Vulnerabilidad y resiliencia

en el Altiplano boliviano

Copyright©2016, Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y el Medio Ambiente “Agua Sustentable”

Esta publicación podrá ser reproducida para fines no lucrativos con persmiso del Autor, reconociendo la fuente de la información. El Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del agua y el Medio Ambiente agradecerá que le hagan llegar cualquier publicación que utilice este reporte como fuente.

Para referencias bibliográficas esta publicación deberá ser citada como “Agua Sustentable (2016) - VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA EN EL ALTIPLANO BOLIVIANO” La Paz, Bolivia.

Deposito Legal: 4-1-731-16
ISBN: 978-99954-1-706-2

Centro de apoyo a la Gestión Sustentable del agua y del medio ambiente “Agua Sustentable”
info@aguasustentable.org
Telefono: 2151744-2112682 casilla 13078
web: http://www.aguasustentable.org
http://cambioclimaticoyagua.org.bo/

Esta publicación fue preparada con fondos provistos bajo el Marco del Proyecto “Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano Boliviano” con el apoyo del International Development Research Centre IDRC. Ottawa, Canadá.

Las asignaciones empleadas y la presentación no implican la expresión de ninguna opinión de la Autoría o las agencias de cooperación.

Lamentamos cualquier error u omisión que se haya podido realizar sin saberlo.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN 11

INTRODUCCIÓN 13

CAPÍTULO I
CONTEXTO FÍSICO-SOCIAL-ECONÓMICO

1. El Altiplano Sudamericano 17
   1.1. El Altiplano Boliviano 17
2. El Sistema TDPS (Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salares) 18
   2.1. Lago Titicaca 20
   2.2. Río Desaguadero 20
   2.3. Lago Poopó 21
   2.4. Salar Coipasa 21
   2.5. Estructura Política del Sistema TDPS 22
   2.6. Subcuencas del Sistema TDPS 23
3. CUENCAS MAURI-DESAGUADERO-POOPÓ 24
   3.1. Fisiografía 25
   3.2. Geología 26
   3.3. Vegetación 27
   3.4. Acuíferos 28
   3.5. Suelos 29
   3.6. Aspectos Socio-Económicos 30
      3.6.1. Población 30
      3.6.2. Estructura socio productiva 31
         3.6.2.1. Características socio-culturales 31
         3.6.2.2. Características productivas 32

CAPITULO II
VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA

1. Análisis de vulnerabilidad 37
   1.1. Estudios climáticos 38
      1.1.1. Zonas climáticas 40
      1.1.2. Temperatura 42
      1.1.3. Precipitación 47
      1.1.4. Humedad Relativa 50
      1.1.5. Viento 51
      1.1.6. Radiación solar 52
      1.1.7. Evapotranspiración de referencia (ETo) 52
      1.1.8. Escenarios climáticos 54
      1.1.9. Modelos climáticos 54
      1.1.10. Temperatura 55
      1.1.11. Precipitación 57
      1.1.12. Escenarios de cambio climático para el altiplano boliviano – un análisis comparativo entre AR4 y AR5 del IPCC 59
   1.2. Análisis 62
      1.2.1. Oferta de agua actual y futura 63
      1.2.2. Demanda de agua actual y futura 71
      1.2.3. Derechos locales del uso del agua 72
      1.2.4. Modelo matemático de gestión de la Cuencas 75
      1.2.5. Modelo de inundación 79
   1.3. Humedales altoandinos 81
      1.3.1. Convención de RAMSAR 82
      1.3.2. Bofedales altoandinos de la cuenca del río Mauri 83
      1.3.3. Vegetación 84
      1.3.4. Hidrogeología de los bofedales 85
      1.3.5. Análisis multitemporal de los bofedales 86
      1.3.6. Impactos del cambio climático en los bofedales altoandinos 86
      1.3.7. Análisis de sensibilidad de los bofedales 87
      1.3.8. Demanda de riego de bofedales 87
      1.3.9. Contaminación por arsénico y boro en los bofedales 87
   1.4. Mapeo de vulnerabilidades 88
      1.4.1. Exposición 88
      1.4.2. Sensibilidad 94
      1.4.3. Capacidad de adaptación 111
      1.4.4. Vulnerabilidad al cambio climático 120
2. Resiliencia y capacidades de adaptación 122
   2.1. Presupuestos municipales para el Cambio Climático 122
      2.1.1. Criterios que permiten lograr efectividad en la inversión municipal en adaptación 123
   2.2. Marco legal e institucional 124
      2.2.1. Programas Nacionales e Inversión Pública 125
      2.2.2. Planes Departamentales 125
   2.3. Estrategia de conservación de humedales altoandinos 125
      2.3.1. Acciones estratégicas para la adaptación al cambio climáticos-humedales Altoandinos 127
   2.4. Conocimientos y prácticas tradicionales resilientes 127

2.4.1. Manejo de la Biodiversidad y de la Complejidad 128
2.5. Gestión del territorio como estrategia de adaptación 129
2.5.1. La gestión del territorio-Estudio de caso Municipio de papel pampa .. 129
2.6. Actores públicos-privados- sociales. Los alcances de las redes y plataformas 129
2.7. Lideresas del Cambio Social 131
3. Vulnerabilidad y resiliencia por municipio 132
3.1. Departamento de La Paz 133
3.2. Departamento de Oruro 151

CAPÍTULO III
PLAN ESTRATÉGICO DE RESILIENCIA CLIMÁTICA PARA VIVIR BIEN

1. Características y Alcances 174
1.1. Objetivo y Principios 174
1.2. Alcances 174
1.3. Metodología de construcción del Plan 175
1.3.1. Etapas del proceso de construcción del Plan 175
2. Inductores de la construcción del Plan: Desarrollo de capacidades y obras piloto .. 176
2.1. Desarrollo Integral de Capacidades 176
2.1.1. Obras piloto y el relacionamiento con las comunidades y municipios .. 178
2.1.2. Desarrollo de Capacidades a Mujeres 179
2.2. Implementación de obras piloto como ejemplos de estrategias de adaptación . 180
3. Programas de la Política de Cambio Climático para el Mecanismo de Adaptación: Políticas, objetivos y acciones estratégicas 182
3.1. Programa: Resiliencia de los sistemas de vida y seguridad alimentaria 182
3.2. Programa: Prevención y reducción de riesgos por impactos del cambio climático 183
3.3. Programa: Gestión integral del agua 184
3.4. Programa: educación y salud 185
4. Hacia la Implementación del Plan 186
4.1. Enfoque de trabajo desde las comunidades tomando en cuenta sus sistemas de vida y la cuenca como un sistema integral 186
4.2. El modelo Sajama - Municipio de Curahuara de Carangas 187
4.3. La Plataforma Aroma Sur como punta de lanza de la implementación del Plan de Adaptación 188
4.4. Incentivos potenciales a corto plazo 189
4.5. Mecanismo institucional de referencia para la implementación del Plan 191

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 192

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN Y REDACCIÓN 195

INSTITUCIONES COLABORADORAS 196

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa I-1. Mapa de Gradiente Altitudinal del Sistema TDPS 19
Mapa I-2. Mapa Político Administrativo del Sistema TDPS 22
Mapa I-3. Subcuencas del Sistema TDPS 23
Mapa I-4. Mapa de Municipios de la Cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó 24
Mapa I-5. Mapa fisiográfico de la Cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó 25
Mapa I-6. Mapa Geológico de la Cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó 26
Mapa I-7. Mapa de vegetación de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó 27
Mapa I-8. Mapa de acuíferos de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó 28
Mapa I-9. Mapa de textura del suelo la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó 29
Mapa I-10. Mapa de pH del suelo de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó 29
Mapa I-11. Mapa de aptitud del suelo de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó ... 29
Mapa I-12. Mapa de uso actual del suelo de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó 29
Mapa I-13. Distribución de producción agrícola por municipio de las cuencas Mauri, Desaguadero y Poopó 33
Mapa I-14. Distribución de producción pecuaria por municipio de las cuencas Mauri, Desaguadero y Poopó 34

Mapa II-1. Clasificación Climática- Método de Thornthwaite en función de la eficiencia de precipitación y temperatura 41
Mapa II-2. Temperatura promedio anual y mensual del Sistema TDPS 42
Mapa II-3. Temperatura máxima media anual y mensual del Sistema TDPS 43
Mapa II-4. Temperatura mínima media anual y mensual del Sistema TDPS 43
Mapa II-5. Tendencias de temperatura media anual (izquierda) temperatura máxima (derecha superior) y temperatura mínima (derecha inferior) Periodo 1975-2012 44
Mapa II-6. Número de días con helada (isolíneas azules) y tendencias en el Sistema TDPS 45
Mapa II-7. Tendencias sobre la amplitud térmica en el Sistema TDPS 46
Mapa II-8. Grupos Regionales del Altiplano Sudamericano 47
Mapa II-9. Precipitación media anual y mensual del Sistema TDPS 48
Mapa II-10. Precipitación mensual e isoyetas en base a resultados del Vector Regional, con datos reconstituidos (Yuque and Molina, 2015) 48
Mapa II-11. Tendencias en precipitación media anual (1960-2012) 49
Mapa II-12. Humedad relativa anual y mensual. Periodo 1960-2012 50
Mapa II-13. Velocidad del viento anual y mensual. Periodo 1960-2012 51
Mapa II-14. Evapotranspiración anual y mensual en el Sistema TDPS
Mapa II-15. Cambio de la temperatura media para el escenario A2 2050, según el modelo MIROC3.2 y ECHAM5 para el periodo 2050 (Carrasco and Molina, 2014) 55
Mapa II-16. Cambio de la temperatura media mensual para los modelos ECHAM5 y MIROC3.2 (Hernandez y Molina, 2014) 56
Mapa II-17. Cambio de la precipitación media para el escenario A2 2050, según el modelo MIROC3.2 (superior) y ECHAM5 (inferior) (Carrasco y Molina, 2014) 57
Mapa II-18. Cambio de la precipitación media para el escenario A2 2030 según el modelo MIROC3.2 (Carrasco and Molina, 2014) 58
Mapa II-19. Estaciones hidrométricas de la cuenca del Lago Titicaca (izquierda arriba) y Mauri-Desaguadero (izquierda abajo) y cuencas de aporte del sistema TDPS (derecha) (Uría y Molina, 2013) 62
Mapa II-20. División de las subcuencas del Lago Titicaca 63
Mapa II-21. División de las subcuencas Mauri – Desaguadero 67
Mapa II-22. Demanda de agua de los sistemas de riego 71
Mapa II-23. Ubicación de los sistemas de riego en los departamentos de La Paz y Oruro en la cuenca del río Mauri Desguadero (Villarroel y Perez, 2015a) 72
Mapa II-24. Sistemas de riego para el año 2006, 2010 y 2013 en la cuenca Mauri Desaguadero (Villarroel y Perez, 2015a) 74
Mapa II-25. Índice de Humedad Topográfico de la Sub cuenca del Lago Poopó (Vargas, 2015) 79
Mapa II-26. Frecuencia de inundaciones en la subcuenca Poopó (1985-2015) 79
Mapa II-27. Distribución de Bofedales en la Cuenca del Río Mauri - Molina, 2007 (Jimenez, 2014) 83
Mapa II-28. Nivel de sensibilidad de los bofedales 87
Mapa II-29. Número de inundaciones reportadas en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 89
Mapa II-30. Número de heladas reportadas en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 89
Mapa II-31. Número de granizadas reportadas en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 89
Mapa II-32. Número de sequias reportadas en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 89
Mapa II-33. Ocurrencia de eventos extremos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 90
Mapa II-34. Efecto de los eventos extremos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 91
Mapa II-35. Efecto de los eventos extremos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 92
Mapa II-36. Exposición a riesgos climáticos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 93
Mapa II-37. Carga animal en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 94
Mapa II-38. Demanda de agua de los sistemas de riego en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 95
Mapa II-39. Municipios Propensos a deslizamientos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 95
Mapa II-40. Erosión en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 96
Mapa II-41. Bofedales y salinización en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 96
Mapa II-42. Grado de impacto de actividad minera en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 97
Mapa II-43. Manejo de residuos sólidos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 97
Mapa II-44. Tipo de manejo de residuos sólidos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 98
Mapa II-45. Densidad poblacional en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 98
Mapa II-46. Sensibilidad Ambiental en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 99
Mapa II-47. Vulnerabilidad de los derechos de los sistemas de riego en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 100

Mapa II-48. Población que se dedica a la agricultura, ganadería, caza y silvicultura en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 100
Mapa II-49. Razón de dependencia en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 101
Mapa II-50. Índice de desarrollo humano en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó... 102
Mapa II-51. Índice de pobreza extrema en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó ... 102
Mapa II-52. Población sensible en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 103
Mapa II-53. Densidad de red vial en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 104
Mapa II-54. Necesidades básicas satisfechas e instalaciones de salud en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 105
Mapa II-55. Cobertura de servicio de agua potable en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 105
Mapa II-56. Fuentes de Agua Potable en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 106
Mapa II-57. Cobertura de saneamiento en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 106
Mapa II-58. Servicio sanitario en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 107
Mapa II-59. Acceso a servicios básicos y salud en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 108
Mapa II-60. Sensibilidad socioeconómica en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó... 109
Mapa II-61. Sensibilidad en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 110
Mapa II-62. Ejecución presupuestaria en desarrollo sustentable en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 111
Mapa II-63. Presupuesto en RRNN y riesgos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 112
Mapa II-64. Proyectos de agua en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 112
Mapa II-65. Capacidad gubernamental en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 113
Mapa II-66. Tasa de asistencia escolar en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó ... 114
Mapa II-67. Tasa de escolarización en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 115
Mapa II-68. Tasa de alfabetismo en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 115
Mapa II-69. Ingreso diversificado en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 116
Mapa II-70. Capacidades desarrolladas por la población en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 117
Mapa II-71. Capacidad institucional en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 118
Mapa II-72. Capacidad de conservación de conocimientos ancestrales en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó 118
Mapa II-73. Capacidad de Adaptación en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó..... 119
Mapa II-74. Vulnerabilidad en la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó..... 121

