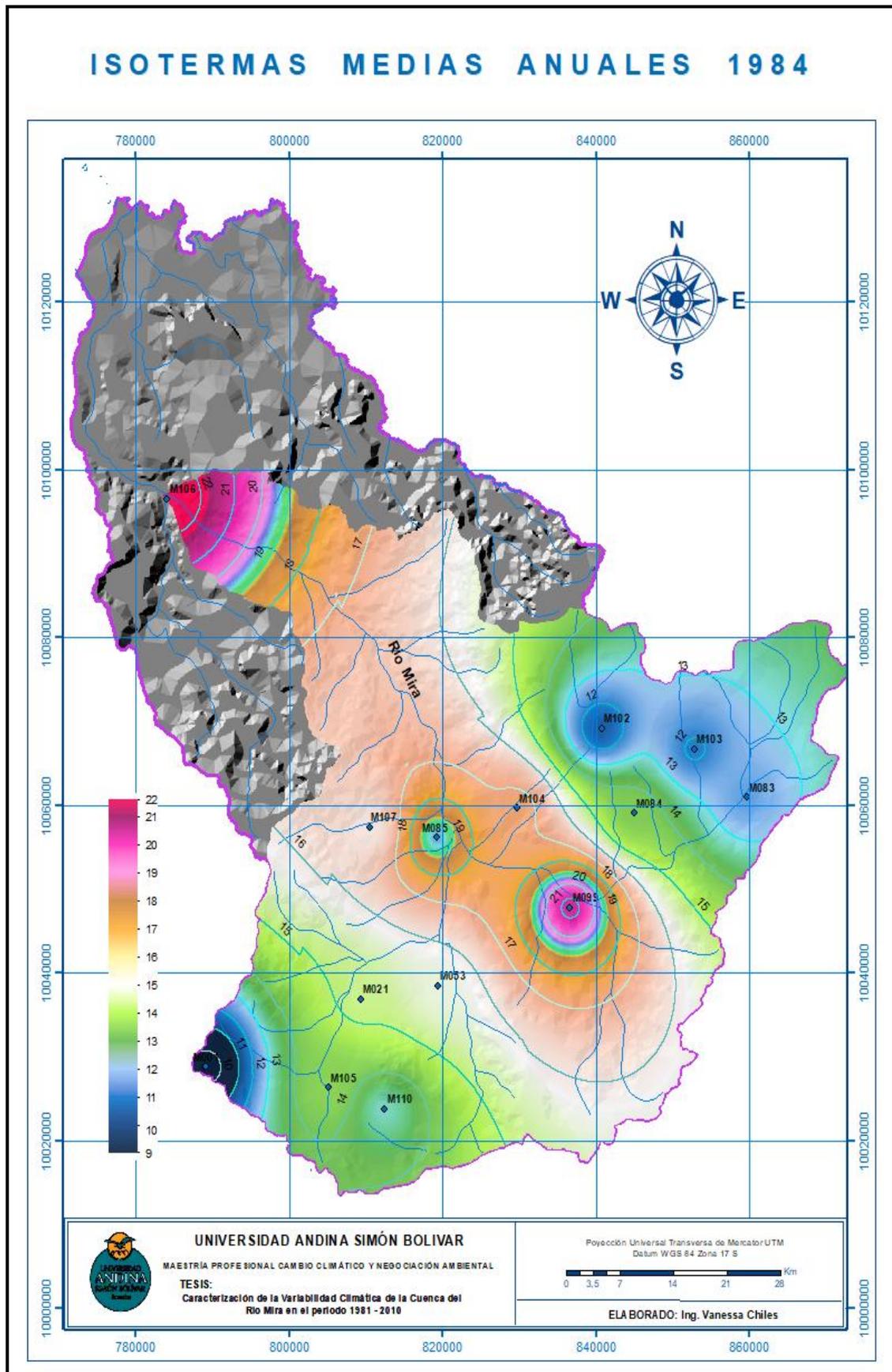
Mapa 70. Isotermas medias anuales 1981
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



Mapa 71. Isotermas medias anuales 1982
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi

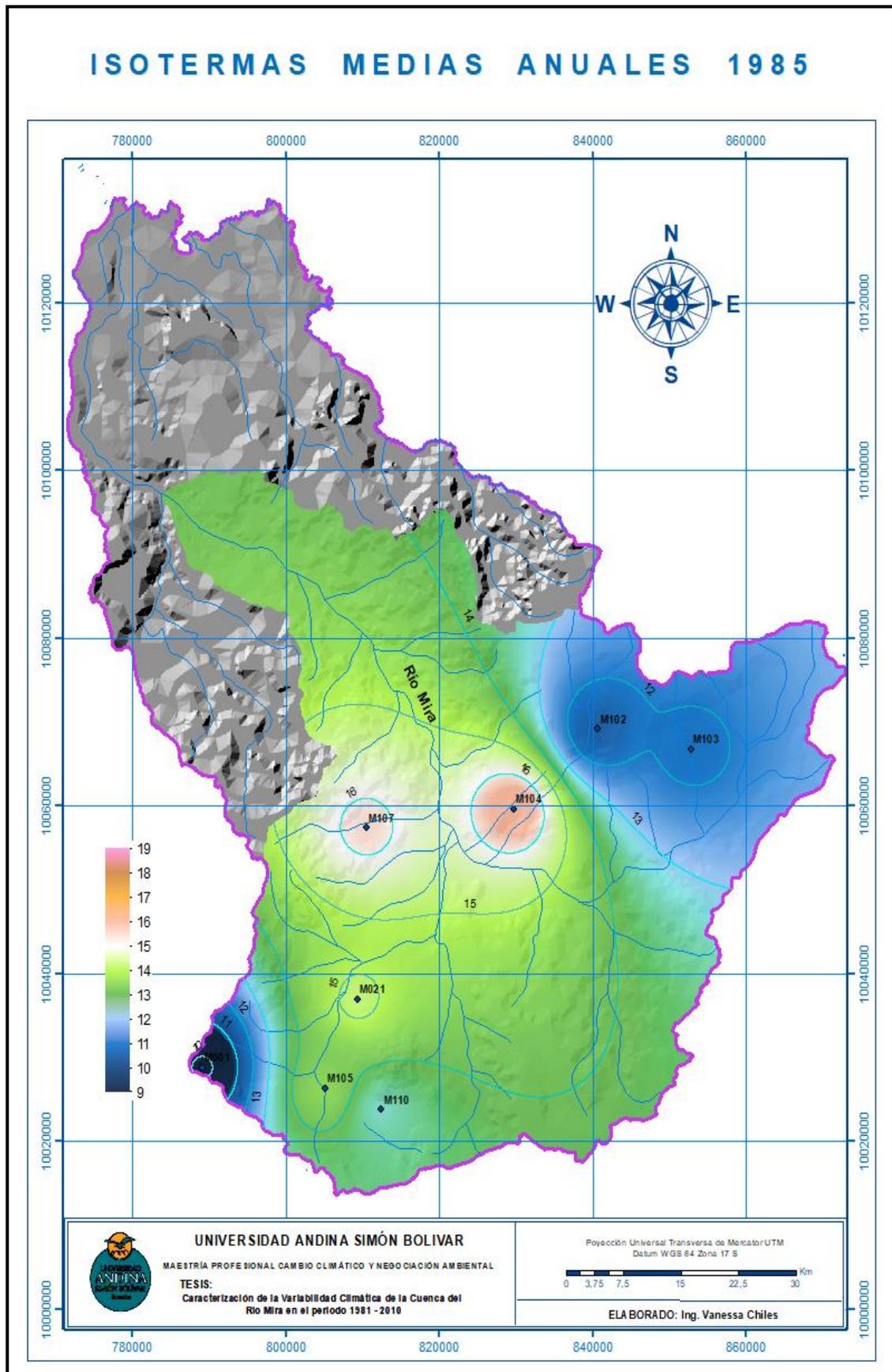


Mapa 72. Isotermas medias anuales 1983
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