Mapa III-1. Desarrollo de capacidades 178
Mapa III-2. Desarrollo de Capacidades de Lideresas 179

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1 Subcuencas del Sistema TDPS (ALT, 2015) 23
Tabla I-2. Estructura productiva según las organizaciones socio-culturales (Villarroel & Perez, 2015) 31

Tabla II-1. Regiones térmicas (Yuque y Molina, 2015) 46
Tabla II-2. Temperaturas promedio durante el día y la noche de acuerdo a áreas (Yuque and Molina, 2015) 46
Tabla II-3. Modelos climáticos globales utilizados..... 54
Tabla II-4. Resumen de las escenarios recomendados para planificación..... 61
Tabla II-5. Resumen promedio de los meses de riego (Brazo izquierdo Desaguadero) LB y escenarios: ECHAM5 y MIROC3.2..... 77
Tabla II-6. Tabla mensual de caudales según escenario de cambio climático para SR12 78
Tabla II-7. Características de bofedales estudiados..... 83
Tabla II-8. Muestra de 8 municipios de la Cuenca - Presupuesto Anual Municipal destinado para la adaptación (Chavez, 2014) 122
Tabla II-9. Presupuesto de gobiernos municipales para medio ambiente..... 122
Tabla II-10. Cálculo del flujo promedio y varianza mínima en Bs..... 123
Tabla II-11. Programación ideal de recursos para adaptación según nivel de presupuesto total..... 123
Tabla II-12. Proyecto de Inversión en contraparte Municipal-Soracachi Gestion 2012-Resumen de proyectos presupuestados periodo 2009-2012 con 8 Municipios de muestra 124
Tabla II-13. Acciones estratégicas para la adaptación al cambio climáticos-humedales Alto Andinos..... 127
Tabla II-14. Principales técnicas ancestrales identificadas..... 127
Tabla II-15. Plagas de los cultivos más importantes y forma de control tradicional en los municipios de la cuenca del río Mauri Desaguadero 128
Tabla II-16. Municipios de la Cuenca Mauri Desaguadero Poopó del Departamento de La Paz..... 130
Tabla II-17. Municipios de la Cuenca Mauri Desaguadero Poopó del Departamento de Oruro 130
Tabla II-18. Organizaciones y/o proyectos gubernamentales y No Gubernamentales para temas de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático 130
Tabla II-19. Variables del análisis de capacidad adaptativa de las mujeres al Cambio Climático (Soto, 2014) 131

Tabla III-1. Componentes de Manejo Integral de la Cuenca Sajama..... 187
Tabla III-2. Programas de adaptación de la LMT y POAs municipales (Garafulic, 2015) 189
Tabla III-3. Planes Operativos Anuales 2014 relacionado al Plan de Adaptación al Cambio Climático 189
Tabla III-4. Tipos de Proyecto relacionados a la Adaptación al Cambio Climático en el Municipio de La Paz 189
Tabla III-5. Tipos de Proyecto relacionados a la Adaptación al Cambio Climático en el Municipio de Oruro..... 189
Tabla III-6. Presupuesto destinado a desastres en las campañas 2012-2013 y 2013-2014 (Tondelli, 2015)..... 190

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1. Población Mauri Desaguadero y Poopó y Total de la Cuenca (2000-2012) 30
Figura I-2. Culturas originarias de la cuenca del Mauri Desaguadero Poopó..... 31
Figura I-3. Situación Actual de las Comunidades Originarias y Campesinas..... 31
Figura I-4. Distribución de la producción ganadera y agrícola de la cuenca..... 32

Figura II-1. Percepciones sobre el Cambio Climático (Tras las huellas del cambio climático en Bolivia (PNUD, 2011) 38
Figura II-2. Circulación general de las masas de aire en América del Sur (digitalización en base a ALT-OEA-PNUMA) 39
Figura II-3. Precipitación media mensual 47
Figura II-4. Precipitación media anual en diferentes regiones del Sistema TDPS (Yuque y Molina, 2015) 47
Figura II-5. El Proceso de Selección de Modelos Climáticos Globales (Hernandez and Molina, 2014) 54
Figura II-6. Incremento de temperatura media anual (ºC) 55
Figura II-7. Cambio en la temperatura media anual en ºC de 1971-1999 de acuerdo a CMIP3 para los periodos 2025, 2055 y 2090 59
Figura II-8. Cambio en la temperatura media anual en ºC de 1971-1999 de acuerdo a CMIP5 para los periodos 2025, 2055 y 2090 59
Figura II-9. Cambios en la precipitación en CMIP3 para el periodo 1971-1999 (valores mayor a 1.0 indican incremento) 60
Figura II-10. Cambios en la precipitación en CMIP5 para el periodo 1971-1999 (valores mayor a 1.0 indican incremento) 61
Figura II-11. Precipitación media anual (mm) 1960-2012 64
Figura II-12. Evapotranspiración media anual (mm) 1965-2012 (Penman) 64
Figura II-13. Gráfico de Nivel - Área – Volumen 64
Figura II-14. Niveles del Lago Titicaca (dato del 1er día del mes) 65
Figura II-15. Niveles del lago Titicaca simulados - registrados (m3/s), 1966-2010 65
Figura II-16. Caudales del lago Titicaca simulados - registrados (m^3/s). Periodo 1966-2012 65
Figura II-17. Balance Hídrico de la Cuenca del Lago Titicaca (Periodo 1965-2012) 65
Figura II-18. Comparación del caudal medios anuales a la salida del lago (izquierda) y serie mensual de niveles del lago (derecha) simulados bajo el modelo MIROC 3.2 para los diferentes escenarios de cambio climático 66
Figura II-19. Comparación del caudal medios anuales a la salida del lago (izquierda) y serie mensual de niveles del lago (derecha) simulados bajo el modelo ECHAM 5 para los diferentes escenarios de cambio climático) 66
Figura II-20. Caudales medios mensuales Cuenca Mauri (izquierda) y Bajo Desaguadero (derecha). Periodo 1965-2012 67
Figura II-21. Caudales medios de las Subcuencas del Sistema TDPS 68
Figura II-22. Índices anuales Río Mauri. Periodo 1991-2014 68
Figura II-23. Índices anuales Río Caquena. Periodo 1991-2008 68
Figura II-24. Índices anuales Río Desaguadero Periodo 1991-2014 68
Figura II-25. Índices anuales Río Mauri y Río Desaguadero Periodo 1966-2014 69
Figura II-26. Balance Hídrico en las 8 regiones pluviométricas homogéneas (Yuque, 2012) 70
Figura II-27. Demanda total de sistemas de riego activos y potenciales (m^3/s por año) del río Desaguadero desde el año 1965 hasta el año 2013, y ocurrencia de eventos NIÑO y NIÑA en el mismo periodo. 71
Figura II-28. Variación mensual de la demanda de agua para riego en bofedales (m^3/mes), periodo de 1965 a 2014 72
Figura II-29. Demanda media mensual de todos los sistemas de riego del río Desaguadero para la línea base y escenarios SR12 ECHAM 5 y MIROC3.2 72
Figura II-30. Tipo, sujeto y expresión del derecho de agua de riego en el río Desaguadero 72
Figura II-31. Esquema organizativo de la Zona Desaguadero Bajo (Departamento de Oruro) 73
Figura II-32. Esquema organizativo de la Zona Desaguadero Alto (Departamento de La Paz) 74
Figura II-33. Superficie anual bajo riego el año 2006, 2010 y 2013 74
Figura II-34. Entradas y salidas de un modelo matemático de gestión del agua 75
Figura II-35. Esquema del modelo matemático Mauri – Desaguadero 75
Figura II-36. Esquema de los sistemas de riego aguas arriba de la bifurcación del río Desaguadero 76
Figura II-37. Esquema de los sistemas de riego aguas arriba después de la bifurcación del río Desaguadero 76
Figura II-38. Extracción media anual de los sistemas de riego – Esc. Histórico 77
Figura II-39. Caudales medios mensuales de aporte del río Desaguadero al Lago Poopó (resultados del modelo Mike Basin) 77
Figura II-40. Caudales medios mensuales de extracción (m^3/s) 78
Figura II-41. Caudales medios mensuales de salida del Lago Titicaca y la intercuenca Chuquiña – Desaguadero, para los escenarios: ECHAM 5 y MIROC 3.2 78
Figura II-42. Áreas inundadas para los eventos con distintos periodos de retorno. Tr = Taza de retorno 79
Figura II-43. Áreas inundadas para los años 1996, 1997, 2006 y 2011 80
Figura II-44. Tipos de humedales altoandinos (Navarro, 2012) 81
Figura II-45. Principales Funciones ecosistémicas que proveen los humedales andinos. 82
Figura II-46. Sitios RAMSAR en Bolivia 82
Figura II-47. Área de bofedales en la cuenca del Mauri 83
Figura II-48. Distribución de los tres bofedales altoandinos utilizados como casos de estudio (Jimenez, 2014) 84
Figura II-49. Especies que habitan los bofedales altoandinos de la cuenca del Río Mauri (Domic 2014) 84
Figura II-50. Volumen del bofedal y fluctuación del volumen entre la época seca y humeda 85
Figura II-51. Variación en el nivel freático (m) en tres bofedales altoandinos de la cuenca del río Mauri (Domic, 2014) 85
Figura II-52. Comparación en combinación RGB 4, 3, 2 para resaltar la vegetación (rojo) entre época húmeda y seca 86
Figura II-53. Cambios en el área de los bofedales en la Cuenca del Mauri en Octubre de 1997 y 1998 y la precipitación total mensual en septiembre de 1996 y noviembre de 1997. 86
Figura II-54. Efectos del cambio climático en humedales y paramos de la región andina de Sudamérica (Squeo et al. 2006; Anderson y colaboradores 2011; Buytaert et al. 2011) 86

Figura II-55. Percepción local sobre cambios temporales de los bofedales altoandinos en la cuenca del río Mauri 86
Figura II-56. Demanda actual y futura de los bofedales 87
Figura II-57. Concentración de arsénico y boro en agua, suelo y plantas de bofedales altoandinos de la cuenca del río Mauri, se presentan adicionalmente los límites permisibles como referencia..... 87
Figura II-58. Indicadores de exposición a la vulnerabilidad 88
Figura II-59. Componentes de sensibilidad a la vulnerabilidad 94
Figura II-60. Subindicadores de la sensibilidad ambiental a la vulnerabilidad 94
Figura II-61. Indicadores de sensibilidad socioeconómica a la vulnerabilidad 100
Figura II-62. Subindicadores de sensibilidad de la población a la vulnerabilidad..... 101
Figura II-63. Subindicadores del acceso a los servicios básicos y de salud 104
Figura II-64. Indicadores de capacidad de adaptación a la vulnerabilidad 111
Figura II-65. Subindicadores de la capacidad gubernamental 111
Figura II-66. Subindicadores de las capacidades desarrolladas por la población 114
Figura II-67. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Ayo Ayo 133
Figura II-68. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Calacoto 134
Figura II-69. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Caquiaviri 135
Figura II-70. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Catacora 136
Figura II-71. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Chacarilla 137
Figura II-72. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Charaña..... 138
Figura II-73. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Coro Coro..... 139
Figura II-74. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Jesus de Machaca..... 140
Figura II-75. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Nazacara de Pacajes..... 141
Figura II-76. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Papel Pampa 142
Figura II-77. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Patacamaya 143
Figura II-78. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de San Andrés de Machaca.. 144
Figura II-79. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de San Pedro de Curahuara . 145
Figura II-80. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Callapa..... 146
Figura II-81. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Machaca 147
Figura II-82. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Sica Sica 148
Figura II-83. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Umala 149
Figura II-84. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Waldo Ballivian..... 150
Figura II-85. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Andamarca ... 151
Figura II-86. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Antequera..... 152
Figura II-87. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Caracollo..... 153
Figura II-88. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Challapata 154
Figura II-89. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Corque 155
Figura II-90. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Curahuara de Carangas ... 156
Figura II-91. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de El Choro 157
Figura II-92. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Eucaliptus..... 158
Figura II-93. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Huayllamarca. 159
Figura II-94. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Machacamarca..... 160
Figura II-95. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Oruro 161
Figura II-96. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Pazña 162
Figura II-97. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Villa Poopó 163
Figura II-98. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Huari..... 164
Figura II-99. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de San Pedro de Totora 165
Figura II-100. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Soracachi 166
Figura II-101. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Toledo..... 167
Figura II-102. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Villa Huanuni 168

Figura III-1. Cruz Andina del Plan de Adaptación al Cambio Climático 173
Figura III-2. Ejes estratégicos para el Plan..... 174
Figura III-3. Metodología de construcción del Plan..... 175
Figura III-4. Etapas del proceso de construcción del Plan de Adaptación 175
Figura III-5. Mariposa del Desarrollo de Capacidades 177
Figura III-6. Plan Estratégico de Adaptación al Cambio Climático en la Cuenca del Sajama 186
Figura III-7. Modelo Sajama 187
Figura III-8. Esquema de diseño de proyectos a nivel pre-inversión 188
Figura III-9. Componentes de la Plataforma Sur 188