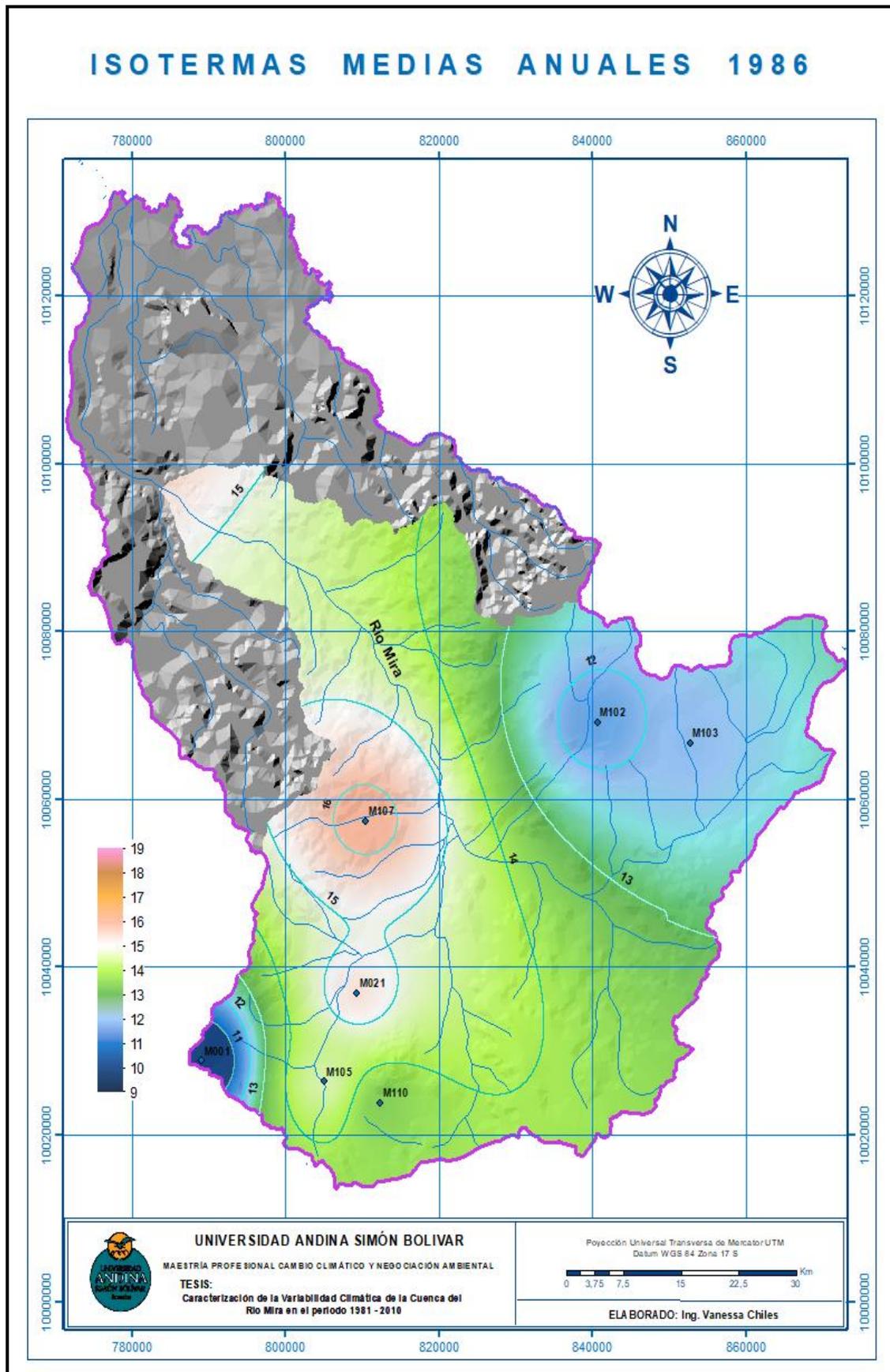
Mapa 73. Isothermas medias anuales 1984

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



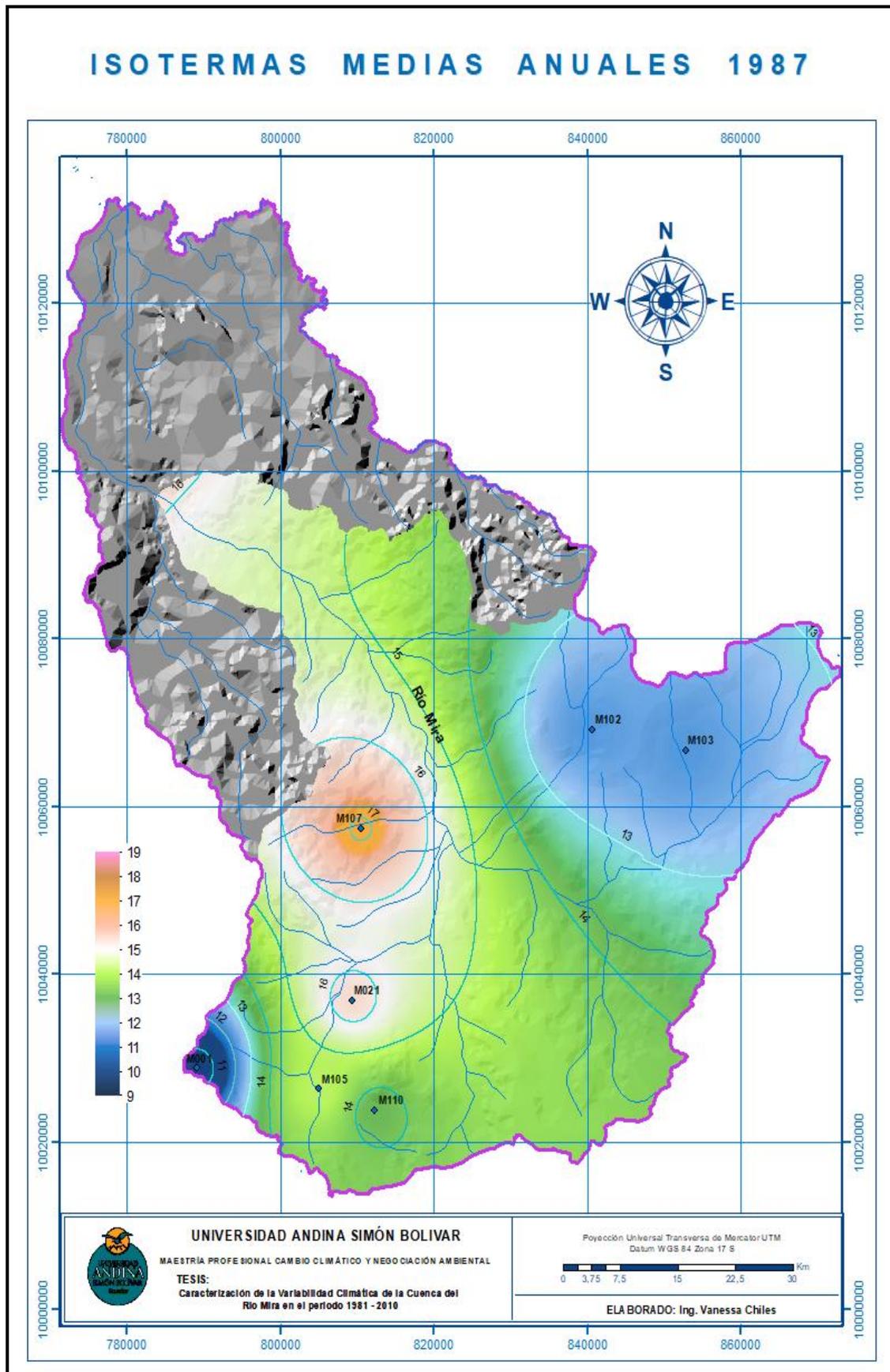
Mapa 74. Isothermas medias anuales 1985

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



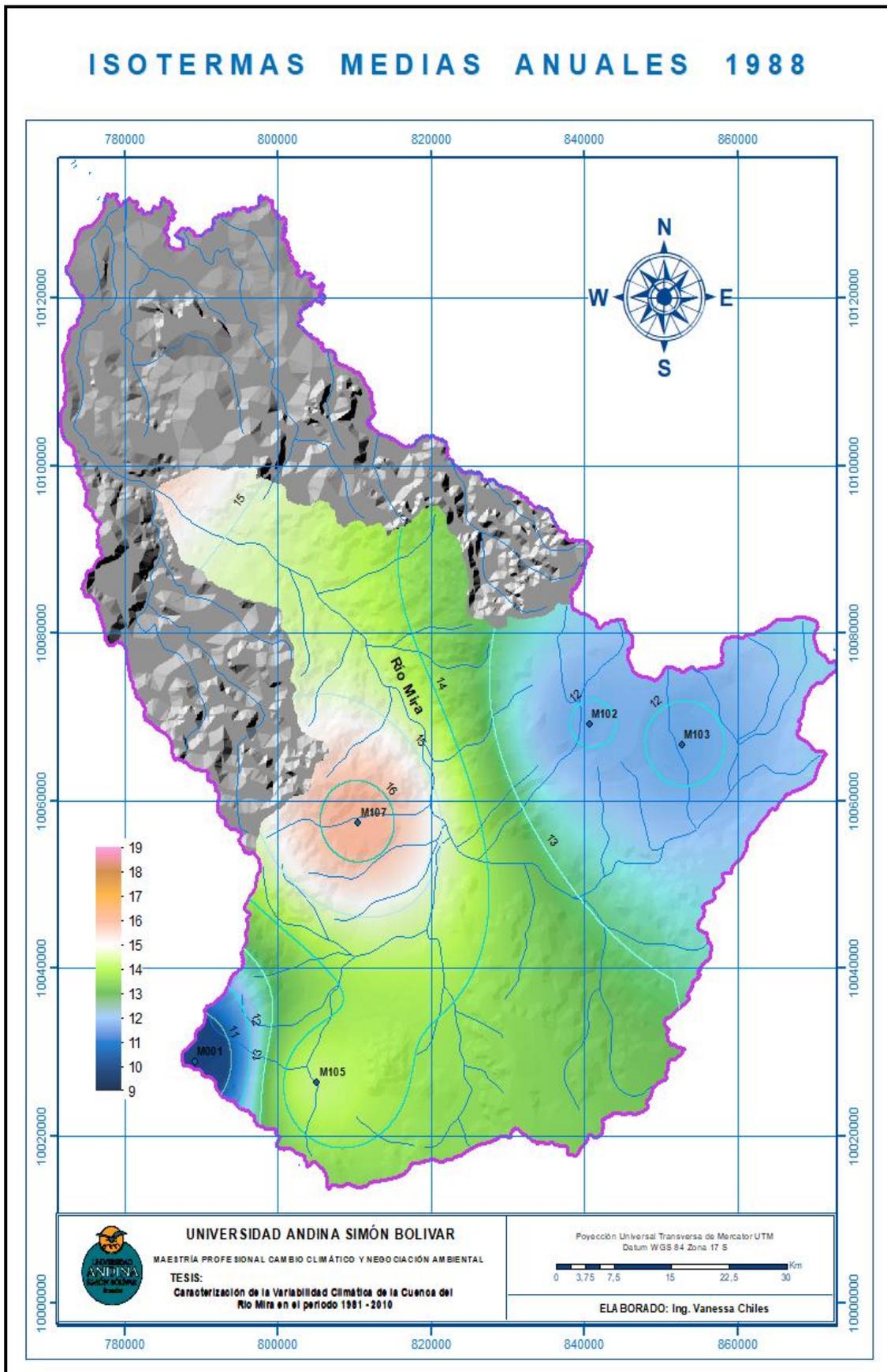
Mapa 75. Isothermas medias anuales 1986

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi

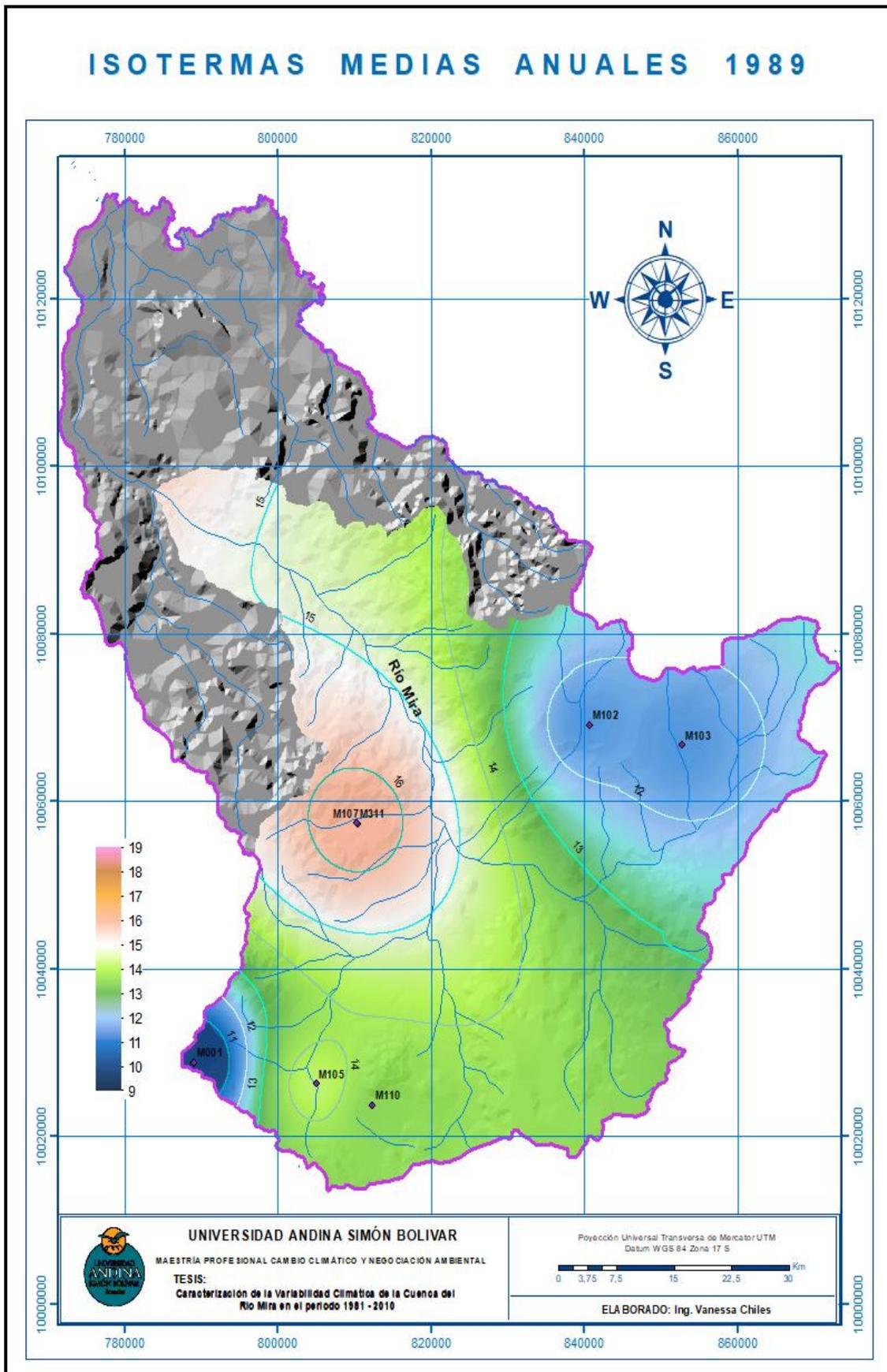


Mapa 76. Isothermas medias anuales 1987

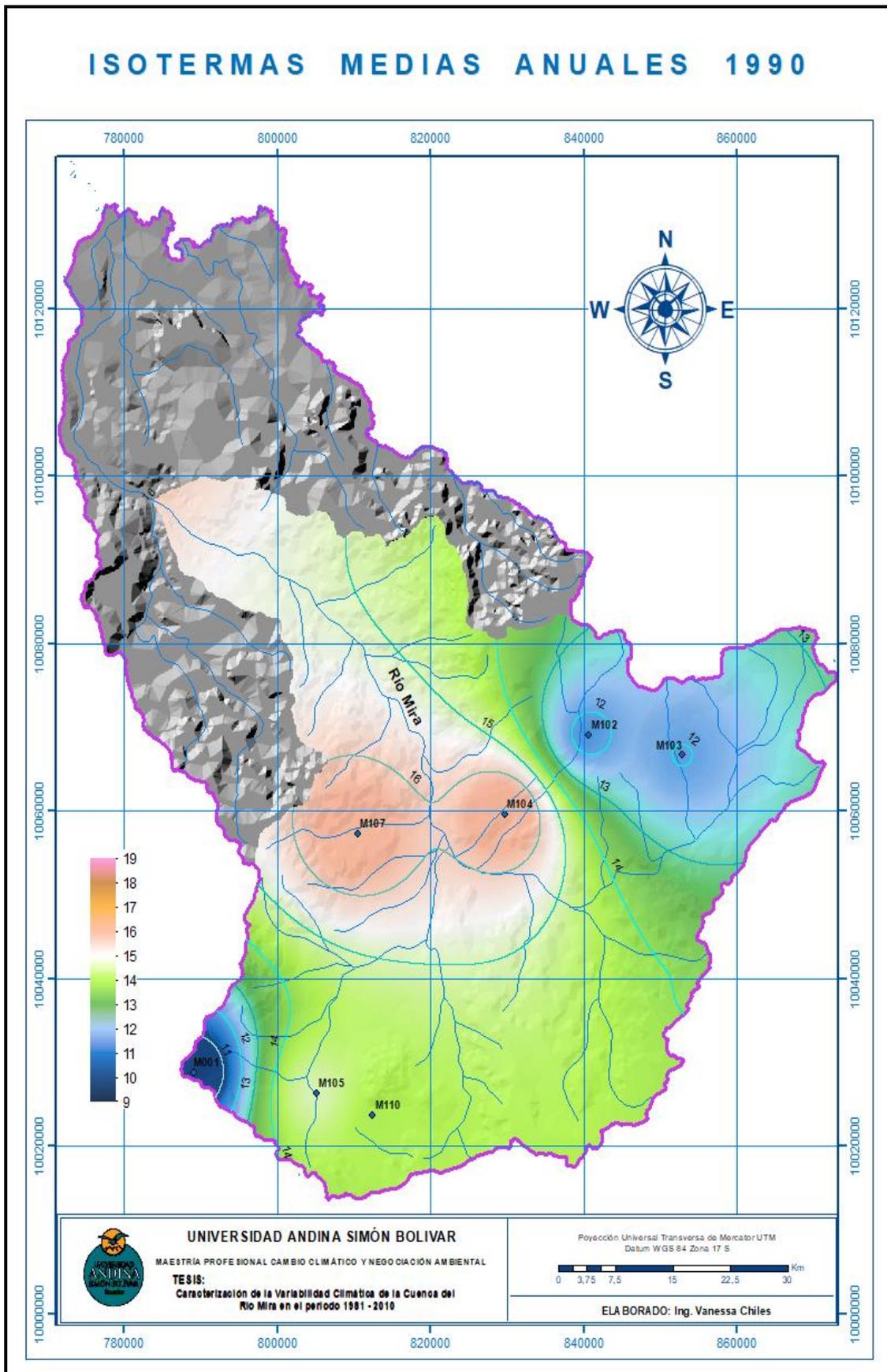
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



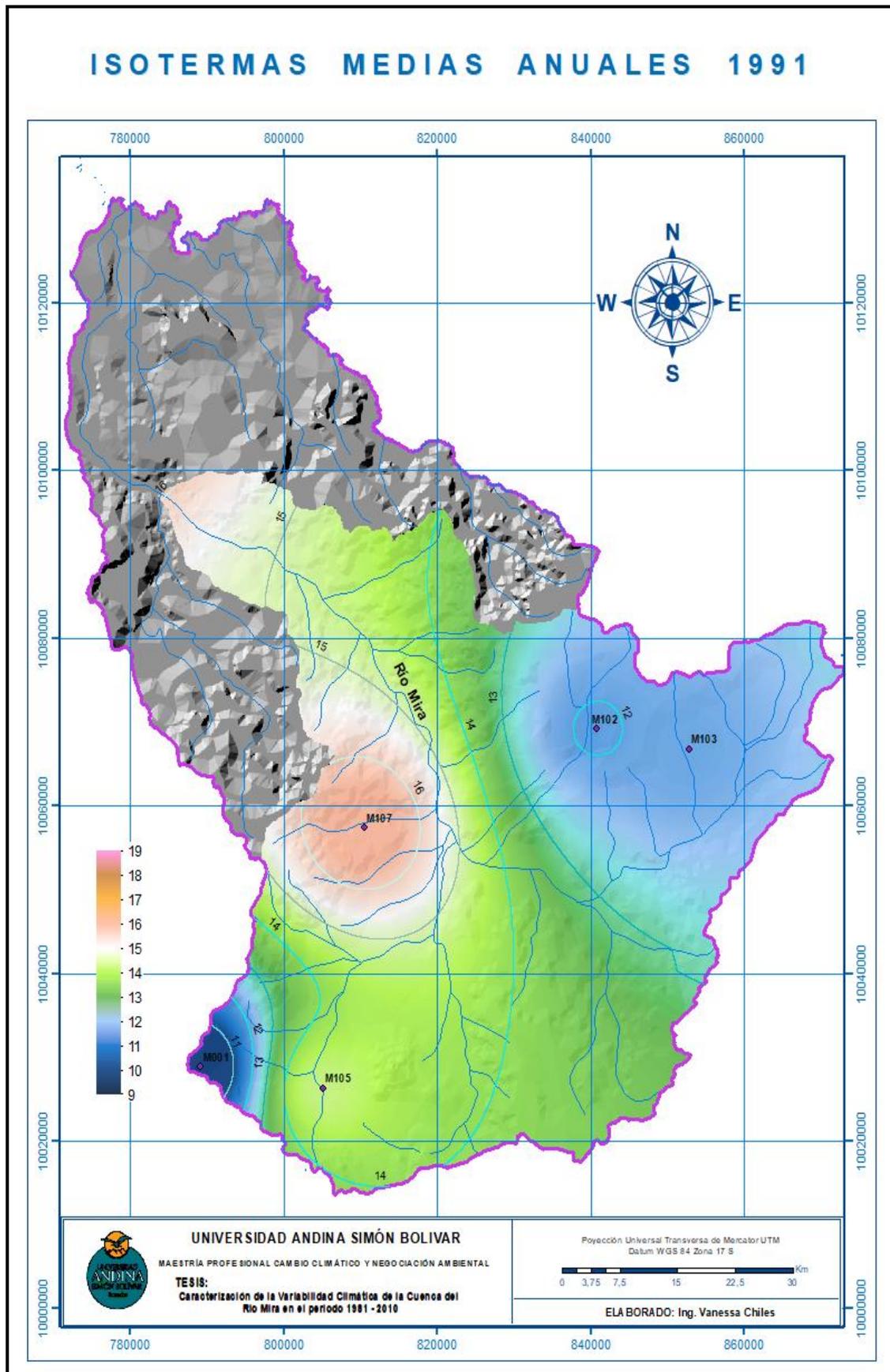
Mapa 77. Isotermas medias anuales 1988
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



Mapa 78. Isothermas medias anuales 1989
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi

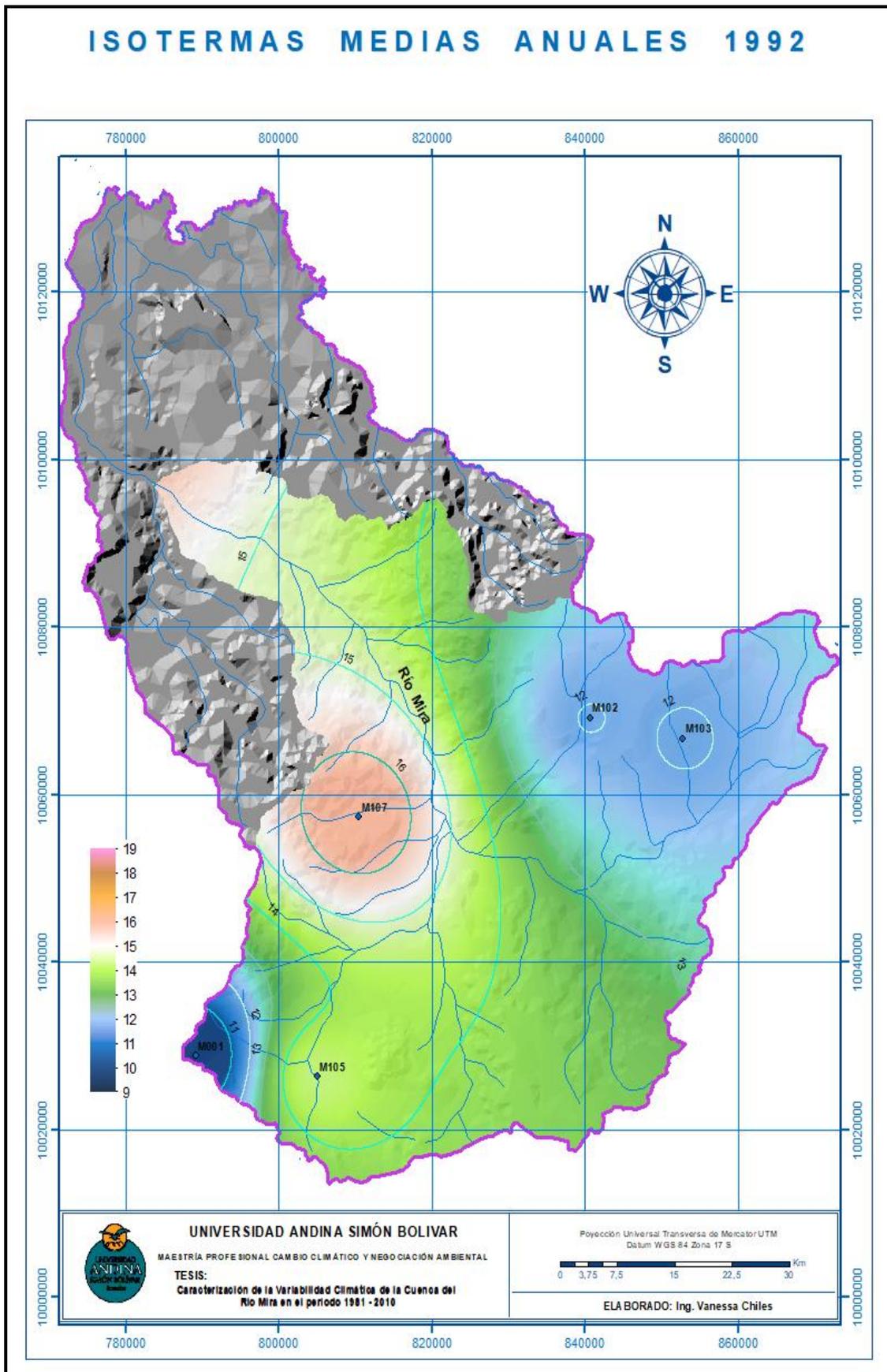


Mapa 79. Isothermas medias anuales 1990
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi

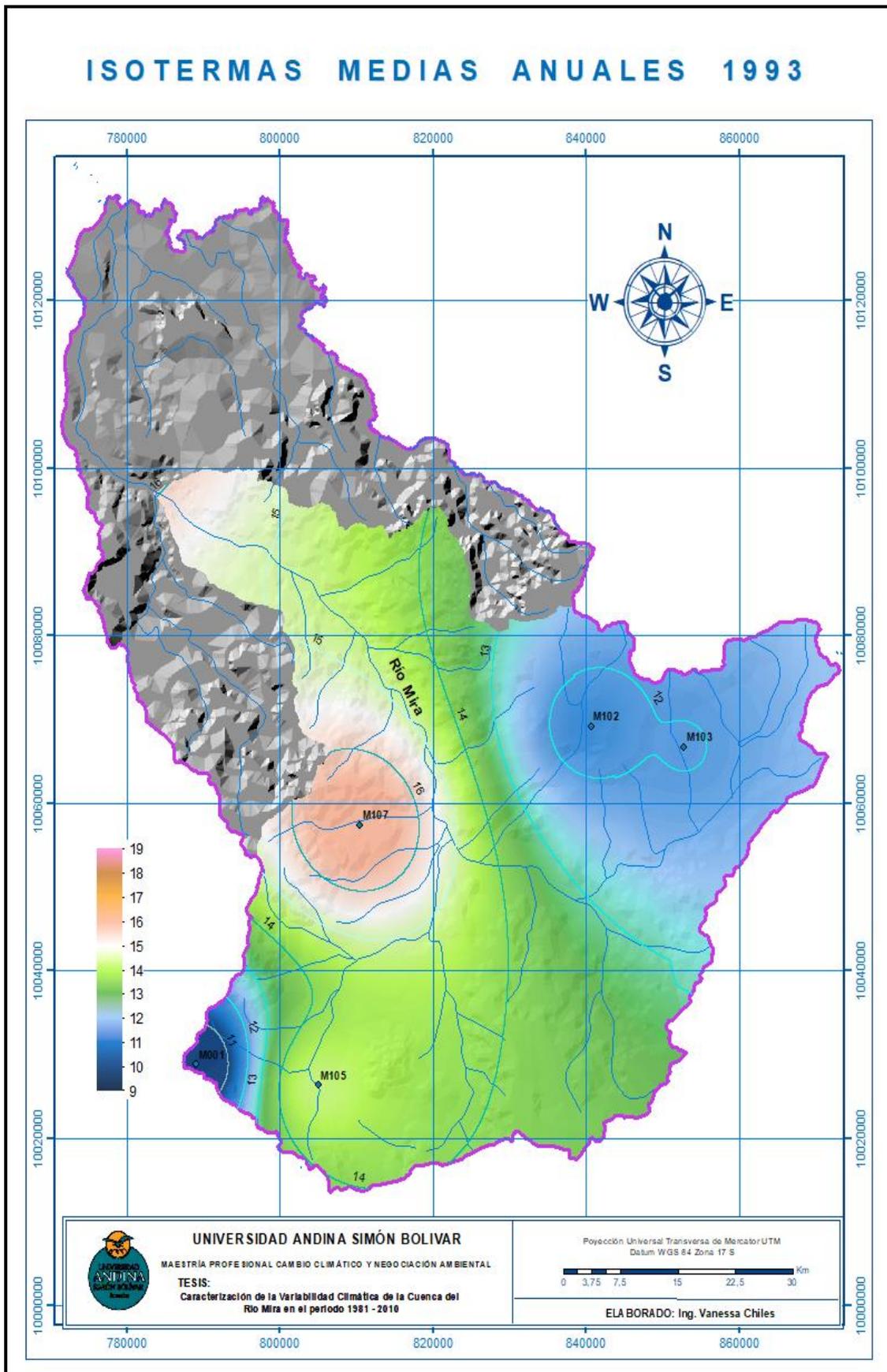


Mapa 80. Isothermas medias anuales 1991

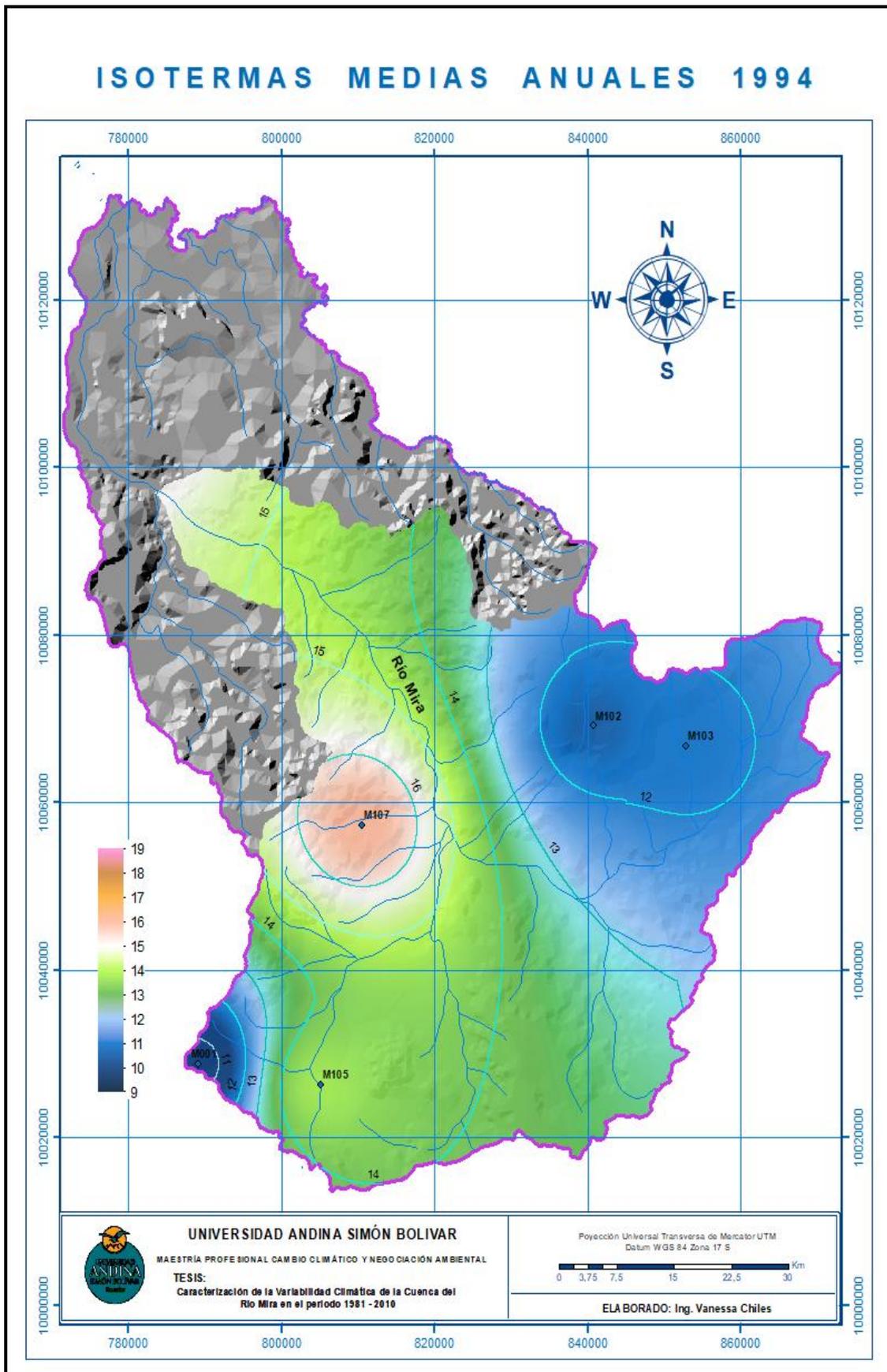
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



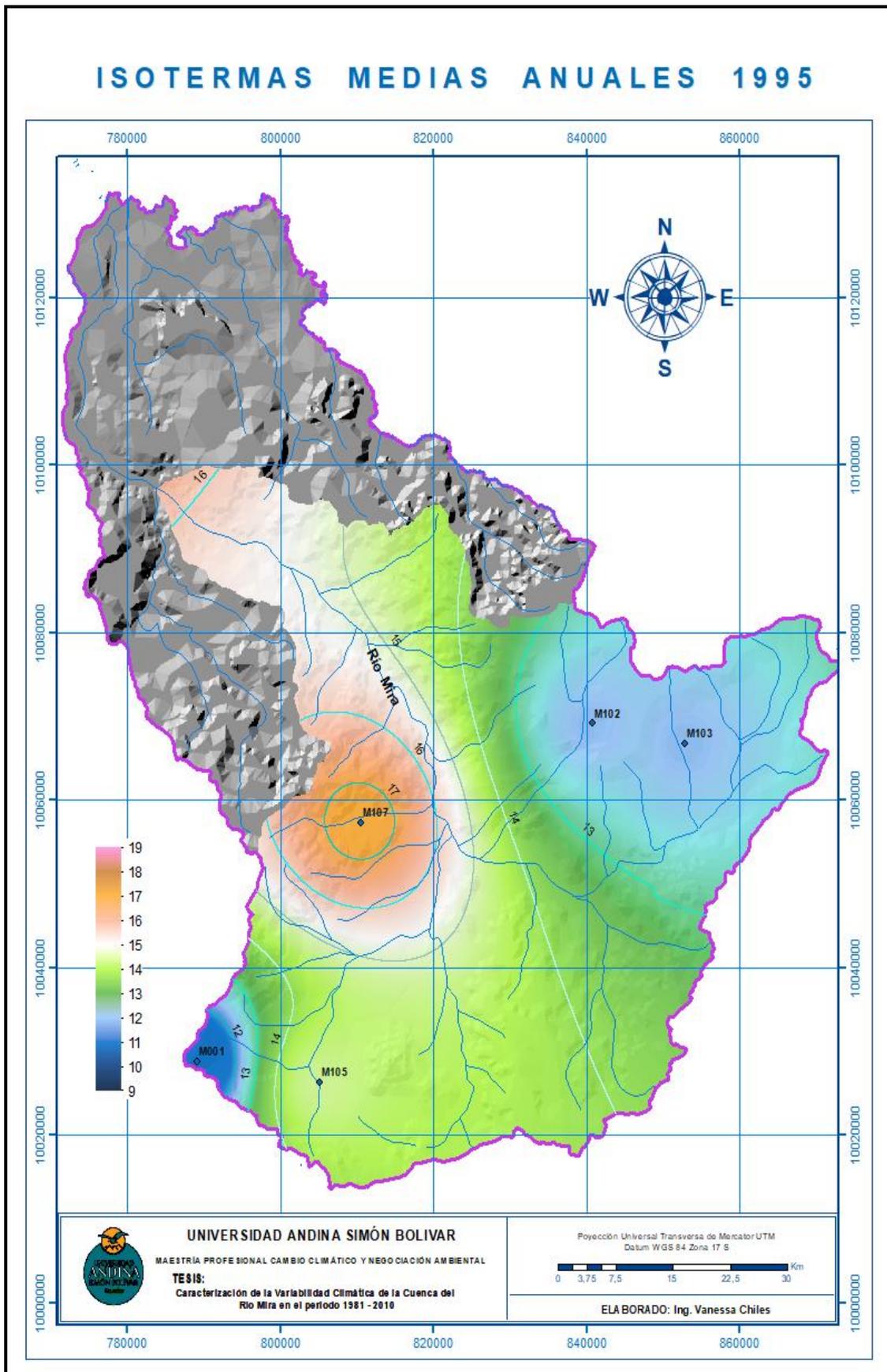
Mapa 81. Isotermas medias anuales 1992
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