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

ADERSISCAP - LP	Asociación Departamental de Regantes y Sistemas de Comunitarios de Agua Potable de La Paz
ALT	Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca.
AOPEB	Asociación de organizaciones de productores ecológicos de Bolivia
APMT	Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra
AR4	Fourth Assessment Report o Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas
AR5	Fifth Assessment Report o Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas
BDP	Banco de Desarrollo Privado
CIDEC-BOLIVIA	Coordinadora de Integración de Organizaciones Económicas Campesinas de Bolivia
CIFEN	Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project
CN	Comisión Nacional
CNMCIOB-BS	Confederación Nacional de Mujeres Campesinas Indígenas Originarias de Bolivia "Bartolina Sisa"
CONAMAQ	Consejo Nacional de Ayllus y Marcas
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
CSUTCB	Confederación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Bolivia.
DIC	Desarrollo Integral de Capacidades
DICUADEMA	Directorio de Cuenca de Usuarios de las Aguas de Desaguadero-Mauri
ECHAM5	Modelo Climático Global
EMI	Escuela Militar de Ingeniería
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur (ENSO en inglés)
ENTEL	Empresa Nacional de Telecomunicaciones.
FPS	Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
HEC-GeoRAS	Hydrologic Engineering Center
INE	Instituto Nacional de Estadística
INE	Instituto Nacional de Estadística
INSA	Instituto del Seguro Agrario
MCG	Modelo Climático Global
MIC	Manejo Integral de Cuencas
MIROC3.2	Modelo Climático Global
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
NDVI	Índice de vegetación de diferencia normalizada
ONG	Organización No-Gubernamental
PDM	Planes de Desarrollo Municipal.
PIB	Producto Interno Bruto
PIRWA	Seguro Agrario Universal Pachamama.
PIRWA	Seguro Agrario Universal Pachamama
PNC	Plan Nacional de Cuencas
PNCC	Programa Nacional de Cambios Climáticos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POAs	Planes Operativos Anuales.
PROFIN	Fundación para el Desarrollo Productivo y Financiero
PRONAR	Plan Nacional de Gestión de Recursos Naturales en su programa operativo
RCP	Vías de concentración o Representative Concentrations Pathways en inglés
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
SRES o II-EE	Special Report on Emission Scenarios o Informe Especial de Escenarios de Emisiones
TDPS	Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa
UAM	Unidad Animal Mayor
UCB	Universidad Católica Boliviana
UCOR	Universidad la Cordillera
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés Universidad
UNEP	United Nations Environment Programme
VMABCCGDF	Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y Gestión de Desarrollo Forestal
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical

PRESENTACIÓN

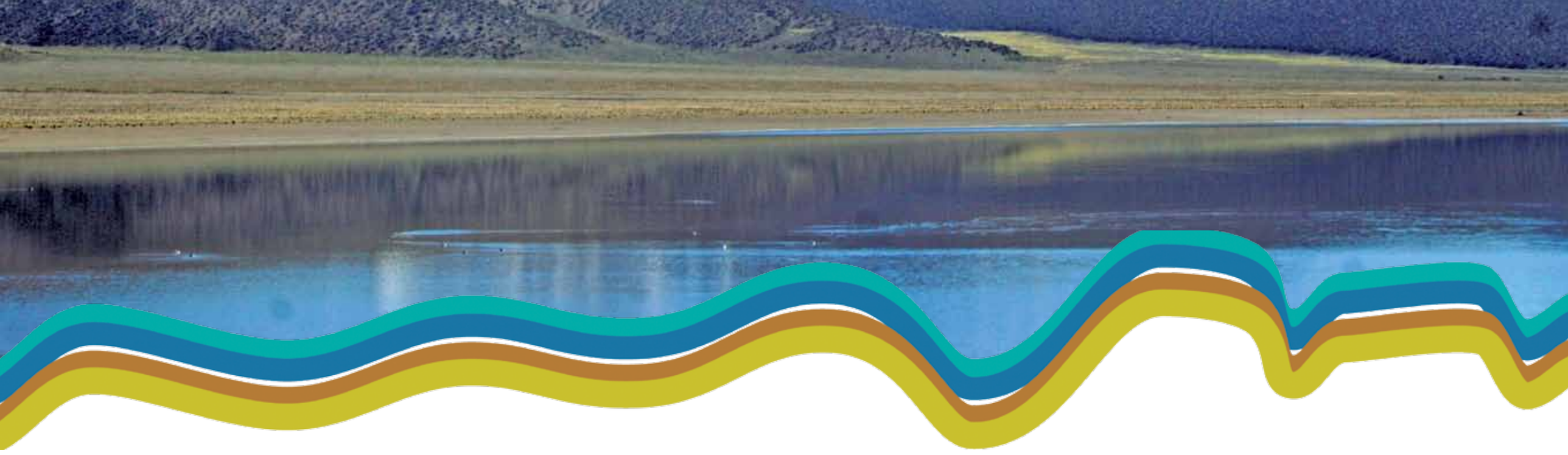
Existe al presente, un legado interesante de documentos que hablan sobre el cambio climático y sus impactos, sin embargo, sorpresivamente, hay pocos documentos que integren análisis multi-escalar y multidisciplinario, basados en investigación participativa, que traten de buscar respuestas y proponer acciones a los desafíos globales con el fin de conservar los medios de vida de las poblaciones en situaciones de vulnerabilidad socio ecológica y económica agravadas.

En este contexto, se ha producido este instrumento con el objeto de: 1) tener un compendio de las características principales del sistema, 2) entender las vulnerabilidades ante el cambio climático y algunos estresores clave que afectan a los sistemas de vida, 3) una propuesta estratégica de acciones que puedan fortalecer la resiliencia del sistema.

El documento Vulnerabilidad y Resiliencia en el Altiplano Boliviano diseñado en formato de un Atlas, exhibe el producto de varios años de investigación en el área con resultados exitosos de construcción de información como apoyo en la toma de decisiones para la región.

Este documento, además incorpora conocimiento importante explicado de forma muy didáctica con la utilización de mapas, que ayudan a entender la información de forma más integral y además poder visualizar claramente la relación directa que se tiene en una cuenca donde el hilo conductor es el agua.

El Atlas-Plan es un esfuerzo modesto, construido con la participación de los actores de la región que esperamos sea una herramienta valiosa de nuestro trabajo colectivo para continuar construyendo resiliencia climática que apoyará en la lucha contra la pobreza en equilibrio con la Madre Tierra y representa un legado para futuras generaciones.



INTRODUCCIÓN

El Altiplano Boliviano y principalmente el Sistema TDPS, ha sufrido desde siempre presiones sobre su población y sus recursos naturales tanto a nivel climático, como político económico. Entre los problemas más notables del sistema están los siguientes: i) el cambio y la variabilidad climática, desde año 1982 al 2014 más de 4 millones de habitantes han sido afectados directamente por los fenómenos climáticos en el país, con un impacto económico de entre 1 a 2% del PIB (Estado Plurinacional de Bolivia, 2015), ii) el conflicto por el uso de aguas compartidas entre los países que son parte del sistema, en el pasado, ríos del sistema han sido trasvasados a cuencas del Pacífico unilateralmente para proveer agua a grandes ciudades o industrias, actualmente Bolivia y Perú están en un proceso de negociación para la gestión compartida de las aguas del río Mauri; iii) las actividades mineras en el sistema, afectan a la sedimentación y la calidad del agua, principalmente en la parte baja de la cuenca; iv) actividades industriales y desechos domésticos que van directamente al lago Titicaca, están vulnerando la calidad de agua y el mismo ecosistema y afectando además la seguridad alimentaria a lo largo del río Desaguadero y sus efluentes aguas abajo. El hecho de que sea un sistema transfronterizo, resulta en una oportunidad para que su tratamiento sea de carácter más sistémico, integral y prioritario, dados los nuevos retos del cambio climático.

Ante la problemática descrita anteriormente, se propone la construcción de un Plan Estratégico de Resiliencia al cambio climático, el cual, se basa en una fase de acopio de información, estudios, investigaciones, pruebas piloto, validaciones, para llegar a contar con diagnósticos y prognosis, escenarios futuros, que fundamenten el tratamiento y las propuestas de alternativas y opciones, para encarar la problemática, en este caso, de la Cuenca Mauri-Desaguadero como parte del Sistema TDPS.

En ese entendido, se trabajó para desarrollar productos dirigidos tanto a las comunidades como a los tomadores de decisión de diferentes niveles gubernamentales. Los contenidos a difundirse se presentan de manera que tanto personas de las comunidades como tomadores de decisión, puedan utilizar este compendio de resultados como herramientas de análisis y argumentación para el desarrollo de políticas y acciones ante la variabilidad y el cambio climático. Se espera que el Plan no se quede solo como documento formal si no que se pueda constituir en un instrumento. Los distintos actores sociales e institucionales, quienes conocieron y apoyaron el proceso de construcción del Plan, puedan recibir un producto accesible, útil, pedagógico, que mantenga el interés y la curiosidad. Que sea multiuso y multi-nivel pensando desde los alumnos de secundaria, universitarios, hasta las autoridades locales, municipales, nacionales e inclusive bi-nacionales.

El ATLAS-PLAN que se presenta tiene básicamente tres grandes capítulos: En el Primero se presenta el contexto físico, social y económico de la Cuenca. En el Segundo se encuentra el mapeo de Vulnerabilidades y Resiliencias, haciendo especial énfasis en este componente a las capacidades existentes de amortiguamiento y respuesta (de manera especial se incorporan los conocimientos y prácticas tradicionales y de gestión del territorio). En el Tercer capítulo esta propiamente el Plan Estratégico que básicamente plantea los lineamientos globales, basado en la Cruz Andina y en el Mecanismo de Adaptación previsto en la Ley de la Madre Tierra que contempla cuatro programas: resiliencia de sistemas de vida y seguridad alimentaria, gestión integral del agua, prevención y reducción de riesgos y educación-salud. Además, en este capítulo, se incluyen propuesta de implementación del Plan, que fueron recogidas a lo largo de la construcción participativa del mismo. El ATLAS-PLAN contiene más de 90 Mapas, 115 Figuras y 25 tablas, y en un anexo electrónico que se adjunta, se ha recogido la totalidad de los estudios y la información que lo respaldan.

CAPÍTULO I
CONTEXTO FÍSICO-SOCIAL-ECONÓMICO

EL ALTIPLANO SUDAMERICANO

SISTEMA TDPS

CUENCA MAURI-DESA-GUADERO-POOPÓ

1. EL ALTIPLANO SUDAMERICANO

La Cordillera de los Andes, localizada entre los 14° y 23° latitud Sur y los 66° a 71° de longitud oeste, se divide en dos rodeando a la planicie alta llamada: Altiplano Sudamericano. Tiene una extensión aproximada de 250 km y una elevación promedio de 3800 msnm. Esta planicie de altura, abarca parte del noroeste de Argentina, el Occidente de Bolivia, parte del Norte de Chile y el sur del Perú. Específicamente, la región se muestra rodeada por las dos cadenas montañosas (Cordillera Oriental y Occidental) que la separan, hacia el Oeste, del desierto costero en el Sur de Perú y Norte de Chile y hacia el Este se encuentra la región Amazónica.

La vegetación dominante consiste en hierba y arbustos. La vida silvestre de la región originalmente incluía la alpaca y la llama, los cuales son criados para la lana y sirven como animales de carga. La mitad sur del altiplano cae dentro de una zona de poca humedad, mientras que la mitad norte recibe lluvias adecuadas para el cultivo de plantas sin riego.

Entre las principales características están la baja presión atmosférica (aproximadamente 620 hPa a los 4000 msnm). La densidad del aire es 35% menor al que se registra en superficies a nivel del mar. La humedad atmosférica también tiene niveles reducidos. La temperatura del aire es relativamente baja y el ciclo diario muestra una amplitud considerable debido a (1) los altos niveles de calentamiento diurno y la alta radiación solar y (2) la considerable pérdida radioactiva durante la noche.

1.1. El Altiplano Boliviano

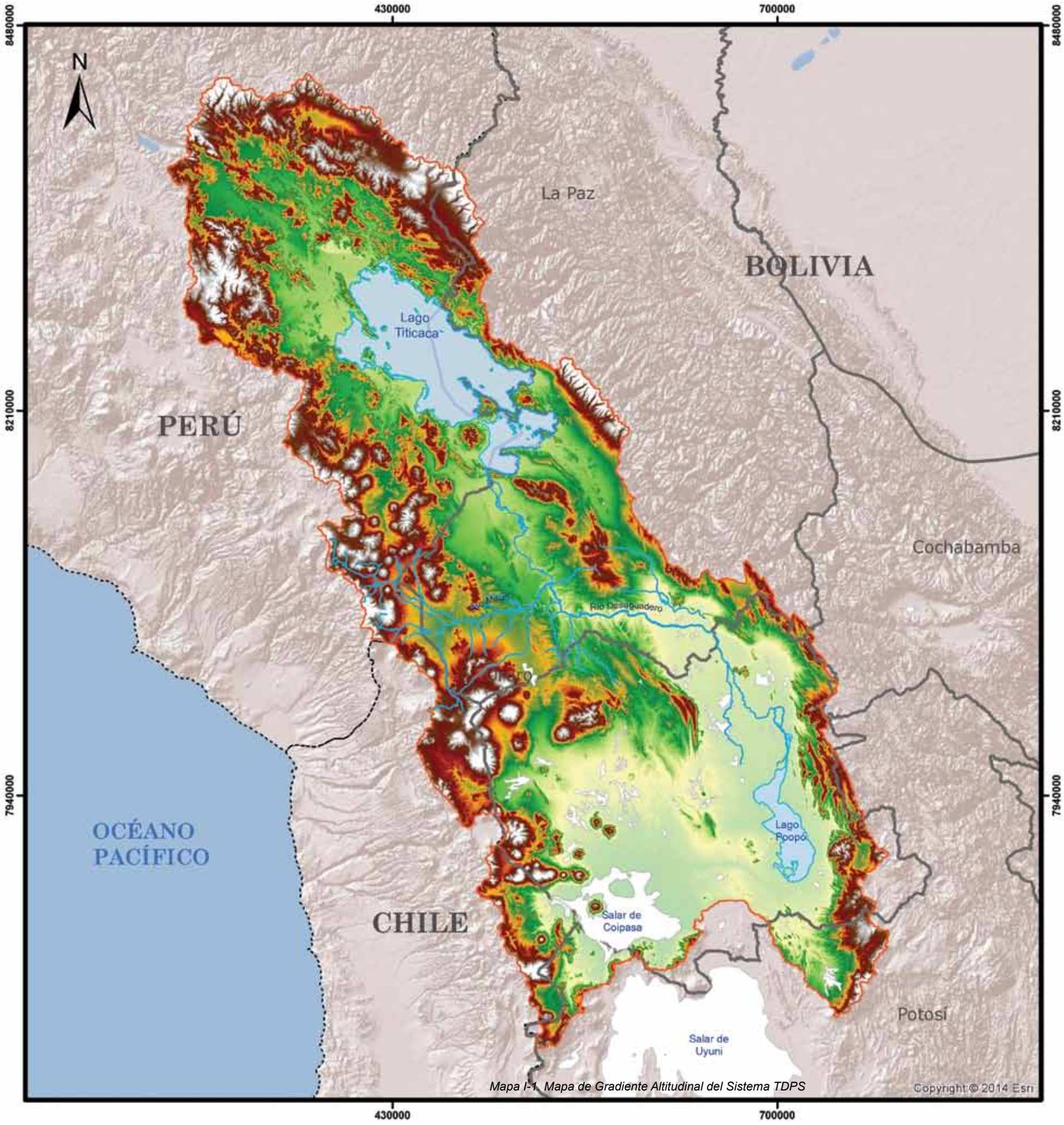
En la parte boliviana, el Altiplano se conforma por una serie de llanuras, serranías y cerros aislados, siendo la máxima altitud la región del monte Sajama con 6542 msnm y la mínima el fondo del Lago Titicaca a 3533 msnm. Esta región se caracteriza por sus paisajes desolados y agresivos por su clima frío, precipitaciones que bordean los 250 a 500 mm, además de la presencia de zonas salinas y desiertos. En la parte Norte (La Paz y Oruro) se encuentran presentes el Lago Titicaca, el río Desaguadero, el río Mauri y los lagos Uru Uru y Poopó, estas dos últimas contienen más sales disueltas que el agua dulce, pero menos que el agua de mar clasificada como agua salubre. En la parte Sur (Potosí), la región se desertifica aún más con la presencia de los salares Coipasa y Uyuni (el más grande del mundo). Los ríos Grande de Lípez, Pucamayu, Lauca y Lacajahuira, Colorada son parte del gran número de ríos de curso variable que atraviesan esta región sur.

2. EL SISTEMA TDPS (TITICACA, DESAGUADERO, POOPÓ Y SALARES)

El sistema está enmarcado por la Cordillera de los Andes que se bifurca al sur de Perú en dos ramales, la Cordillera Occidental y la Oriental (Real). La cordillera Oriental separa al Sistema TDPS de las cuencas del Amazonas por el noreste y del Río de la Plata por el sureste (Cornejo & Molina, n.d.). Este sistema es una gran cuenca endorreica y esta caracterizado por la presencia de dos grandes lagos (Titicaca y Poopó) conectados por el rio Desaguadero y dos grandes salares al sur (Coipasa y Uyuni). El rio Desaguadero lleva el caudal excedente del lago Titicaca al Poopó, del cual es la principal fuente de agua. El sistema tiene una superficie de casi 145000 km^2 (sin incluir la superficie del salar del Uyuni).

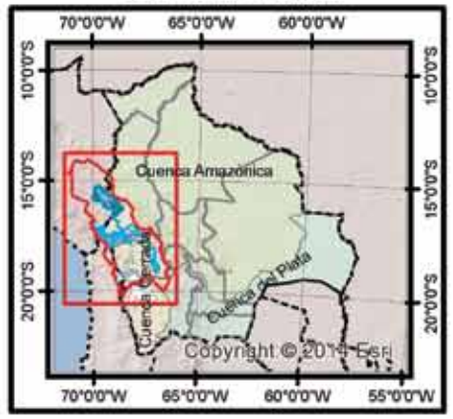
Esta extensa planicie del Altiplano constituye el denominado sistema TDPS y está conformado por cuatro cuencas hidrográficas: el Lago Titicaca, el río Desaguadero, Lago Poopó y el Salar de Coipasa. La cuenca endorreica se ubica entre Bolivia, Chile y Perú delimitado geográficamente por las coordenadas 14°03' a 20°00' latitud Sur y 66°21' a 71°07' longitud Oeste (Cornejo & Molina, n.d.)

Después de una grave sequía en 1983 y luego inundaciones en 1986-87 en esta cuenca, se decidió firmar convenios entre Perú y Bolivia. El principal objetivo de este convenio fue establecer un Plan Director Global Binacional de Protección - Prevención de Inundaciones y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos de este conjunto endorreico. Para el manejo de dicho plan los gobiernos de Perú y Bolivia establecieron el 29 de mayo de 1996 la «Autoridad binacional autónoma del sistema hídrico del lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopó y Salar de Coipasa (ALT)» y es también cuando se establece el nombre de Sistema TDPS.



Mapa I-1. Mapa de Gradiente Altitudinal del Sistema TDPS

MAPA DE GRADIENTE ALTITUDINAL DEL SISTEMA TITICACA-DESAGUADERO-POOPÓ-SALARES



SÍMBOLOS CONVENCIONALES:

- Ríos principales
- Lago
- Salar
- Límite departamental
- Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salares
- Límite internacional

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Elipsoide de referencia:
World Geodetic System - WGS 84
Proyección del mapa digital:
Universal Transversal de Mercator
UTM - Zona 19S
Proyección del mapa impreso:
Coordenadas Cartesianas

0 15 30 60 90 120 Km

Escala Gráfica:
1:1.862.622

Gradiente altitudinal (msnm)					
3573-3751	4097-4167	4635-4719
3752-3830	4168-4240	4720-4811
3831-3890	4241-4314	4812-4919
3891-3956	4315-4391	5709-5842
3957-4026	4392-4471	5056-5244
4027-4096	4472-4552	5245-5536
	4553-4634	5536-6529

FUENTE CARTOGRÁFICA:

Satgé (2014)

IDRC CRDI

Agua Sustentable

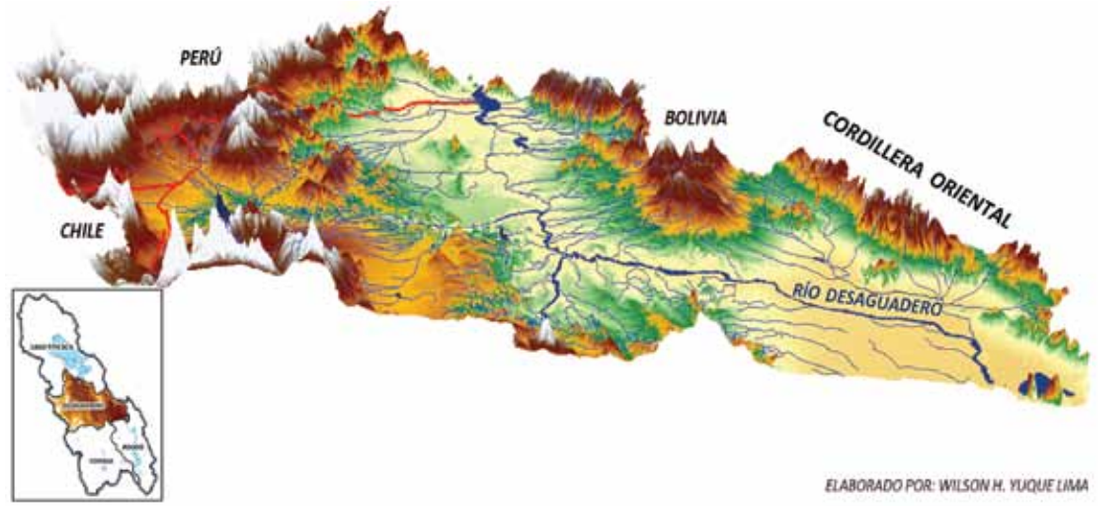
2.1. Lago Titicaca

El Lago Titicaca es el principal reservorio de agua del sistema TDPS, situado a 3810 msnm que lo convierte en el lago navegable más alto del mundo. Sus dimensiones son 204 kilómetros de largo y 65 kilómetros de ancho, tiene una superficie media de 8400 Km^2 con una cuenca vertiente de 56168 Km^2 (Intecsa et al. 1993). El lago está compuesto por dos cuerpos, el Lago Mayor o Chucuito (parte norte) y Lago Menor o Huiñaymarca (parte sur) estos se comunican por el estrecho de Tiquina. Los principales afluentes del Lago Titicaca son los ríos: Suches, Huancané, Ramis, Coata, Ilave, Catari, Tiahuanaco y Keka. Y la única salida fluvial es el río Desaguadero que desemboca en el lago Poopó (Cornejo & Molina, n.d.). La cuenca del Lago Titicaca, es una típica cuenca de montaña, ocupa la porción septentrional del sistema, aquí es donde el Altiplano se estrecha y las cordilleras Occidental y Oriental confluyen en solo un sistema montañoso. Dentro del sistema TDPS, la cuenca del lago Titicaca es reducida y en gran parte está cubierta por las aguas del lago Titicaca. Representa el 39,1% del Sistema (Molina & Carrasco, 2014).

Las vertientes oriental y nororiental son muy irregulares, tienen pendientes moderadas a altas constituidas por montañas y colinas de rocas sedimentarias. La gran mayoría de estas montañas son disectadas y contienen importantes acumulaciones de material detrítico, especialmente fluvioglaciar. El sector suroriental es variado siendo sus principales elementos la serranía de Corocoro, la llanura del río Catari y un conjunto de colinas que bordean el lago (UNEP et al. 1996).

La vertiente occidental, está constituida por macizos montañosos volcánicos de laderas redondeadas y amplias, intercalados con algunos relieves sedimentarios con inclinaciones que van de moderadas a regulares. En esta región se han desarrollado zonas de llanura por ejemplo las terminales de las cuencas Ramis, Coata, Ilave e Illpa. Estas cuencas están ocupadas por depósitos fluviolacustres que en gran parte continúan bajo el nivel del lago y cuya margen frente a este se encuentra conformada por áreas hidromórficas (Molina & Carrasco, 2014)(Yuque & Molina, 2015).

2.2. Río Desaguadero



El Desaguadero nace en la parte sudoeste del lago Titicaca, en la frontera Perú Bolivia, y pasa cerca de las localidades de Calacoto, Ulloma y Puerto Japonés. En sus márgenes del territorio boliviano, sus aguas son utilizadas para riego. El río tiene una cuenca vertiente de 29.843 Km^2 y una longitud de 398 kilómetros con tres trechos bien característicos: los primeros 63 Km esta sobre unas llanuras anchas (del puente internacional a Nazacara), continua hasta el Km 226 una zona montañosa (de Nazacara a Chilahuala), y el trecho final presenta unas llanuras de inundación (de Chilahuala al Lago Poopó). Su cuenca representa el 21,6% del área del sistema TDPS (Cornejo & Molina, n.d.; Molina & Carrasco, 2014).

La cordillera occidental es predominantemente volcánica, con intercalaciones de depósitos de vertiente importantes y la cordillera oriental es más estrecha y sedimentaria. Aguas abajo, inmediatamente después de su nacimiento, el Desaguadero recibe numerosos tributarios, el más importante es el río Mauri (32% de la cuenca). Otros tributarios son los ríos Kheto (16% de la cuenca), Caranguilla, Llinqui, Khora y Kilihiiri (Yuque & Molina, 2015).

RÍO MAURI

El río Mauri atraviesa una vasta zona montañosa de la cordillera occidental y una importante meseta volcánica. Está comprendida en territorios de Perú, Bolivia y Chile, nace en la República del Perú y su recorrido termina en territorio boliviano. El sector peruano corresponde a los departamentos de Tacna y Puno, provincias de Tarata, Chucuito y El Collao respectivamente. El sector boliviano en el departamento de La Paz, provincia Pacajes y en el sector chileno en la provincia de Tarapaca. Por esta condición, este río adquiere gran importancia por su ubicación e influencia sobre las poblaciones ribereñas.

El Río Mauri por las características de sus aguas cumple la función de regular la salinidad del Río Desaguadero que contiene un porcentaje de salinidad considerable; las mismas, en el curso inferior, son utilizadas por las poblaciones ribereñas en diferentes usos. Es el principal río que drena la cuenca del Mauri, que tiene sucesivamente las denominaciones de Quillvire-Maure-Mauri. Nace en las cercanías del nevado Larjanco y de la laguna Vilacota; su longitud total hasta Calacoto es de 198 Km. Tiene como afluentes por su margen derecha a los ríos Casapilla de 79 Km de longitud y Achuta, de 77 Km de longitud. Al primero en el kilómetro 122 y al segundo a los 80 Km. De acuerdo a la curva hipsométrica (Porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca que existe por encima de cierta cota determinada), esta zona es madura, con alta erosión en cabecera, inestable en su parte baja. El índice de compacidad muestra una zona con una irregularidad alta. (Molina & Carrasco, 2014).