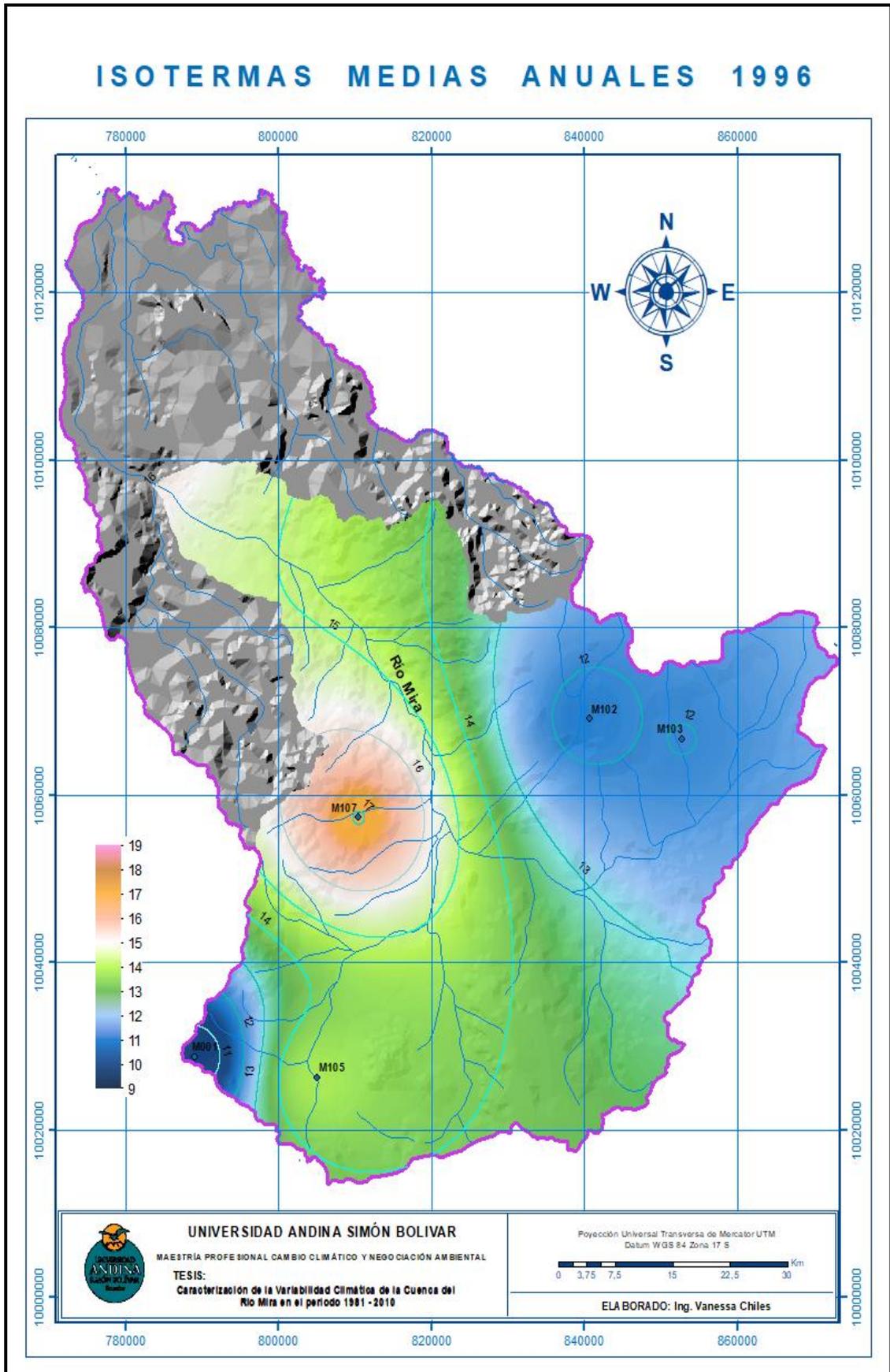
Mapa 82. Isothermas medias anuales 1993
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



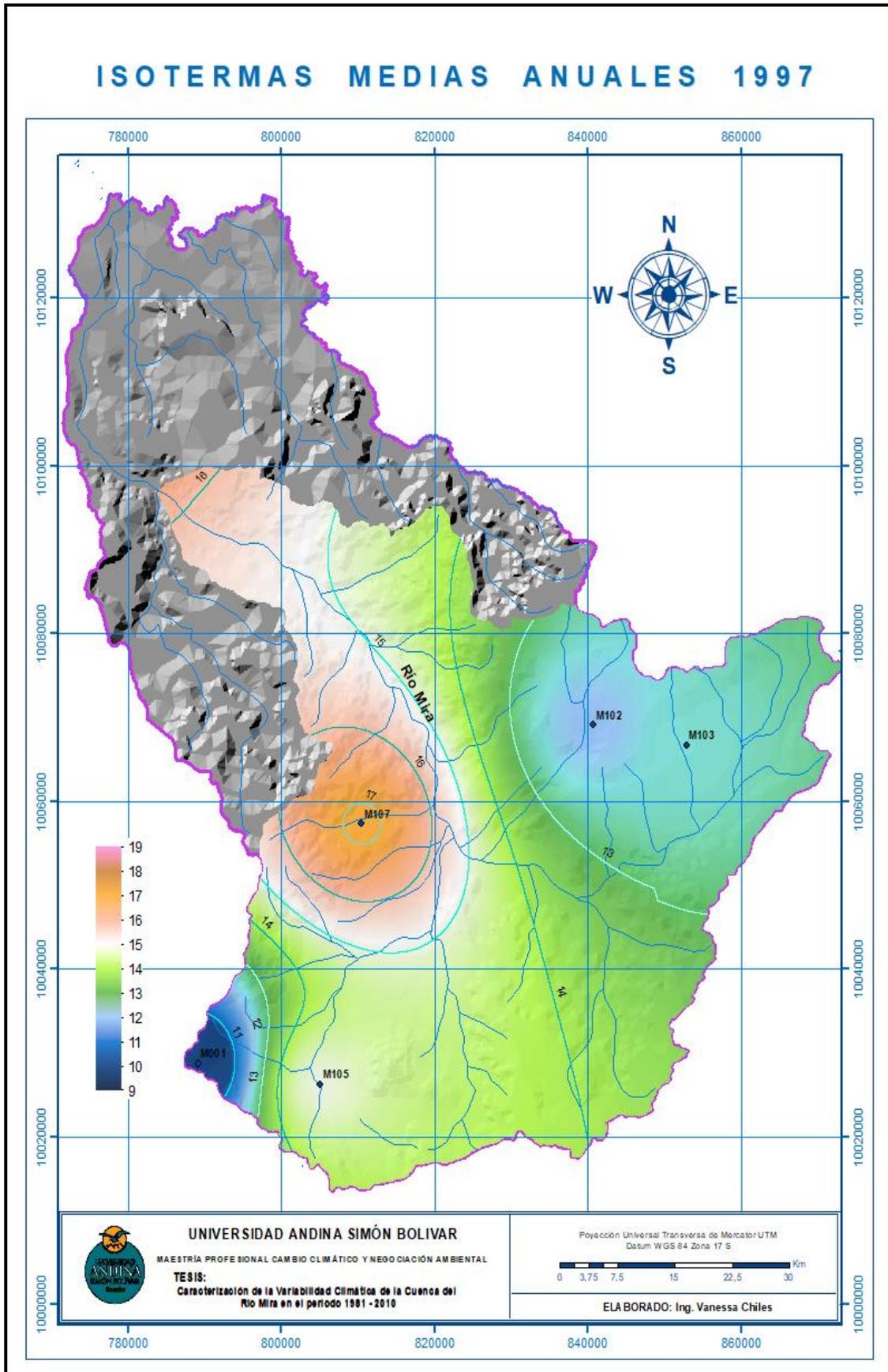
Mapa 83. Isotermas medias anuales 1994
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



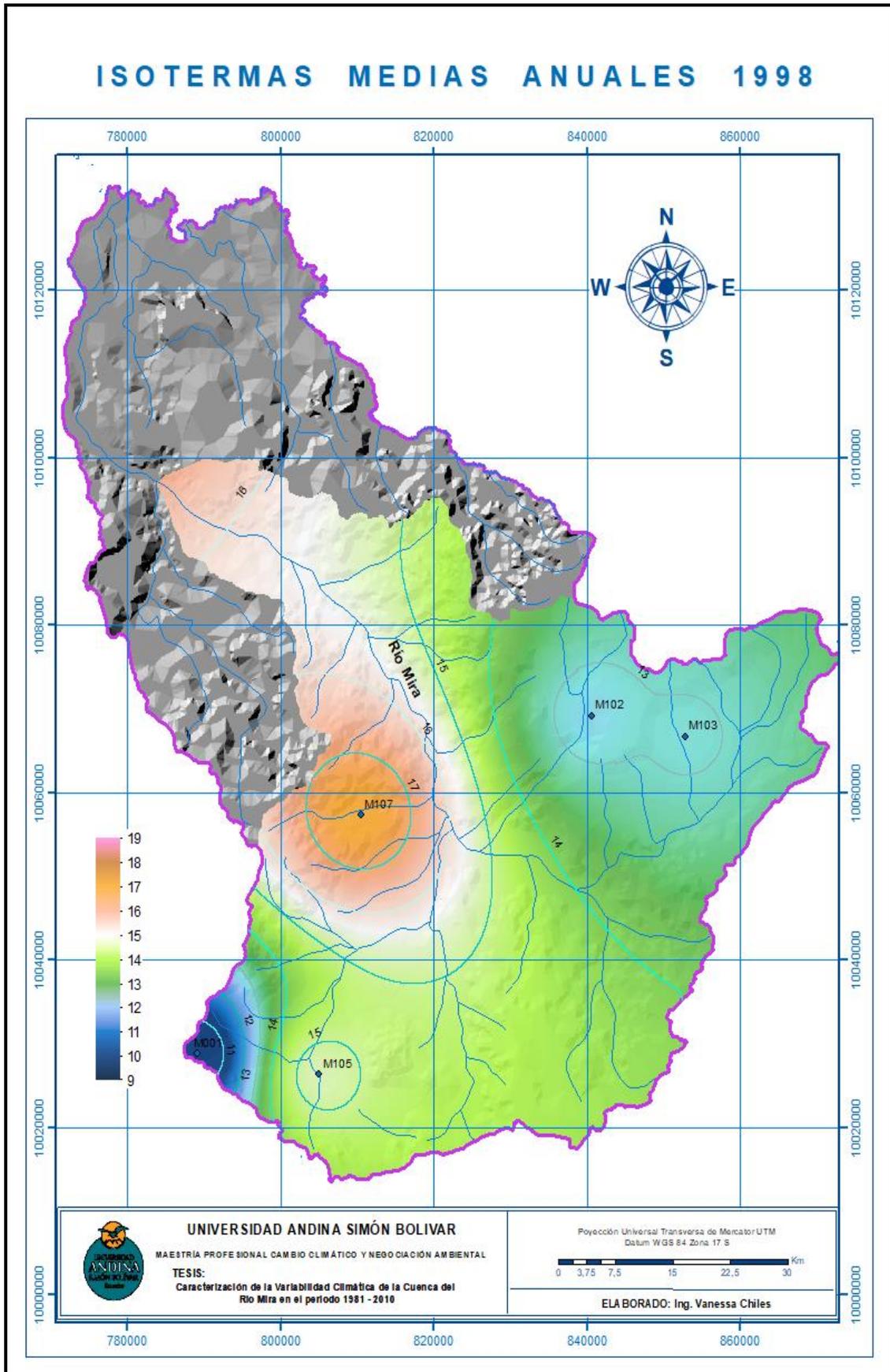
Mapa 84. Isotermas medias anuales 1995
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



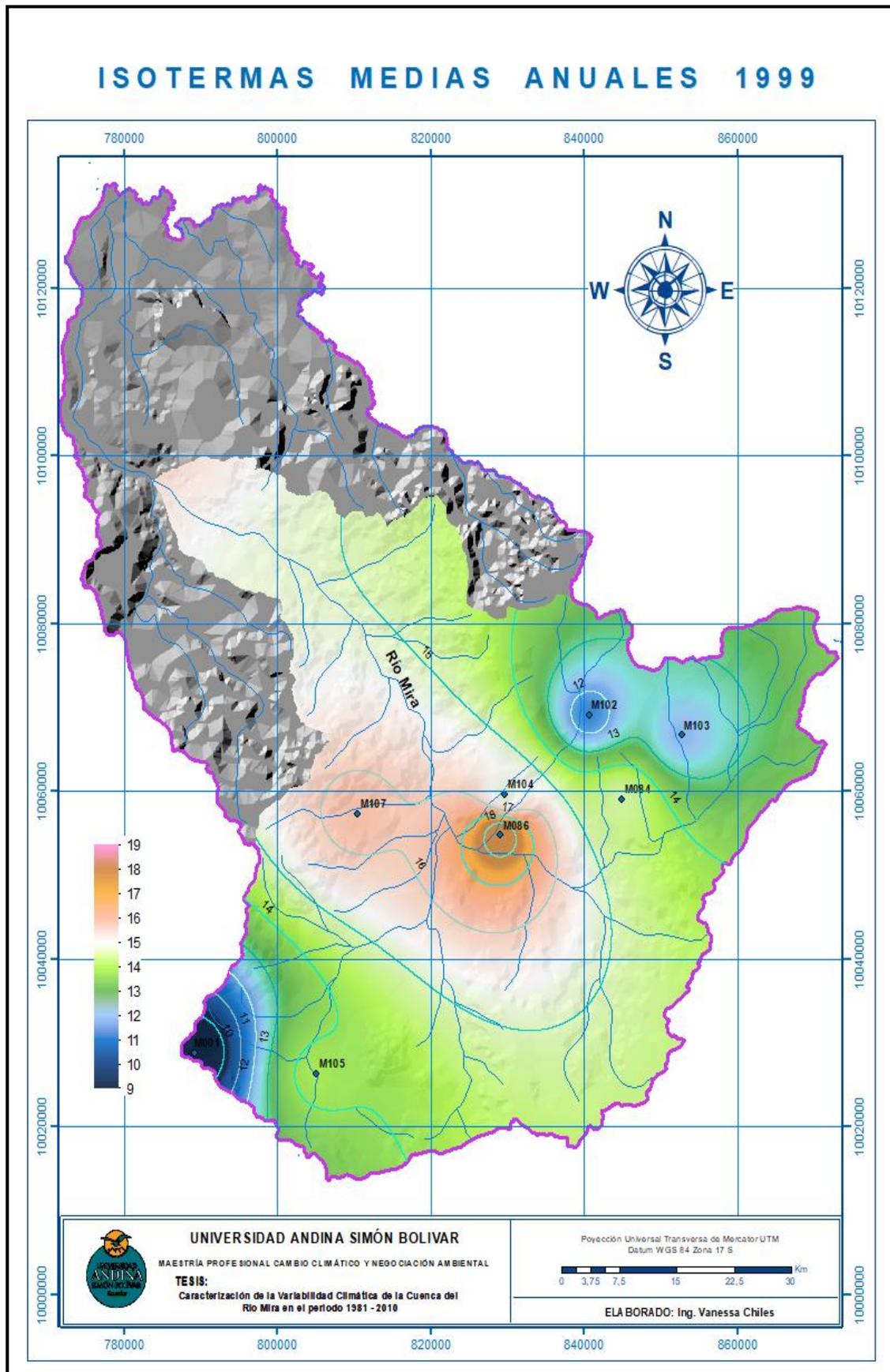
Mapa 85. Isotermas medias anuales 1996
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi



Mapa 86. Isotermas medias anuales 1997
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi

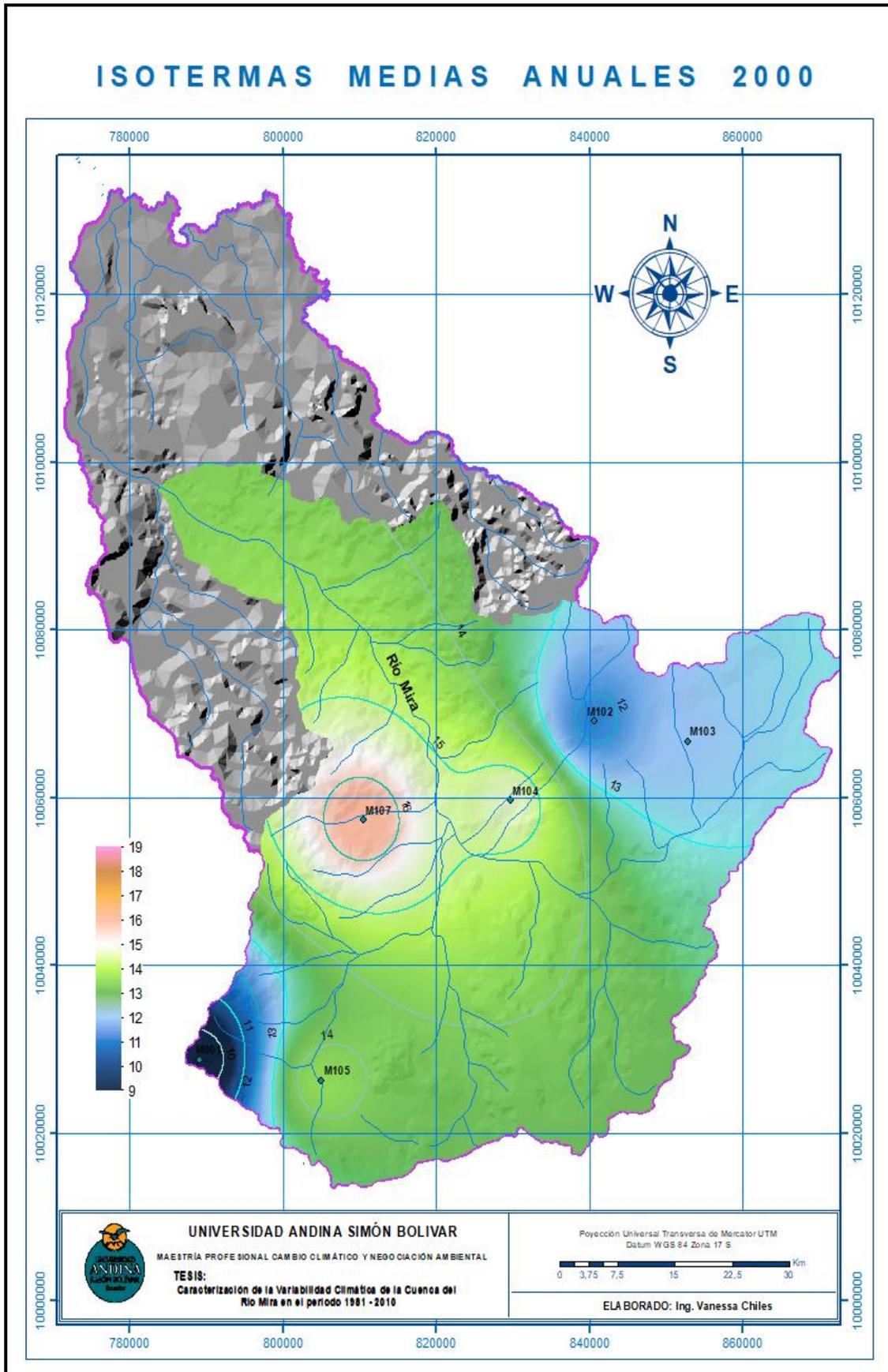


Mapa 87. Isothermas medias anuales 1998.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi

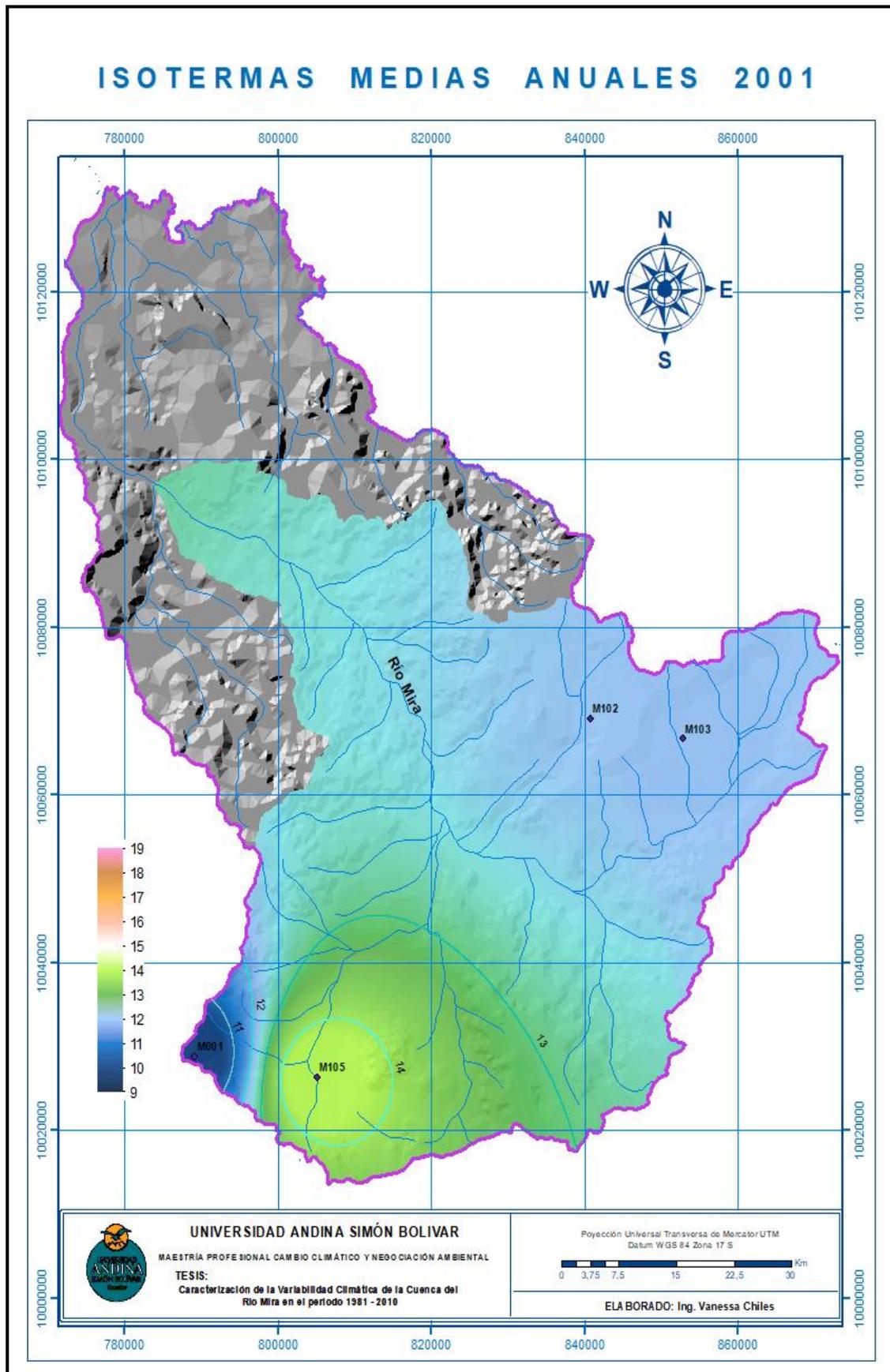


Mapa 88. Isotermas medias anuales 1999.

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

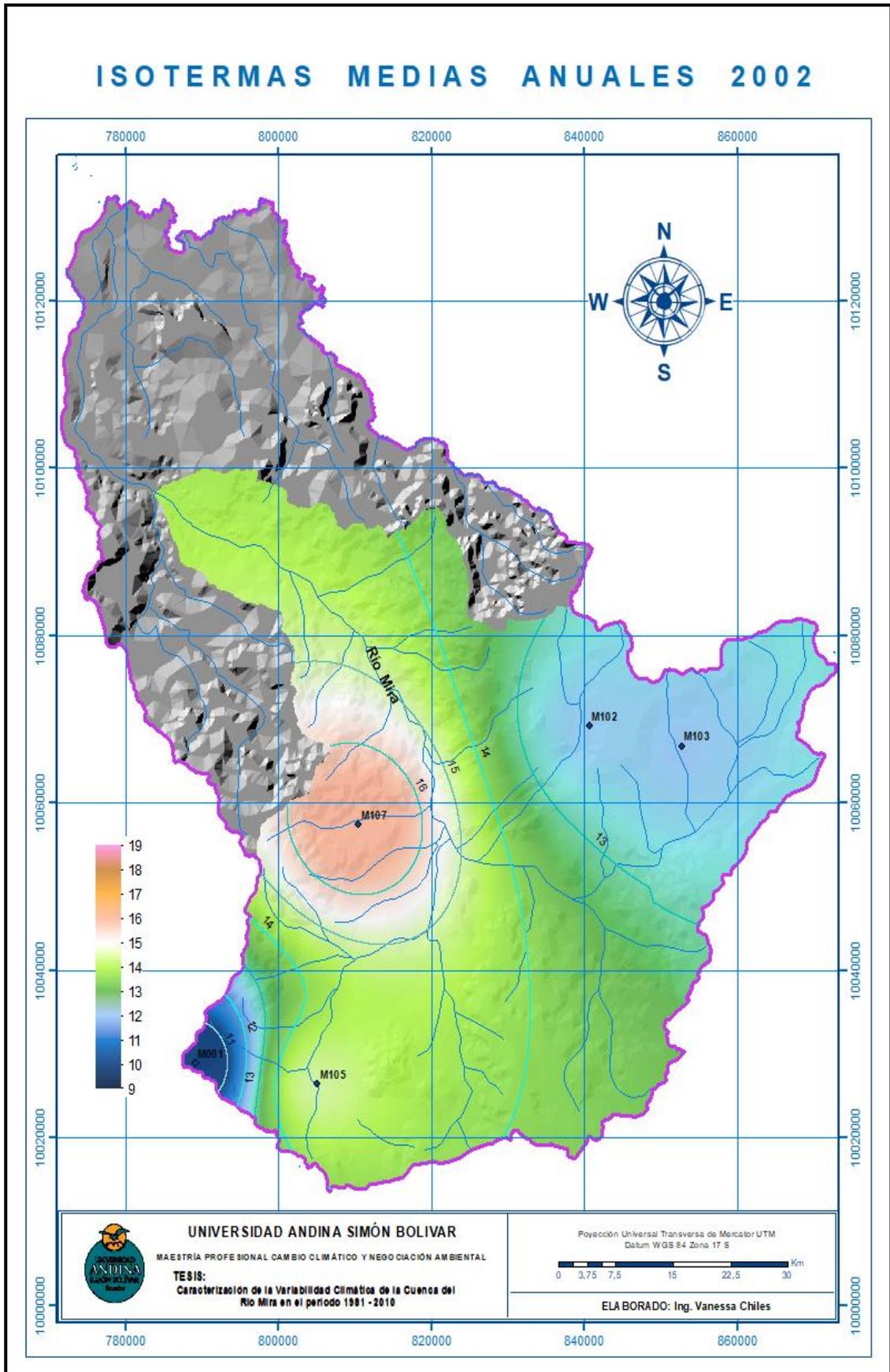


Mapa 89. Isothermas medias anuales 2000.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