2.3. Lago Poopó

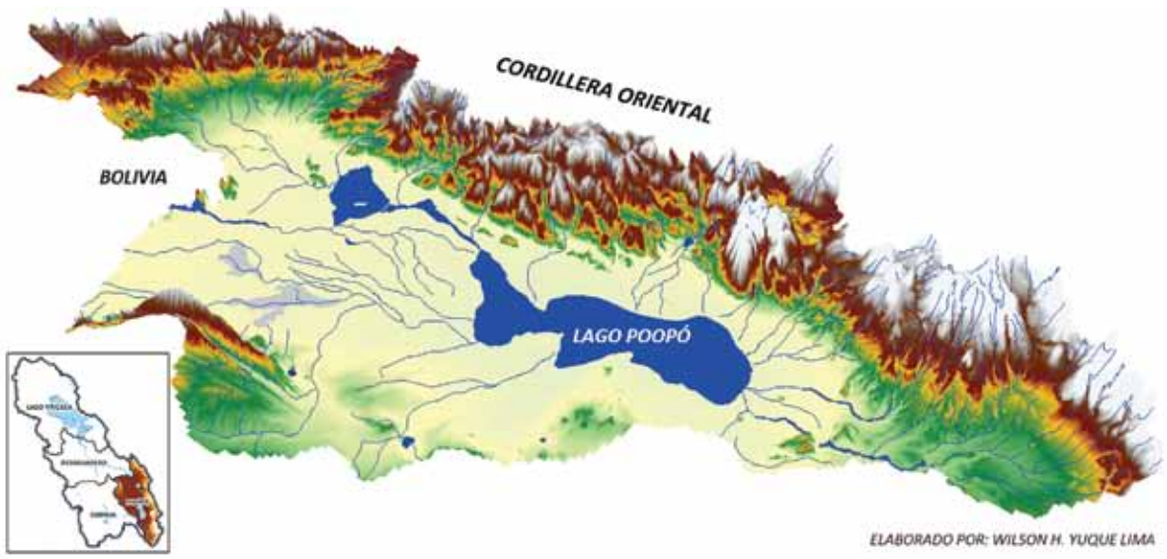
El Lago Poopó ocupa el sector oriental del Altiplano, situado a 3686 msnm, tiene una superficie media de 3191 Km^2, es el segundo lago más grande de Bolivia y por medio del río Laca Jahuira se conecta con el Salar de Coipasa solo en épocas muy lluviosas (Intecsa et al. 1993). (Cornejo & Molina, n.d.). Su cuenca vertiente es de 24829 Km^2 (Intecsa et al. 1993a). La altitud máxima es de 5438 msnm en el cerro Jatun Mundo Khorihuarani. La cuenca se describe como madura, con erosión media en cabecera y estable en la parte baja; clasificada como una cuenca con irregularidad alta (Yuque & Molina, 2015).

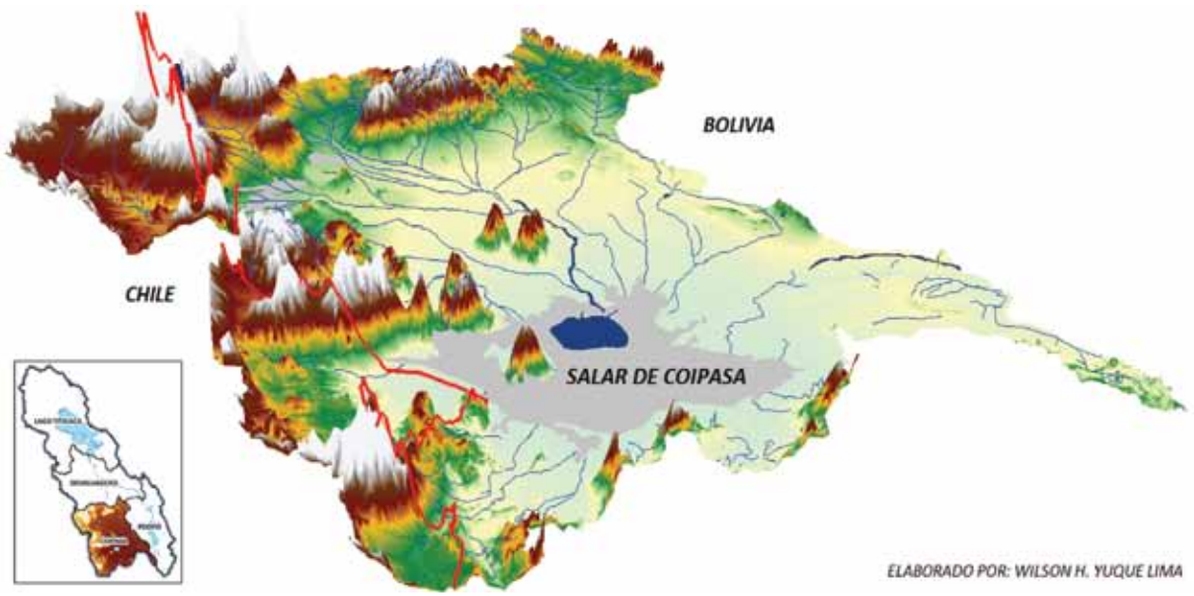
El curso principal se inicia en Chuquiña, aguas abajo el río Desaguadero se divide en dos brazos. Por el brazo derecho desemboca en el lago Poopó, y el brazo izquierdo desemboca en el lago Uru-Uru, que también desemboca en el lago Poopó. Asimismo, el lago Poopó recibe aportes de los ríos Caracollo afluente del Uru-Uru, río Huanuni y Machacamarca (longitud de 98 Km) por la parte norte y Marquez (longitud 121 Km) por el Sur. En épocas de excedencia, el Lago Poopó vierte sus Aguas al Salar de Coipasa a través del Río Laca Jahuira, que tiene una longitud de 130 Km y discurre en dirección este-oeste (UNEP et al. 1996) (Yuque & Molina, 2015).

2.4. Salar Coipasa

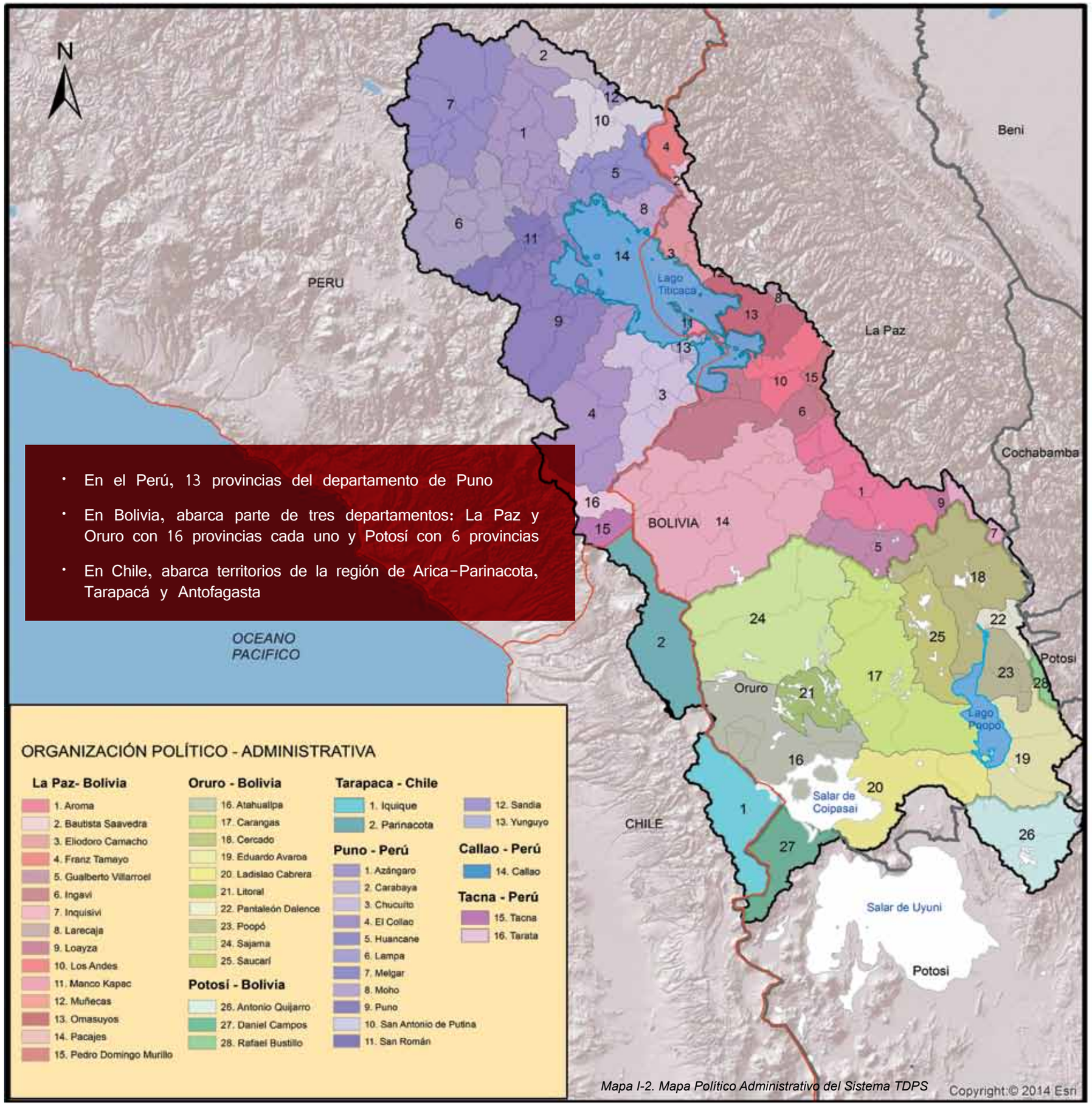
El Salar de Coipasa se encuentra en la parte central oeste del altiplano andino, a una altura de 3657 msnm con una profundidad de 3.5 m. Tiene alrededor de 700 Km de largo y 50 Km de ancho, con una superficie de 2.218 Km^2. La cuenca del Salar de Coipasa se encuentra entre los territorios de Bolivia (Departamento de Oruro: Provincia de Sajama, Carangas, Atahuallpa, Litoral y Ladislao Cabrera) y Chile (región de Tarapacá y parcialmente la provincia de Iquique).

El Salar de Coipasa rodea por completo el lago Coipasa y el río Lauca es su principal afluente. (Encyclopedia Britannica – Coipasa Salt Flat.) (Cornejo & Molina, n.d.). Por su tamaño, este río forma una laguna a su ingreso en el salar. Otros ríos de menor importancia son el Barras, que drena el sector nororiental (Serranía de Corque), el Laca Jahuira, el Sabaya, el Moscoma y el Silvinto. Algunos de estos ríos y los tributarios menores del salar presentan caudales sólo durante la estación de lluvias (Encyclopedia Britannica – Coipasa Salt Flat.) (Yuque & Molina, 2015)La cuenca es madura, con erosión baja en la cabecera y estable en la parte baja; clasificada como una zona de irregularidad alta. (Yuque & Molina, 2015)





2.5. Estructura Política del Sistema TDPS



- En el Perú, 13 provincias del departamento de Puno
- En Bolivia, abarca parte de tres departamentos: La Paz y Oruro con 16 provincias cada uno y Potosí con 6 provincias
- En Chile, abarca territorios de la región de Arica-Parinacota, Tarapacá y Antofagasta

ORGANIZACIÓN POLÍTICO - ADMINISTRATIVA

La Paz- Bolivia
1. Aroma
2. Bautista Saavedra
3. Eliodoro Camacho
4. Franz Tamayo
5. Gualberto Villarroel
6. Ingavi
7. Inquisivi
8. Larecaja
9. Loayza
10. Los Andes
11. Manco Kapac
12. Muñecas
13. Omasuyos
14. Pacajes
15. Pedro Domingo Murillo

Oruro - Bolivia
16. Atahuallpa
17. Carangas
18. Cercado
19. Eduardo Avaroa
20. Ladislao Cabrera
21. Litoral
22. Pantaleón Dalence
23. Poopó
24. Sajama
25. Saucarí

Potosí - Bolivia
26. Antonio Quijarro
27. Daniel Campos
28. Rafael Bustillo

Tarapaca - Chile
1. Iquique
2. Parinacota

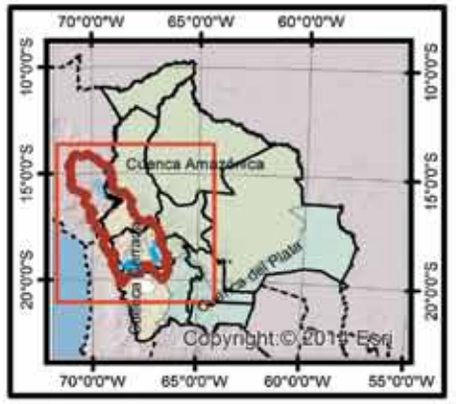
Puno - Perú
1. Azángaro
2. Carabaya
3. Chucuito
4. El Collao
5. Huancane
6. Lampa
7. Melgar
8. Moho
9. Puno
10. San Antonio de Putina
11. San Román
12. Sandia
13. Yunguyo

Callao - Perú
14. Callao

Tacna - Perú
15. Tacna
16. Tarata

Mapa I-2. Mapa Político Administrativo del Sistema TDPS

MAPA POLÍTICO ADMINISTRATIVO DEL SISTEMA TITICACA - DESAGUADERO -POOPÓ-SALARES



SÍMBOLOS CONVENCIONALES:
- Límite internacional
- Sistema TDPS
- Límite departamental
- Límite Provincia
- Lago
- Salar

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Elipsoide de referencia:
World Geodetic System - WGS 84
Proyección del mapa digital:
Universal Transversal de Mercator
UTM - Zona 19S
Proyección del mapa impreso:
Coordenadas Cartesianas

0 20 40 80 120 160 Km

Escala Gráfica:
1:3.371.454

FUENTE CARTOGRÁFICA:
Geo Bolivia (2015)

IDRC CRDI
Agua Sustentable

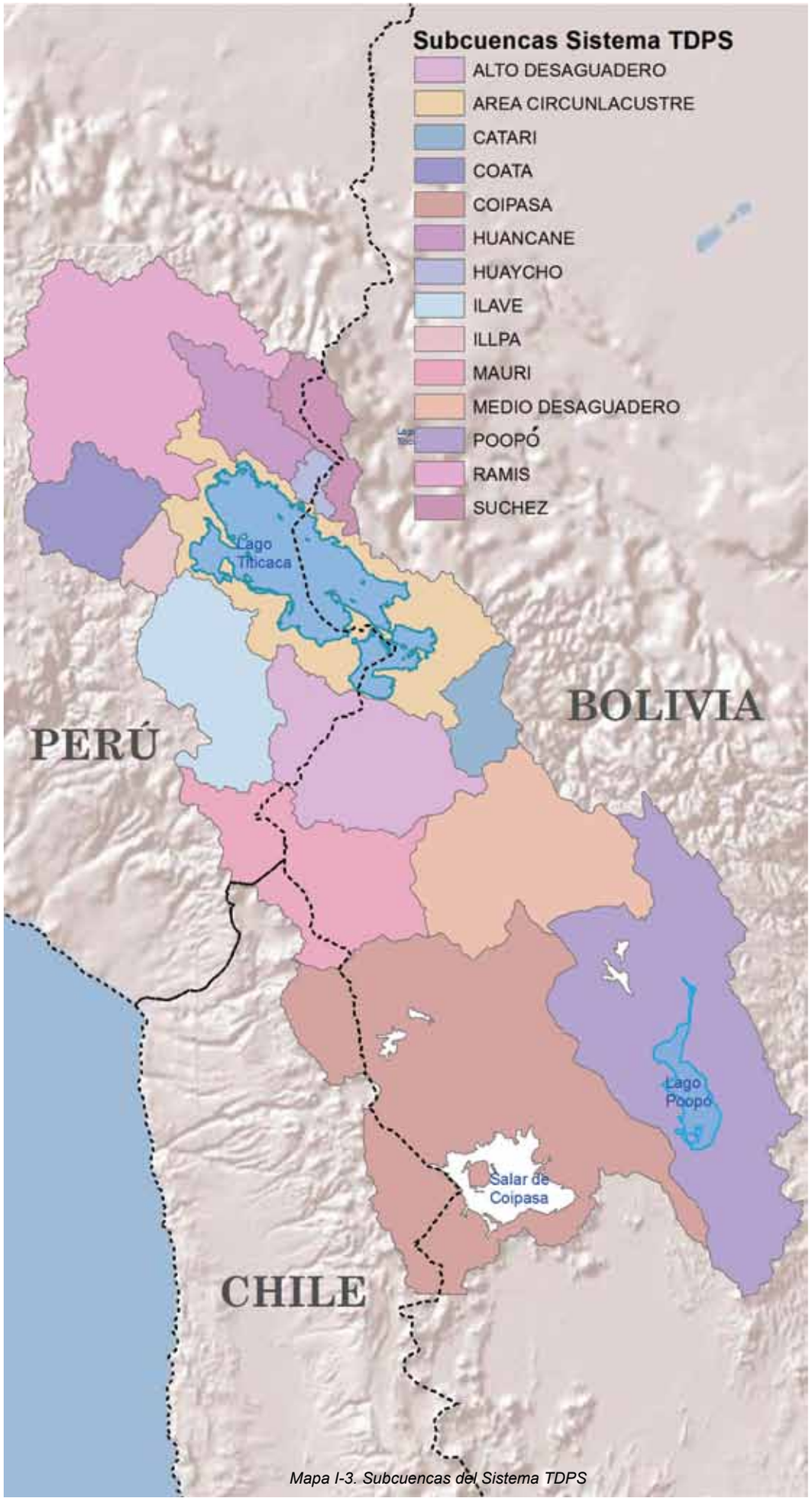
2.6. Subcuencas del Sistema TDPS

La superficie del sistema TDPS es de 144590 km^2 (ALT, 2015), y comprende la parte altiplánica de la subregión de puno en el Perú, de los departamentos de La Paz y Oruro en Bolivia y de la región de El Loa, Iquique Y Parinacota en Chile.

El sistema TDPS está conformada por 14 Subcuencas. La cuenca de mayor extensión es la subcuenca de Coipasa 33135 Km^2, ubicada en territorio boliviano y la subcuenca más pequeña es Huaycho con 751 Km^2, esta subcuenca es compartida entre Perú y Bolivia.

Tabla I-1 Subcuencas del Sistema TDPS (ALT, 2015)

Nº	SUBCUENCAS SISTEMA TDPS	País	Área (Km^2)
1	Ramis	Perú	14867
2	Huancané	Perú	3560
4	Coata	Perú	4565
3	Illpa	Perú	1294
5	Ilave	Perú	7721
6	Suchez	Bolivia y Perú	2853
7	Área Circunlacustre (Titicaca)	Bolivia y Perú	18312
8	Huaycho	Bolivia y Perú	751
9	Catari	Bolivia	2571
10	Alto Desaguadero	Bolivia y Perú	9451
11	Medio Desaguadero	Bolivia	11850
12	Mauri	Bolivia, Perú y Chile	9917
13	Poopó	Bolivia	23743
14	Coipasa	Bolivia, Perú y Chile	33135
Superficie Total			144590



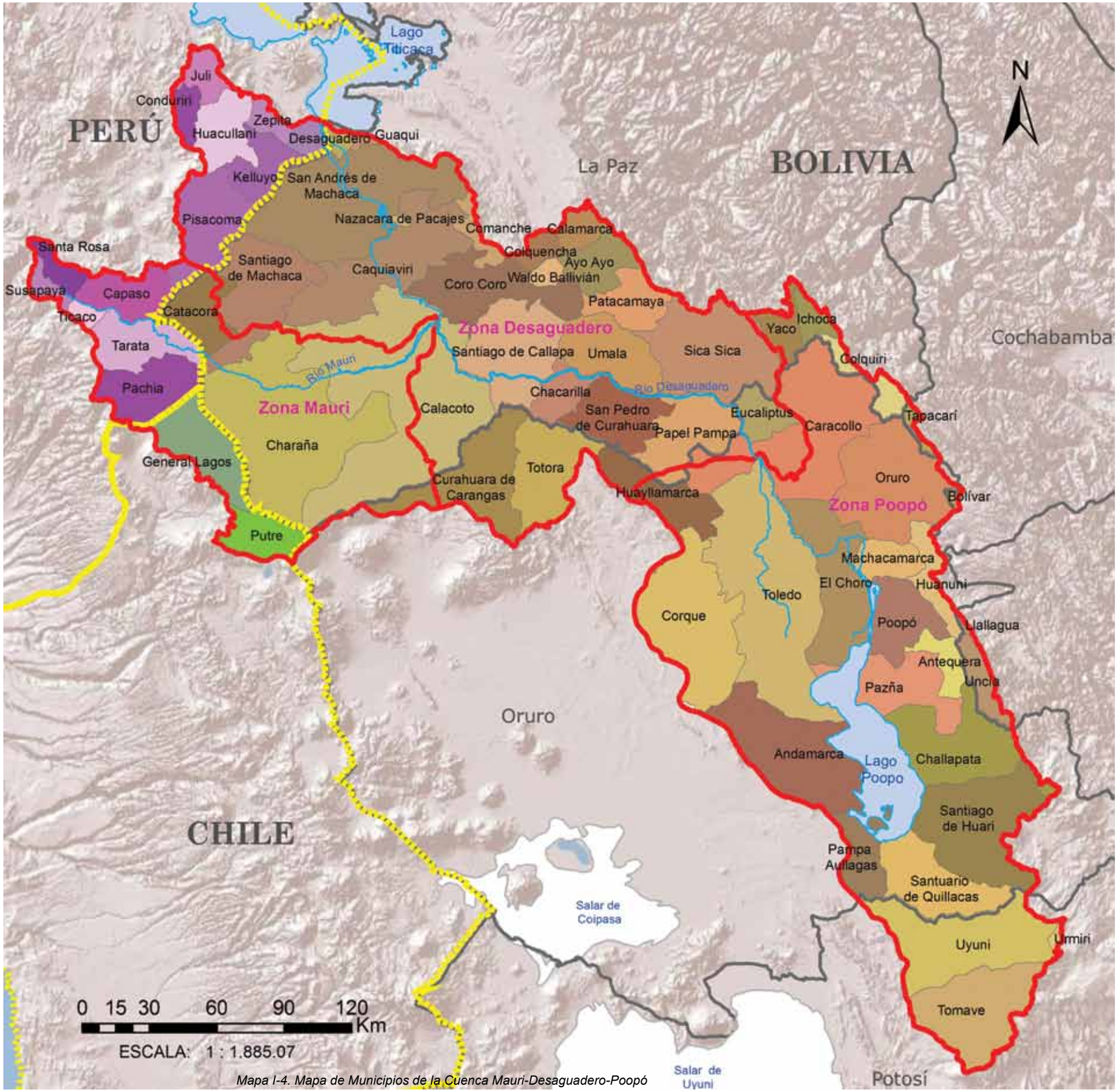
Mapa I-3. Subcuencas del Sistema TDPS

3. CUENCAS MAURI-DESAGUADERO-POOPÓ

La cuenca del Mauri Desaguadero y Poopó se ubica en el sector sur de la cuenca endorreica y desciende de norte a sur hasta el lago Poopó. La cuenca está formada por el río Desaguadero, sus afluentes, y un relieve de montañas, serranías, quebradas, planicies, playas y lagos que determinan las características de los ecosistemas y de las zonas de producción. La cuenca abarca el extremo sur del departamento de La Paz y el noreste del departamento de Oruro, en el altiplano boliviano. La cuenca tiene una superficie de alrededor de 54963,648 Km^2.

Tanto la cuenca Mauri como la del Desaguadero son cuencas transfronterizas. La cuenca del Desaguadero es compartida con Perú y la cuenca Mauri esta en territorios bolivianos, peruanos y chilenos. Una condición que hace mas compleja en cuanto al manejo y gestión de sus aguas. Esta región muestra condiciones climáticas aún más desfavorables dentro del sistema TDPS. En territorio boliviano, la cuenca del Mauri-Desaguadero-Poopó alberga a 55 municipios que se encuentran distribuidos entre los departamentos de La Paz y Oruro. La mayor cantidad de municipios se encuentran en el departamento de Oruro.

En cuanto a la producción agropecuaria, la zona del Mauri es principalmente ganadera. En la zona del Desaguadero, donde existen pampas de praderas nativas y forrajes cultivados, es también ganadera (vacuno y ovino para carne). En esta zona, las áreas cultivadas bajo riego dependientes del río Desaguadero son extensas. Finalmente, la zona del Poopó se dedica en mayor proporción a la actividad agrícola.



Mapa I-4. Mapa de Municipios de la Cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó

3.1. Fisiografía

Debido a características ecosistemáticas, fisiográficas y productivas de las subcuencas Mauri – Desaguadero y Poopó la región se divide en 3 macrozonas.

Zona Mauri

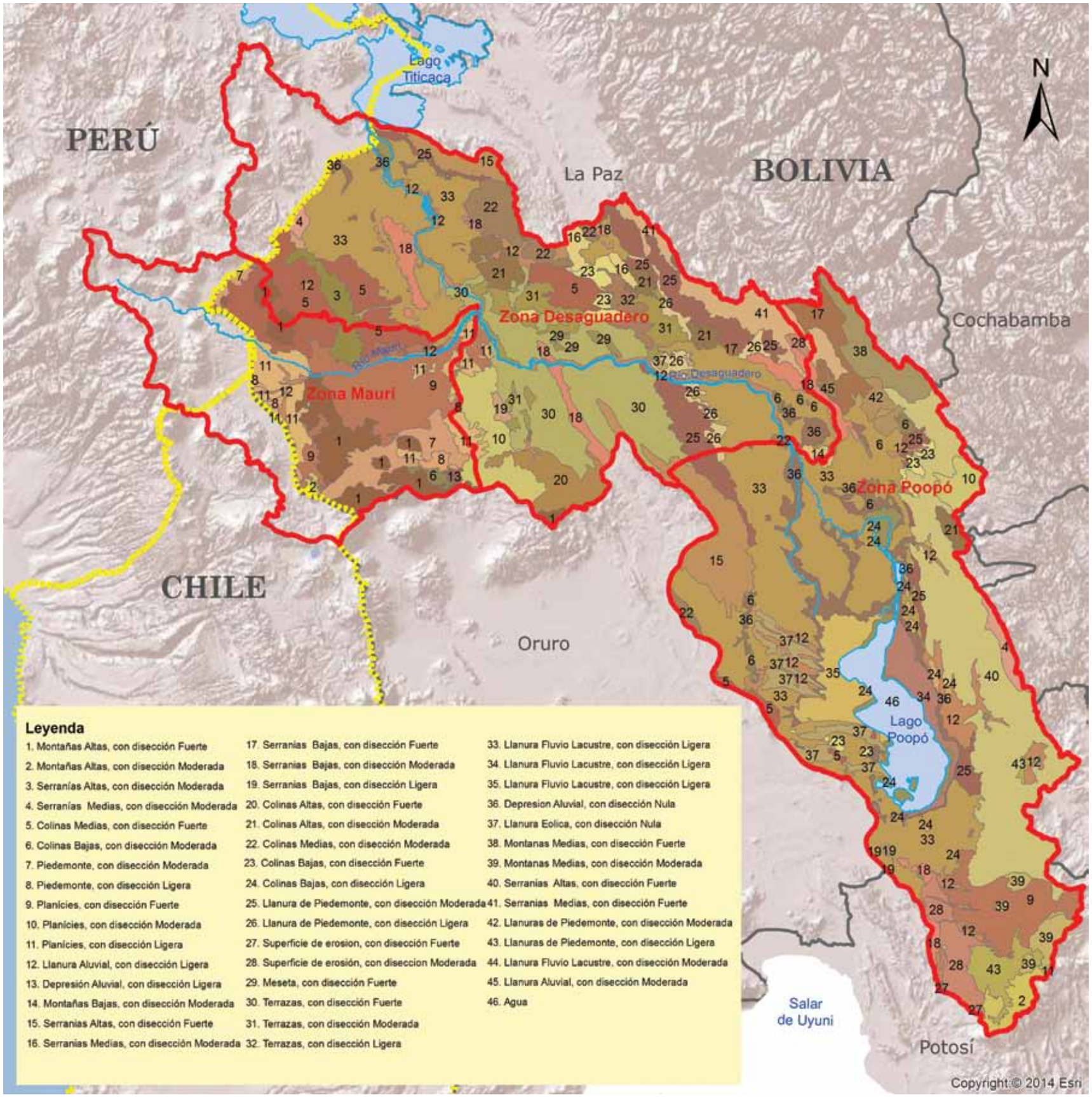
La zona de Mauri presenta la mayor altitud de las 3 macrozonas. Es la zona más fría y húmeda por la presencia de Bofedales en las zonas de Charaña y Cotacora. En las partes más bajas de la cuenca, casi en la unión del río Mauri con el río Desaguadero (Calacoto) ya no existen Bofedales. Las ecorregiones que más se destacan son las montañas altas por la abundancia de estas. También existen colinas altas, colinas medias, planicies y llanuras.