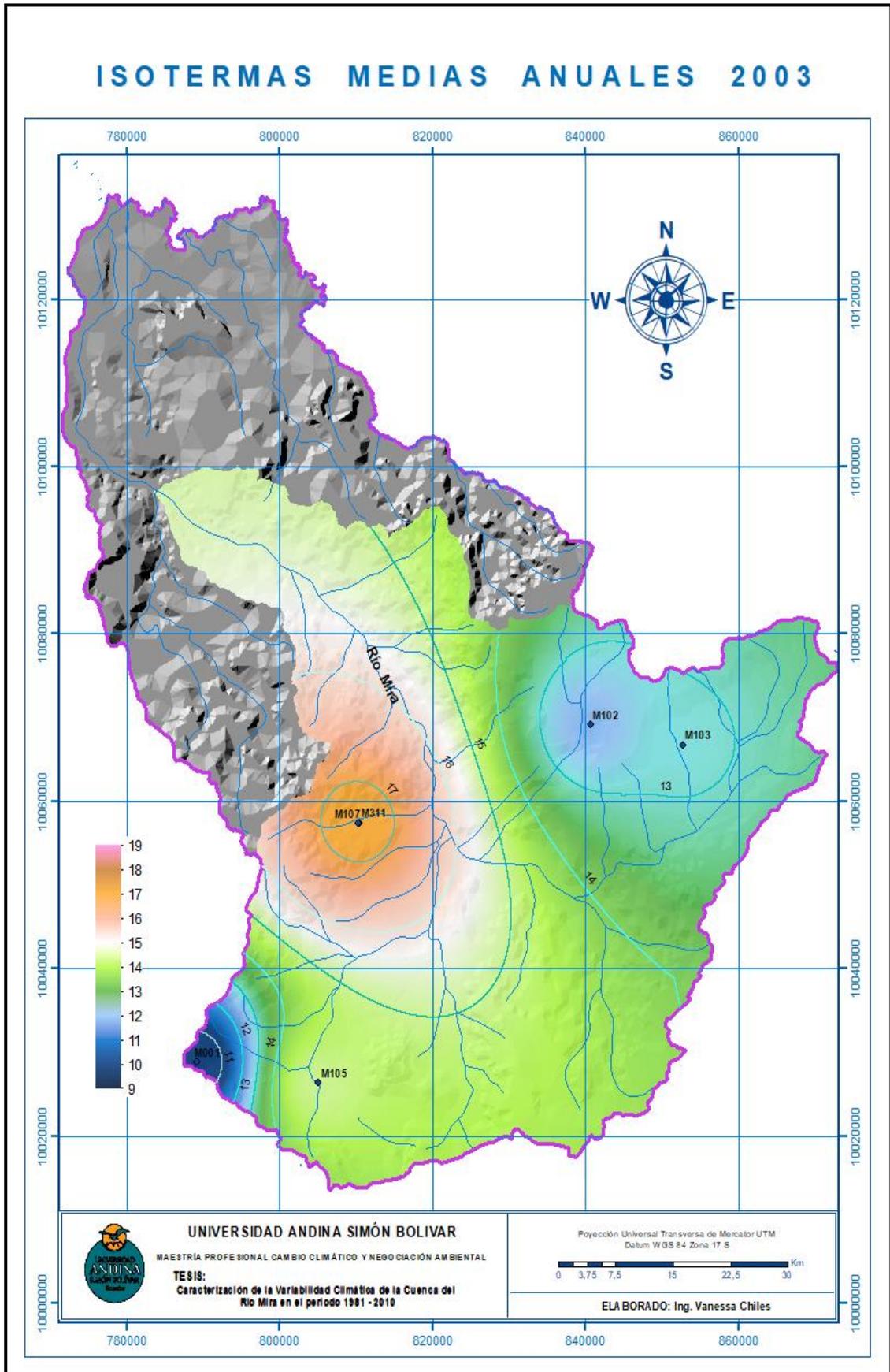


Mapa 90. Isothermas medias anuales 2001.

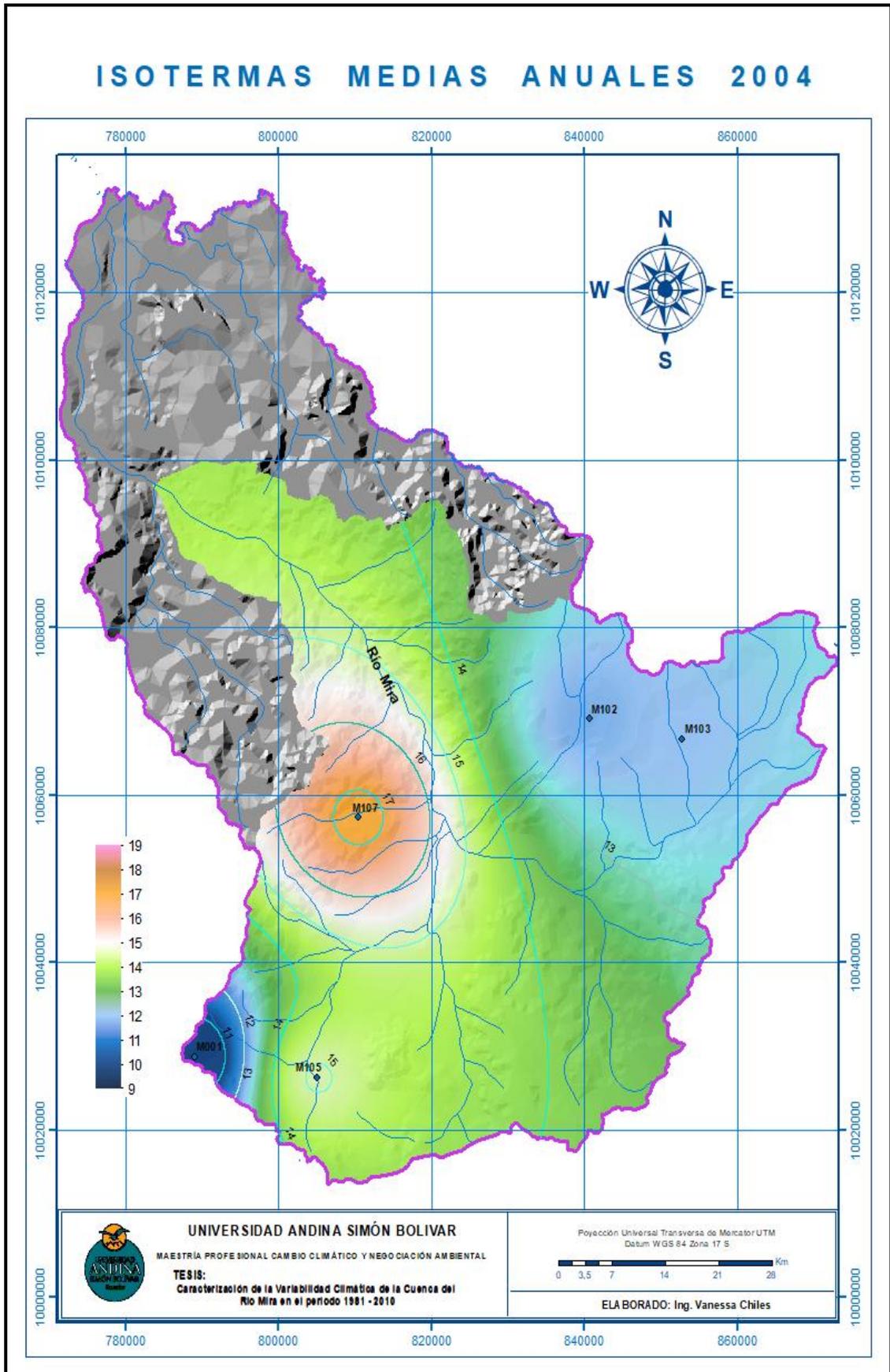
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



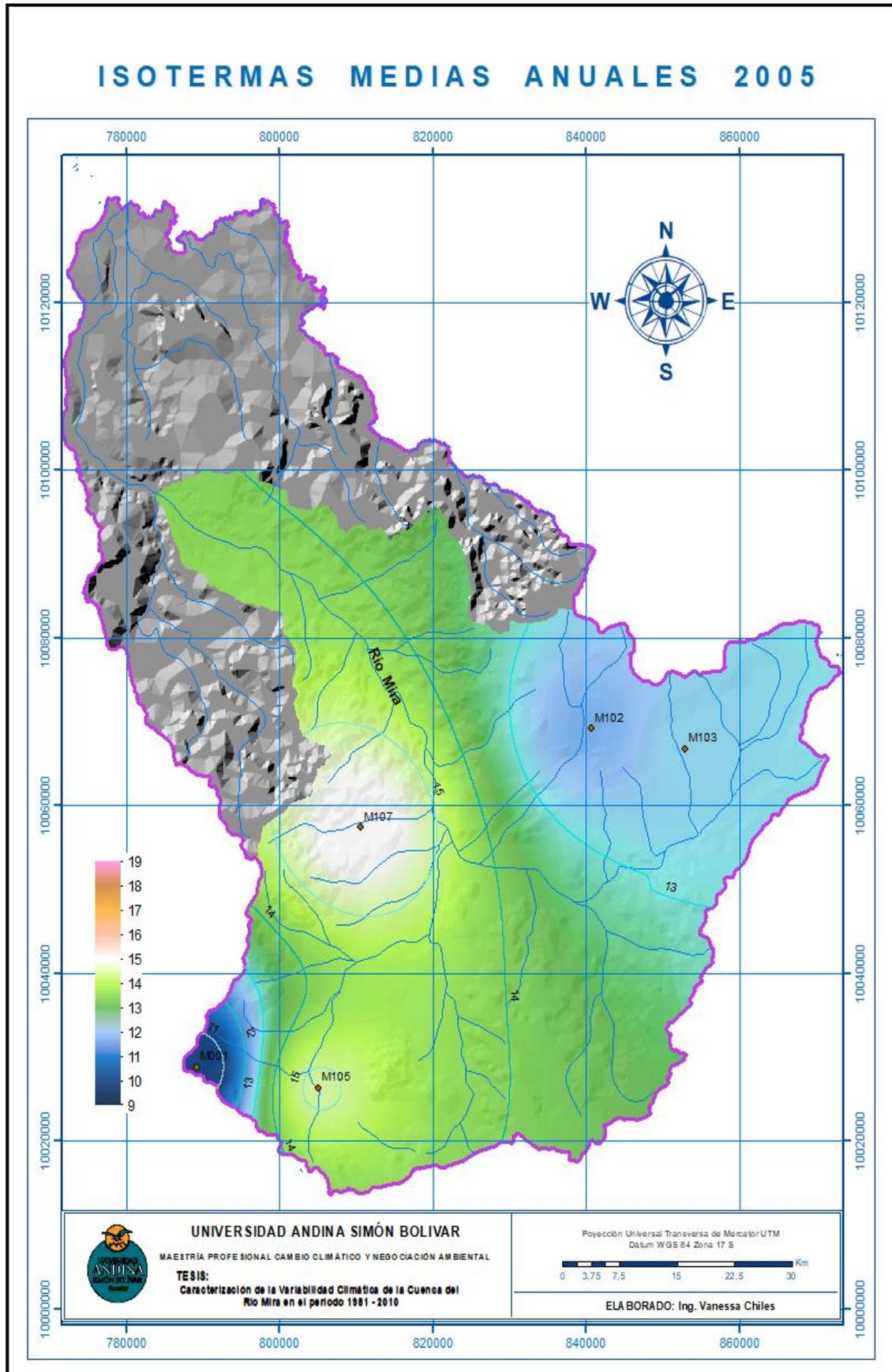
Mapa 91. Isothermas medias anuales 2002.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 92. Isotermas medias anuales 2003.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

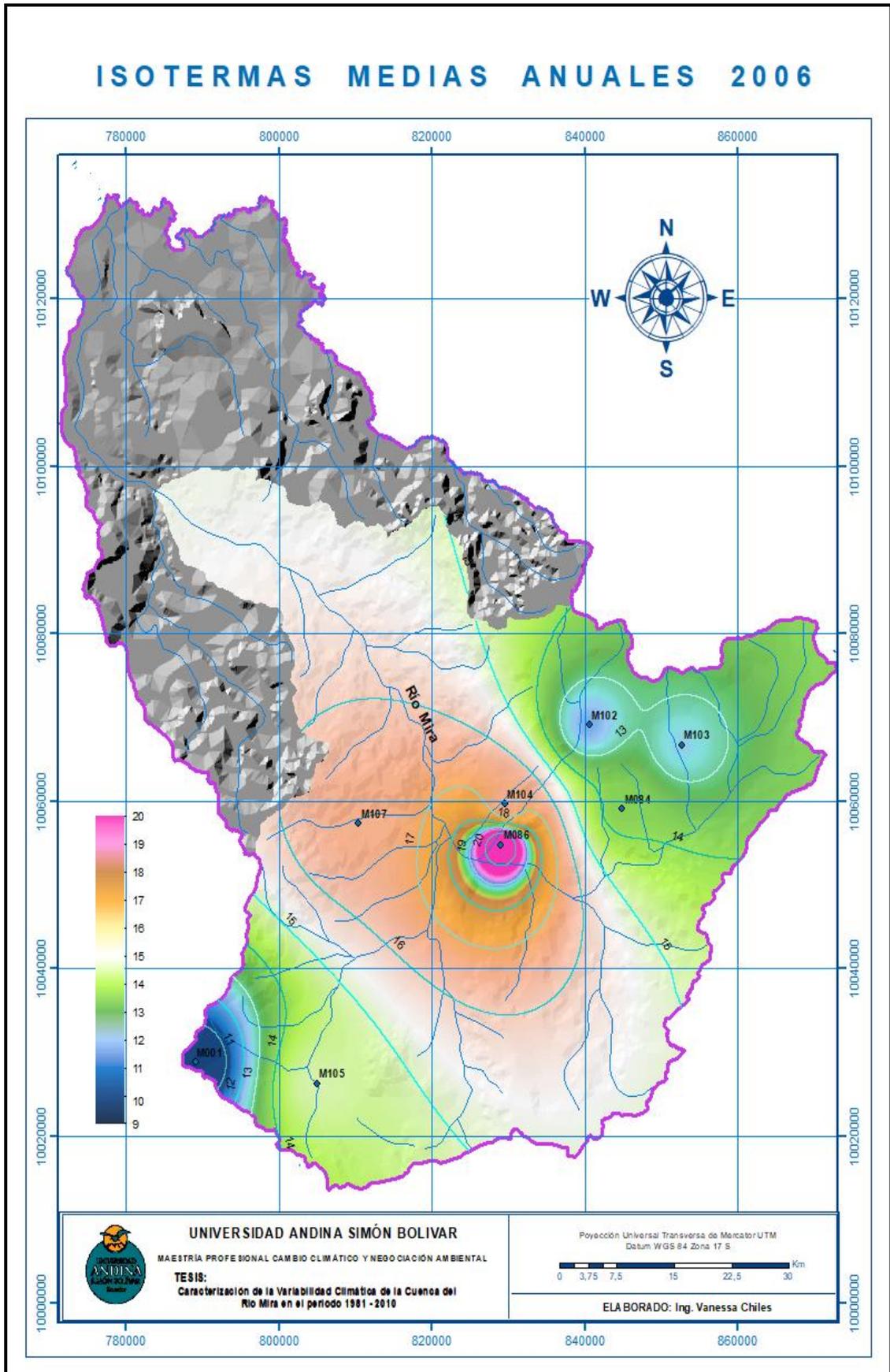


Mapa 93. Isotermas medias anuales 2004.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