Zona Desaguadero

Distribuida desde la unión del río Mauri con el río desaguadero (Calacoto) hasta el inicio del lago Poopó que se ubica en el departamento de Oruro, las ecorregiones más representativas son las llanuras fluvio lacustres y las terrazas por la superficie que abarcan. Presenta serranías altas medias y bajas, colinas altas medias y bajas.

Zona Poopó

Comprendida por toda la región que rodea al lago Poopó, las ecorregiones más abundantes de la zona son llanuras fluvio lacustres y serranías altas, la presencia del lago Poopó aporta una ecorregión única de toda la cuenca. También existen: llanuras aluviales, llanuras de pie de monte, llanuras eólicas, colinas altas, planicies y depresiones aluviales.



Mapa I-5. Mapa fisiográfico de la Cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó

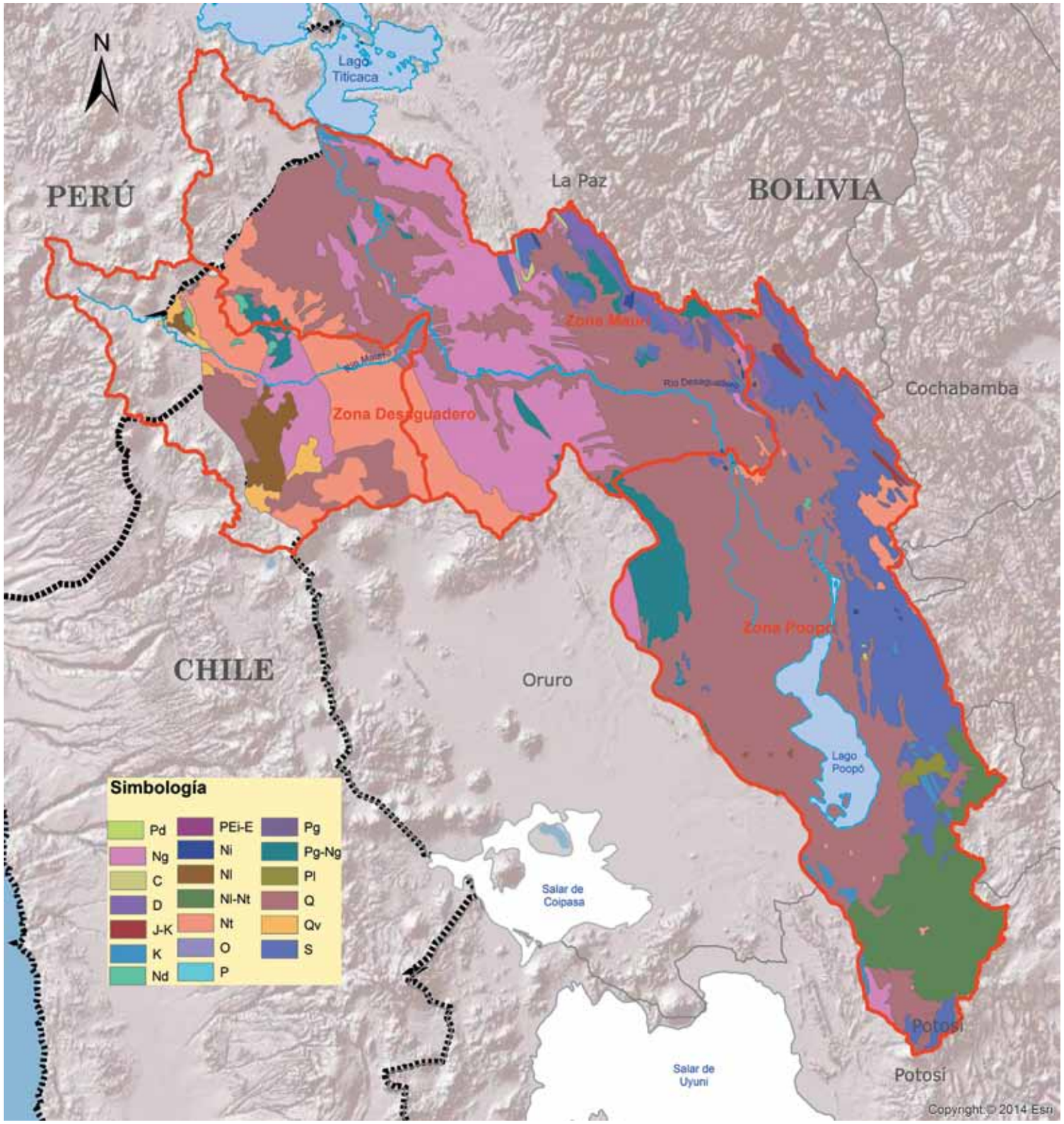
3.2. Geología

Esta zona ha sufrido una evolución estructural con fenómenos y actividades volcánicas muy activas hasta periodos muy recientes.

Cuaternario.- La evolución del altiplano ha estado ligada fundamentalmente a los cambios de clima. La alternancia de los períodos húmedos y secos, cálidos y glaciares ha determinado en el altiplano el desarrollo de lagos sucesivamente de más amplios a más reducidos que los actuales. A estas situaciones hidrológicas corresponden diferentes depósitos que van desde morrenas glaciares en las cordilleras, a sedimentos fluviales entre el pie de monte y la planicie, y a formaciones lacustres y evaporíticas en la parte central de la llanura.

Pleistoceno.- En el periodo superior se sucedieron varias fases glaciares que determinaron una progresiva reducción de la superficie lacustre que al comienzo del Pleistoceno se nivelaba alrededor de 200 m por encima de su nivel actual, con un área de más de 50.000 Km² contra los aproximadamente 8400 actuales. Los lagos más antiguos del Cuaternario (Mataro y Cabana) ocupaban todo el altiplano, el cual ya conformaba una cuenca endorreica. Los posteriores lagos Ballivian, al norte y Escara, al sur, estuvieron separados por el paso de Ulloma-Callapa. Sin embargo, en la época del lago Minchin toda el área comenzó a tributar hacia los salares de Coipasa y de las otras depresiones meridionales. Durante el descenso del nivel del lago Tauca, el paso de Ulloma pudo haber retornado su función de divisoria, pero pudo haberse reabierto durante un posterior ascenso del nivel del Titicaca, quizá gracias a la acción del río Mauri, cuando se generó la divisoria del Aguallamaya. En algunos períodos del Pleistoceno, el lago Titicaca alcanzó niveles bastante más bajos que los actuales, de manera especial durante las glaciaciones (algunos autores hablan hasta de 60 m).

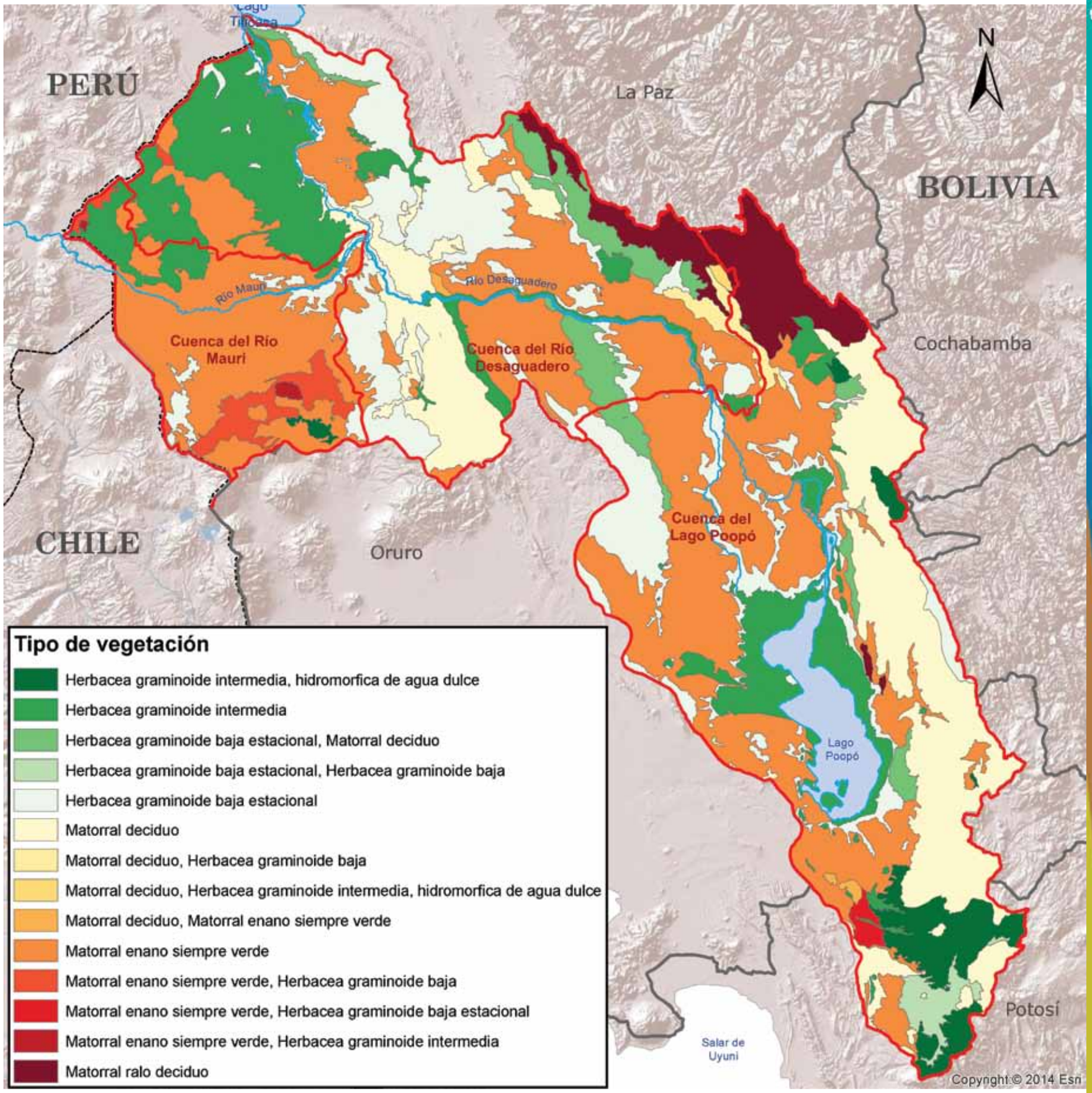
Holoceno.- El nivel del lago alcanzó fluctuaciones cercanas a los 30 m. hace 500 años el nivel del lago era mayor que el actual en unos pocos metros. Durante los períodos de descenso el clima era seco y el Desaguadero no llevaba agua fuera de la cuenca del Titicaca. La divisoria con las cuencas del sur se encontraba en la zona de Aguallamaya. Los río que tributaban al Titicaca presentaban lechos erosionados y formaban canales que penetraban en el lago actual varias centenas de metros. Evidencias de tales canales se encuentran en el fondo del lago, a profundidades de 10 y 20 m frente a las desembocaduras actuales (en el lado peruano se ha encontrado una formación arcillosa lacustre con paleocauces colmatados a 30 m de profundidad con respecto al nivel actual, debajo de un relleno de limos, arenas y gravas). Evidentemente, durante los períodos de bajos niveles, el río Desaguadero vertía al lago mismo, al igual que los flujos de todas las napas localizadas aguas arriba del Aguallamaya. Al Sur de esta divisoria, los flujos se dirigían hacia el Desaguadero y los lagos del Sur. La erosión natural no ha podido rebajar totalmente el fondo del río en el sector del Aguallamaya, por lo que en este tramo se forme continuamente en el lecho del río una barrera de lodo y arena, justo en el tramo donde se encuentra el cambio de pendiente que coincide con la antigua divisoria.