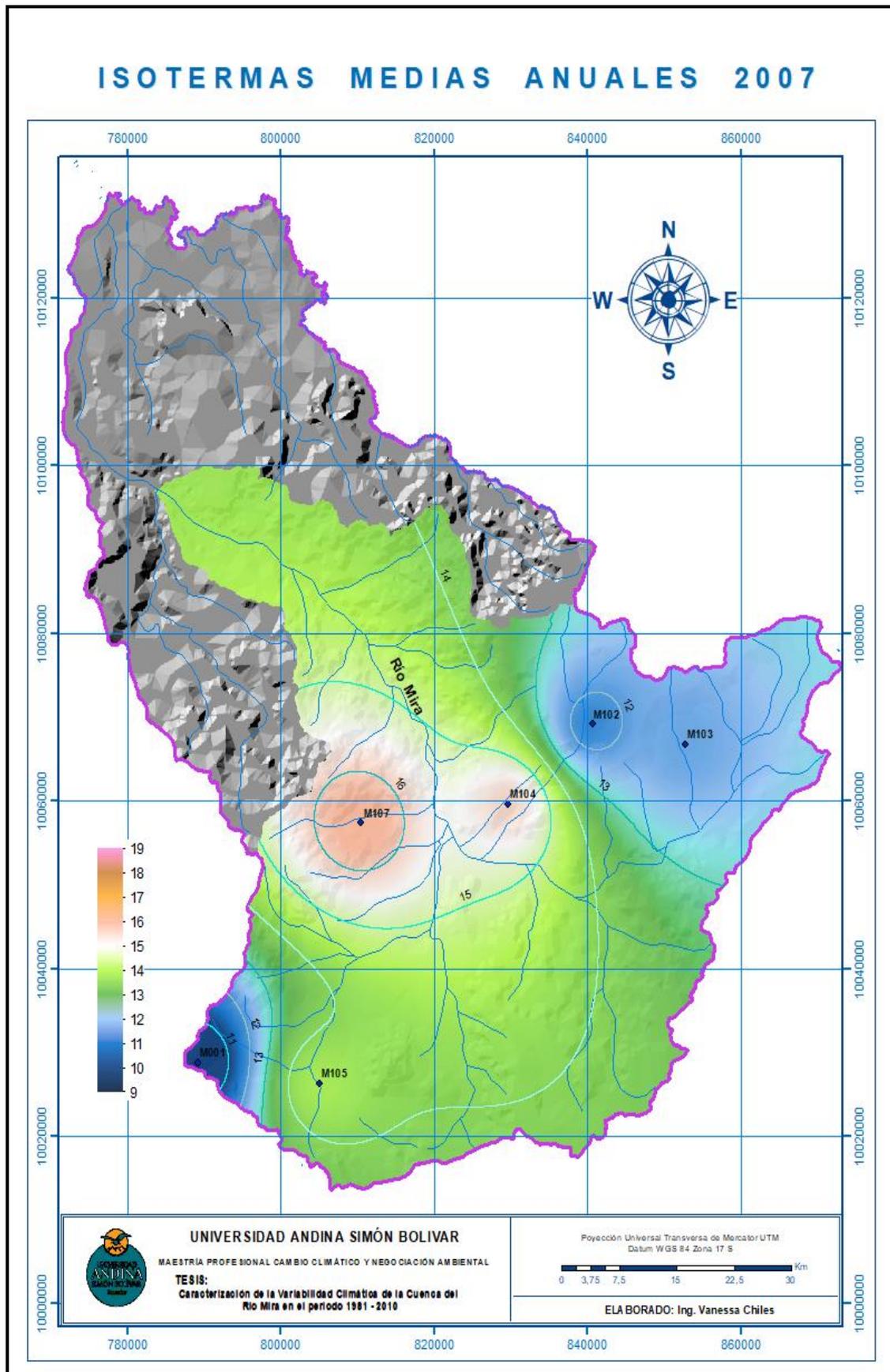


Mapa 94. Isothermas medias anuales 2005.

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

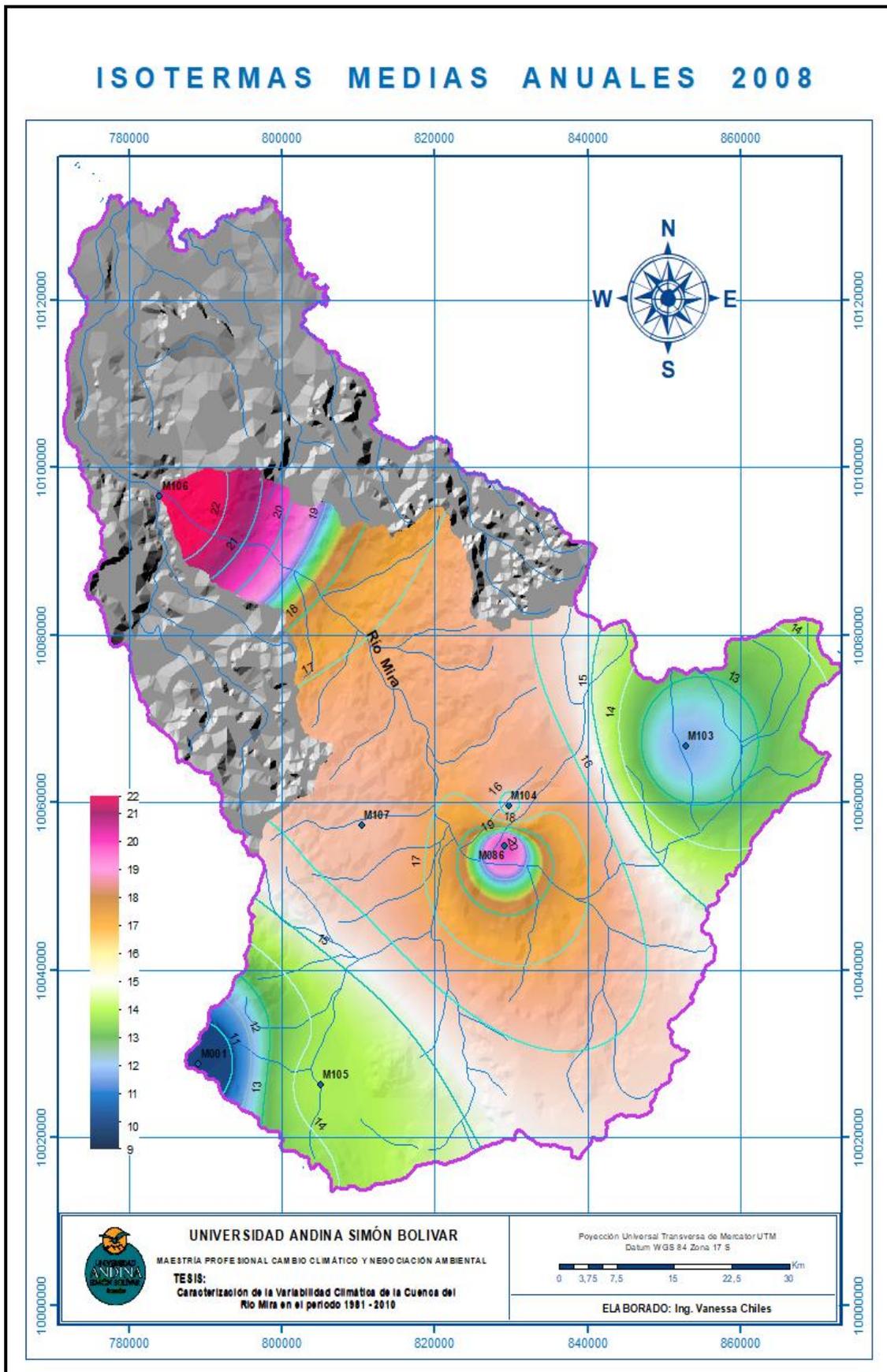


Mapa 95. Isothermas medias anuales 2006.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

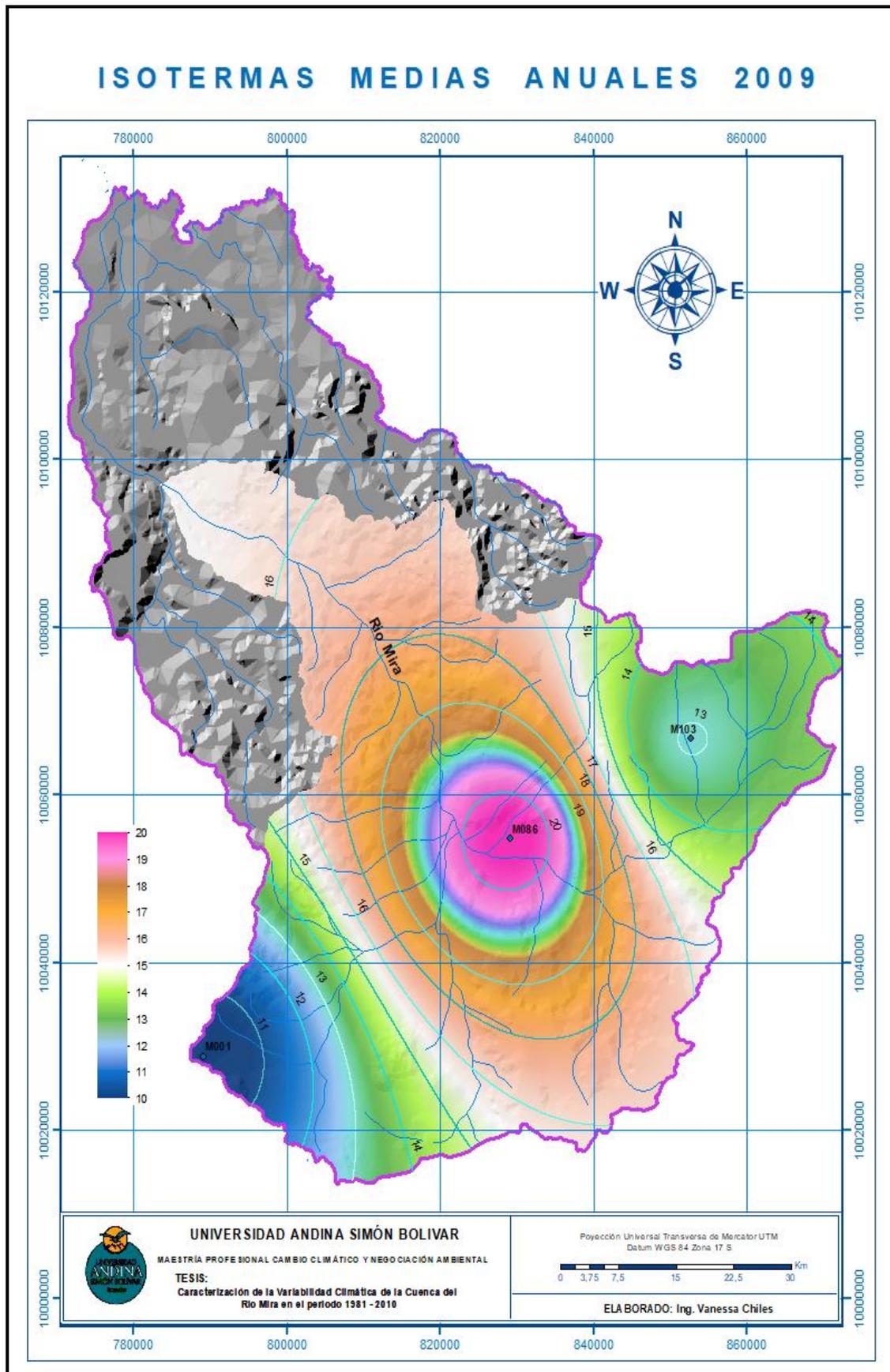


Mapa 96. Isotermas medias anuales 2007.

Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

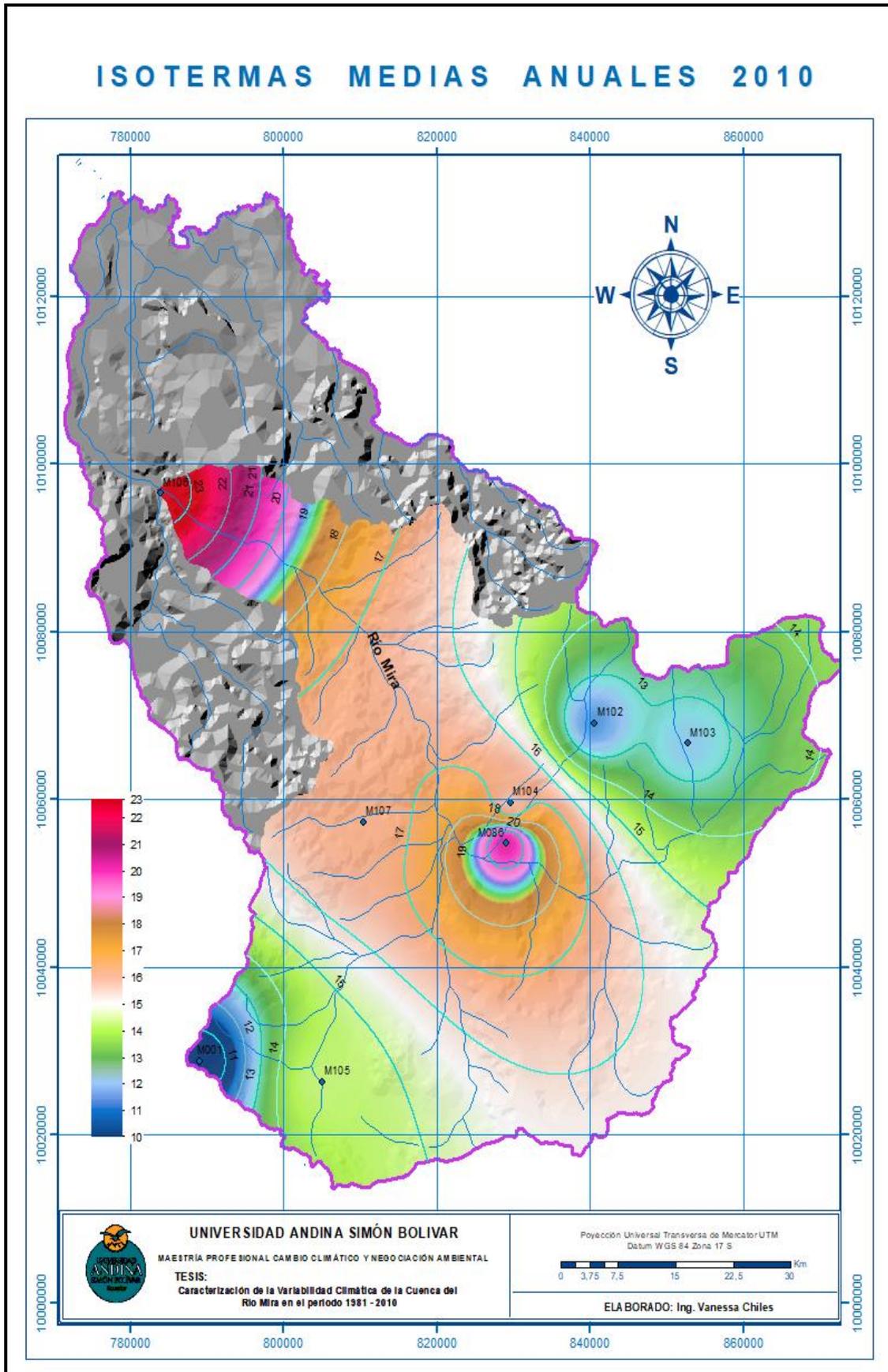


Mapa 97. Isothermas medias anuales 2008.
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.

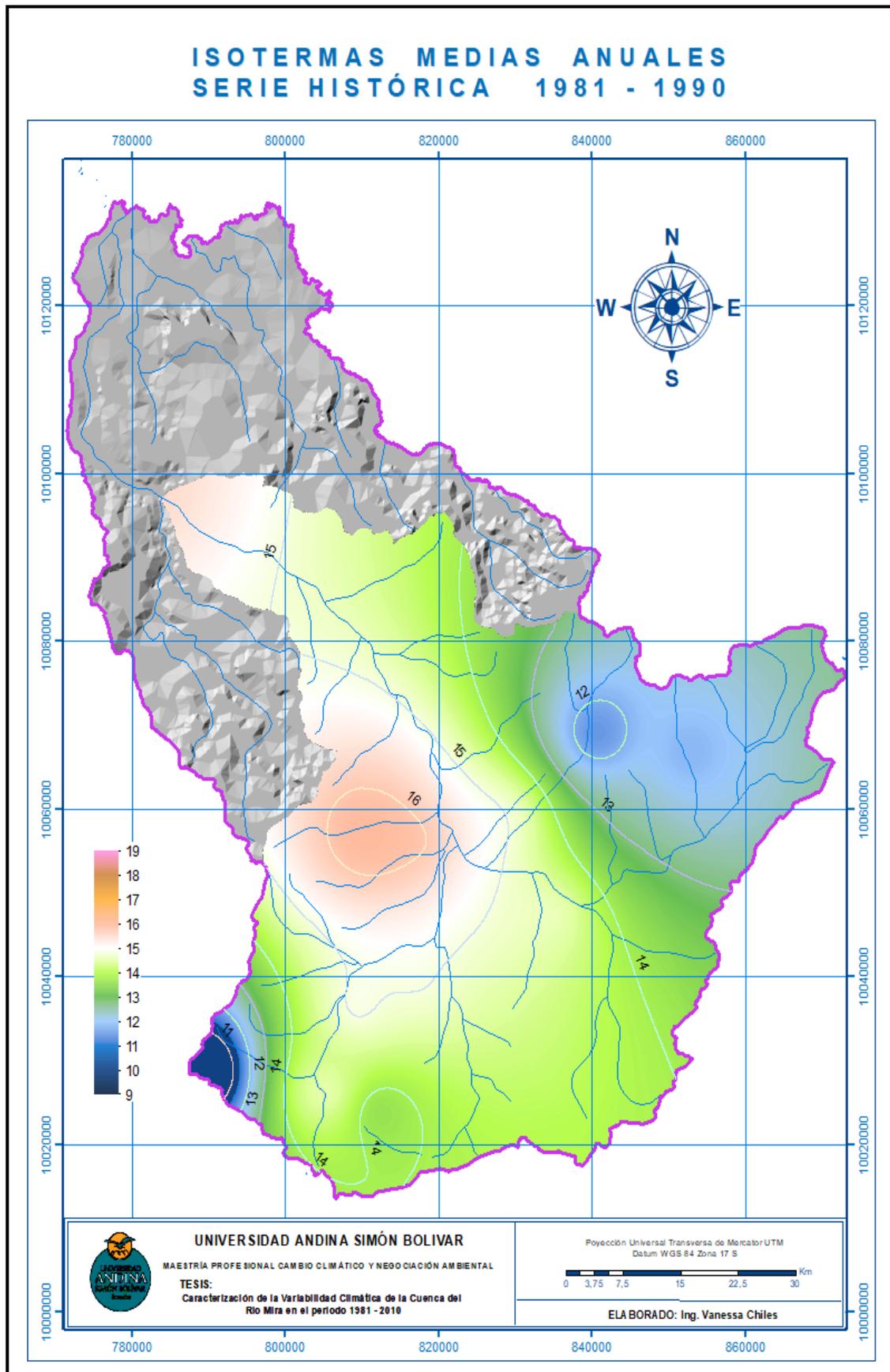


Mapa 98. Isotermas medias anuales 2009.

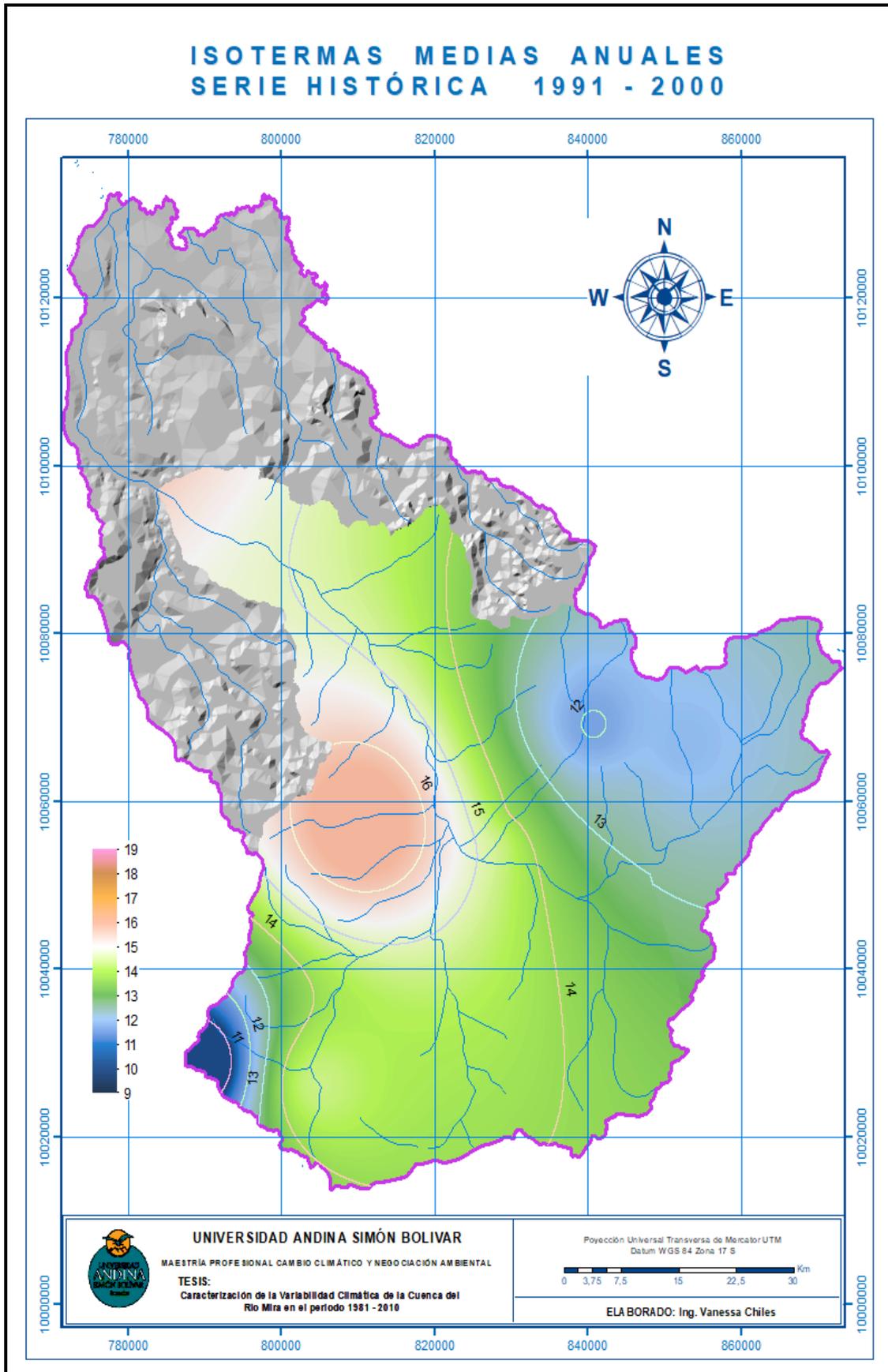
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



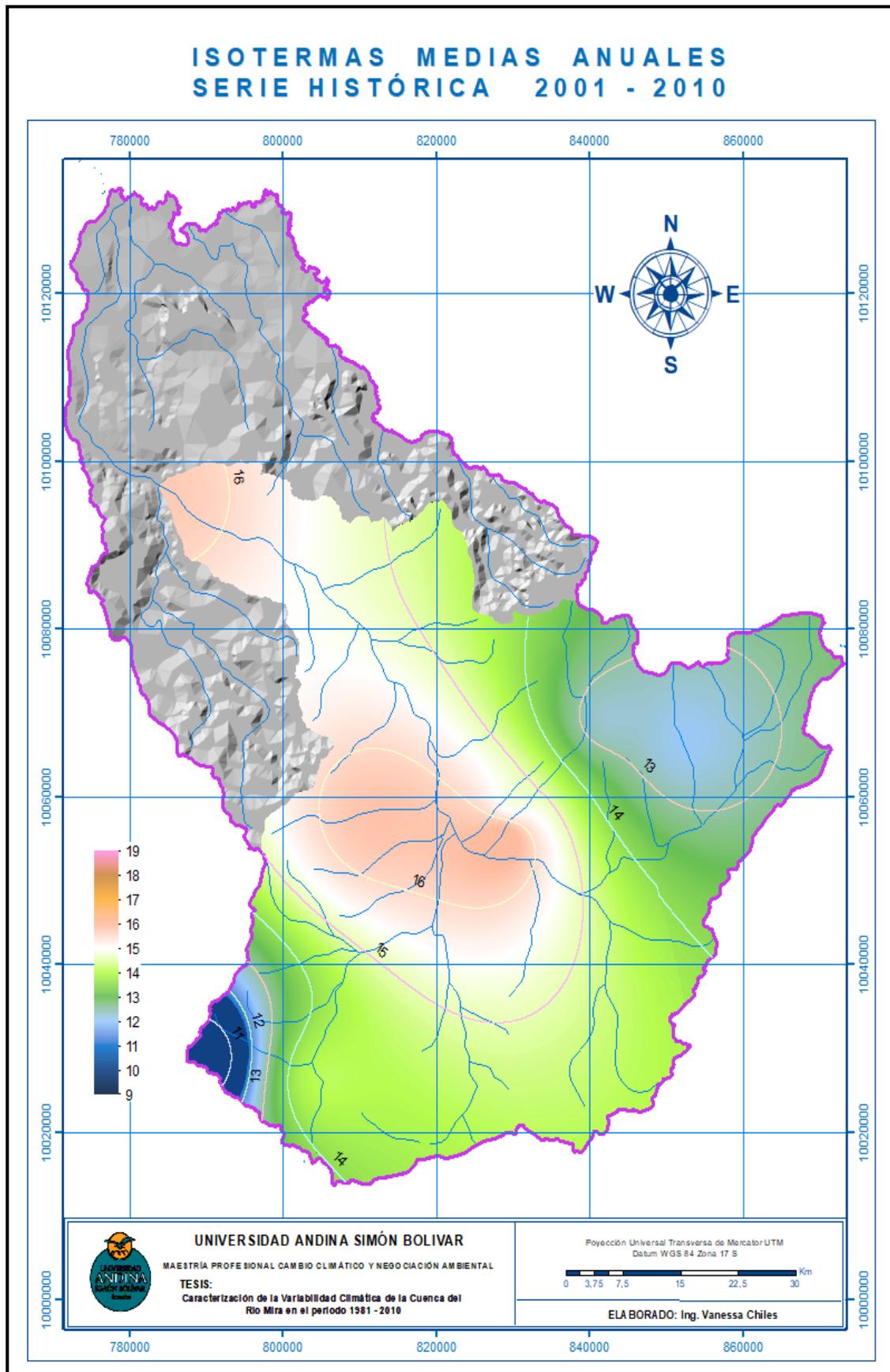
Mapa 99. Isotermas medias anuales 2010.
 Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



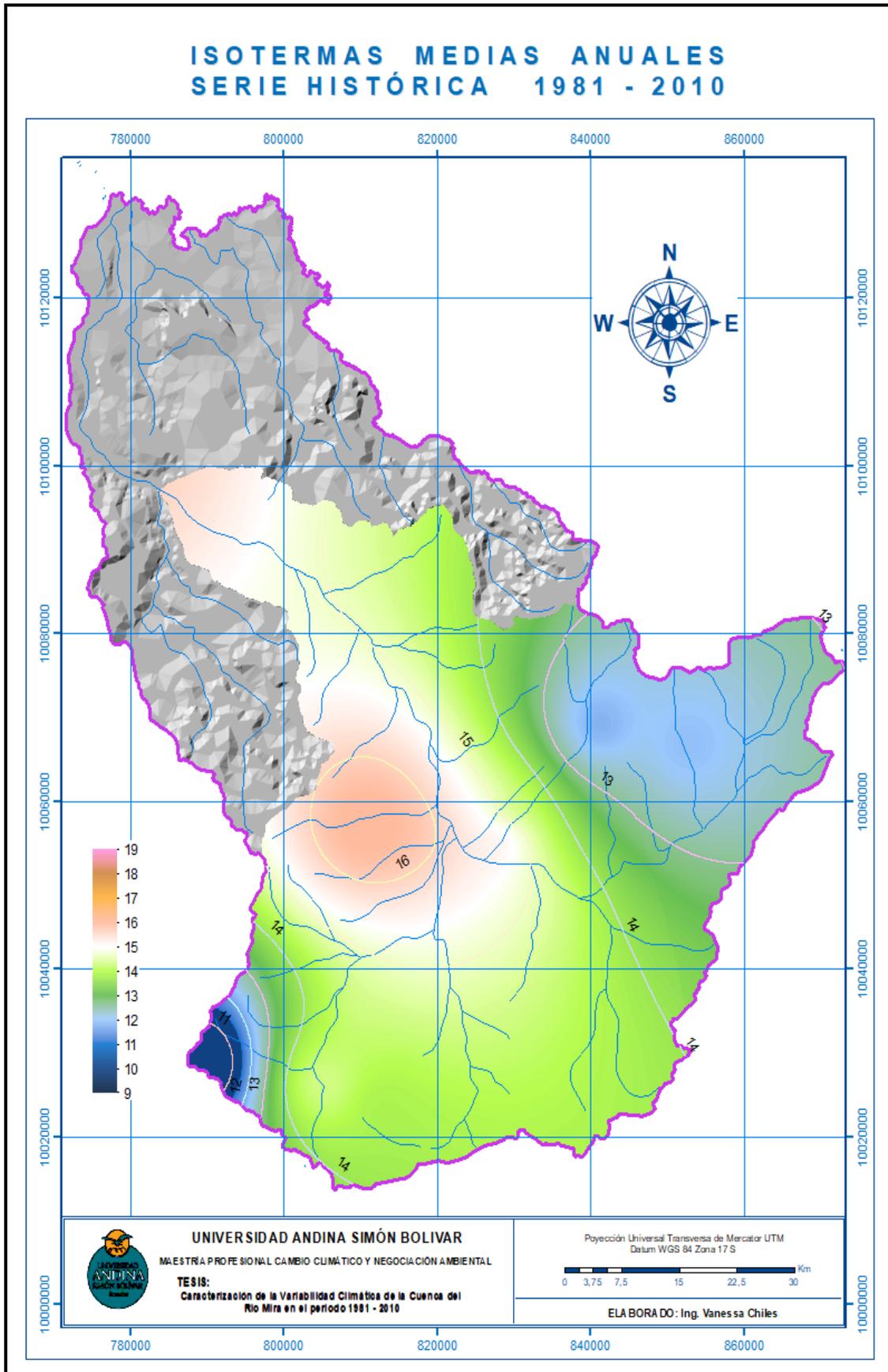
Mapa 100. Isotermas medias anuales serie histórica 1981-1990
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 101. Isotermas medias anuales serie histórica 1991-2000
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 102. Isotermas medias anuales serie histórica 2001-2010
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.



Mapa 103. Isothermas medias anuales serie histórica 1981-2010
Fuente y elaboración del autor, a partir de datos del Inamhi.