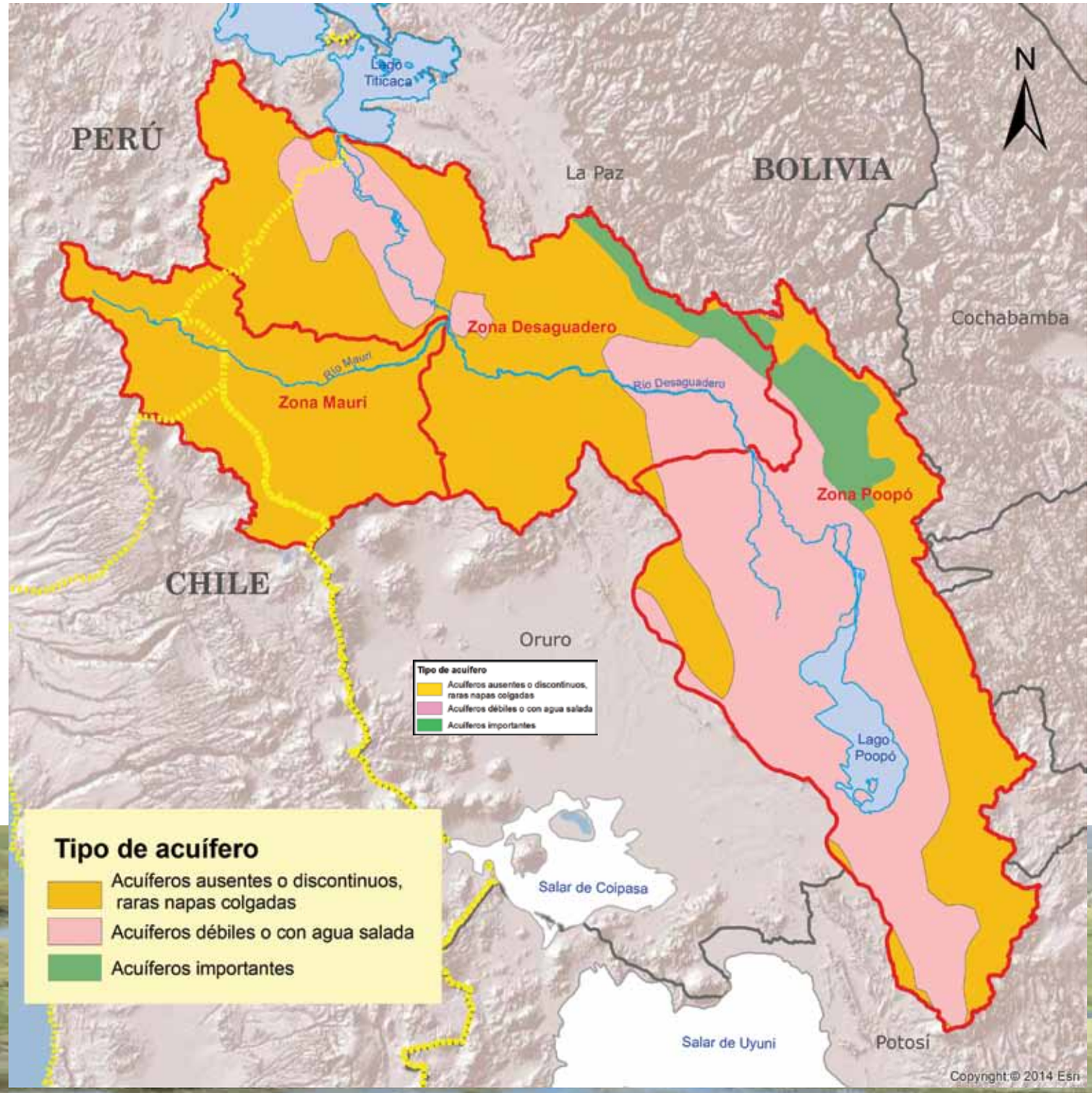
Mapa I-6. Mapa Geológico de la Cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó

3.3. Vegetación

La vegetación es uno de los principales organizadores del paisaje también es la parte más visible de esta, la caracterización de los diferentes tipos de vegetación nos puede dar una idea de las interacciones existentes entre: suelo, agua, roca, clima y usos humanos. En esta cuenca se puede observar la gran presencia de especies herbáceas gramíneas y matorrales que son las típicas de este tipo de ecosistemas con clima semiárido.



Mapa I-7. Mapa de vegetación de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó



Mapa I-8. Mapa de acuíferos de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó

3.4. Acuíferos

Los acuíferos son un sistema natural de acumulación de agua, y su importancia se incrementa en épocas de escases de este recurso ya que facilitan el acceso al agua por parte de las poblaciones. En este sentido, el caudal asociado al movimiento de cuerpos de agua es muy importante para conocer la velocidad de recarga de los acuíferos. A mayor caudal existe una mayor velocidad de recarga de los acuíferos y viceversa.

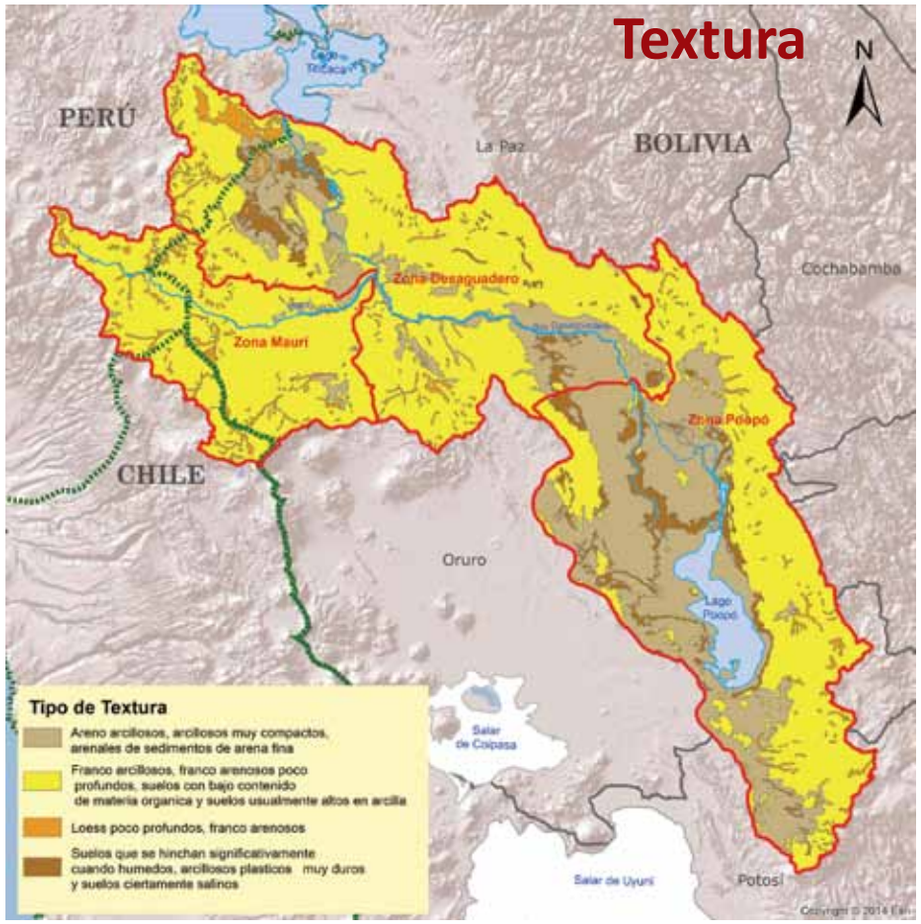
La presencia de acuíferos predomina en las zonas de Mauri y Desaguadero y los aportes hidrológicos más importantes para la recarga son los que provienen del Lago Titicaca. La región presenta como actividad económica primaria la ganadería, y un factor importante es que la velocidad de recarga de los acuíferos sea mayor a la tasa de consumo de las mismas. Caso contrario, esto llevaría al deterioro y desaparición de los mismos. Normalmente el agua para consumo de ganado proviene de aguas superficiales, pero esto implica también que los volúmenes de agua se reduzcan provocando una disminución en la tasa de recarga de los acuíferos. Aunque este tipo de actividad no representa una amenaza de consideración ante las tasas de reposición de los acuíferos, con el tiempo si esta actividad económica llegará a crecer, el consumo animal de agua podría ser un factor muy importante para determinar la existencia de los acuíferos en la zona. Asimismo, es importante mencionar que para los acuíferos la existencia de bofedales es sustancial porque ayuda a su recarga. Sin embargo, la ocurrencia de eventos extremos climáticos (sequías o inundaciones) en la zona pueden llegar a producir un deterioro de los bofedales reduciendo la velocidad de recarga de acuíferos. En estas zonas los acuíferos existentes son: acuíferos discontinuos, acuíferos débiles (ubicados en las cercanías del lago Titicaca y el lago Poopó) que presentan agua salina.

3.5. Suelos

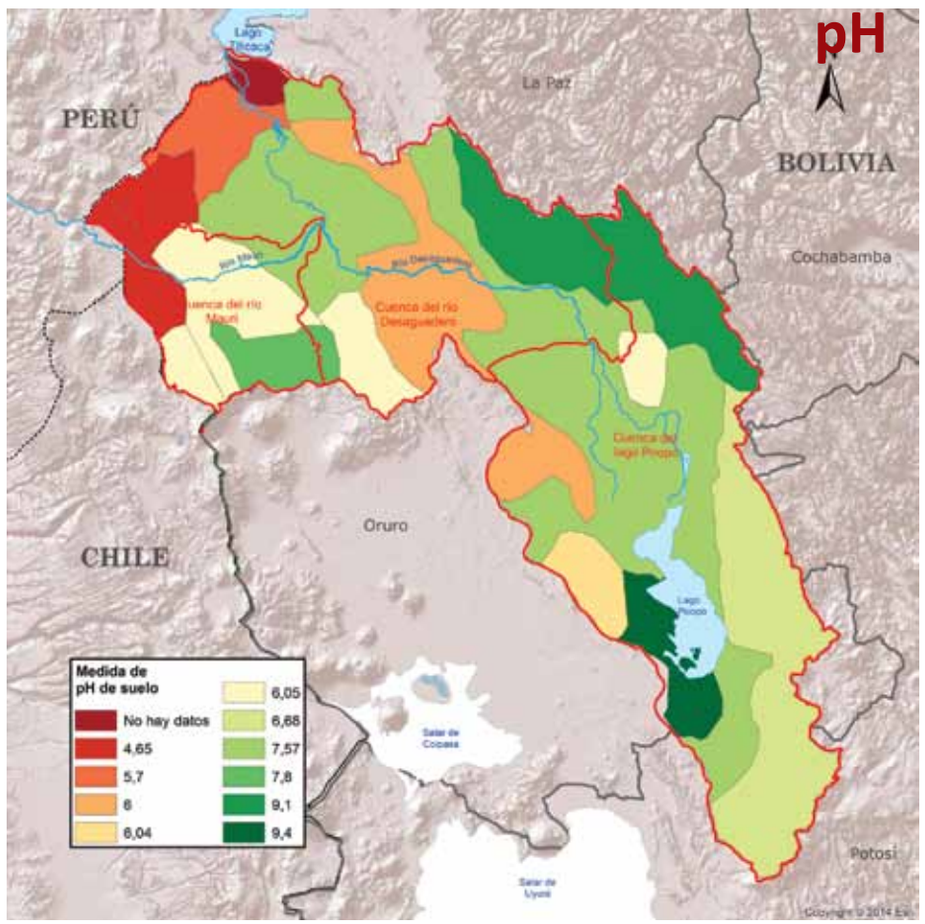
Los suelos de la cuenca en gran mayoría están caracterizados por tener texturas franco-arcillosos, franco-arenosos muy poco profundos que contienen materia organiza en bajos niveles. Las áreas cercanas al lago Poopó tienen un contenido más alto en arena.

En cuanto al pH, en zonas cercanas al lago Poopó tienen suelos básicos (altas valores de pH) y suelos mas ácidos (bajos valores de pH) se presentan en la parte norte de la cuenca.

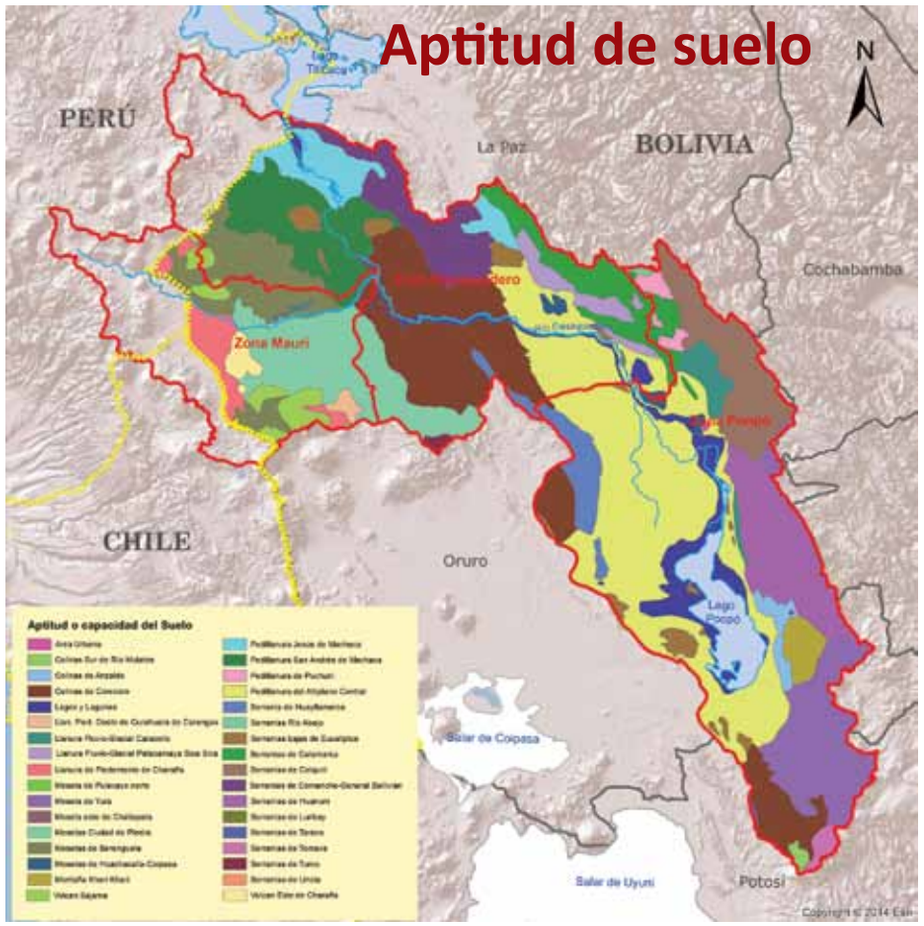
La aptitud de suelo está distribuida entre serranías, colinas, llanuras, mesetas y áreas volcánicas. La caracterización de los diferentes usos del suelo nos ayuda a describir el medio biofísico presente a lo largo de las sub cuencas Mauri – Desaguadero y Poopó. Es notable mencionar que la agricultura en la zona no representa una gran cobertura en cuanto al uso del suelo se refiere, sino que las 3 subcuencas se caracterizan por tener un mayor porcentaje de suelo ocupado por actividades pecuarias.



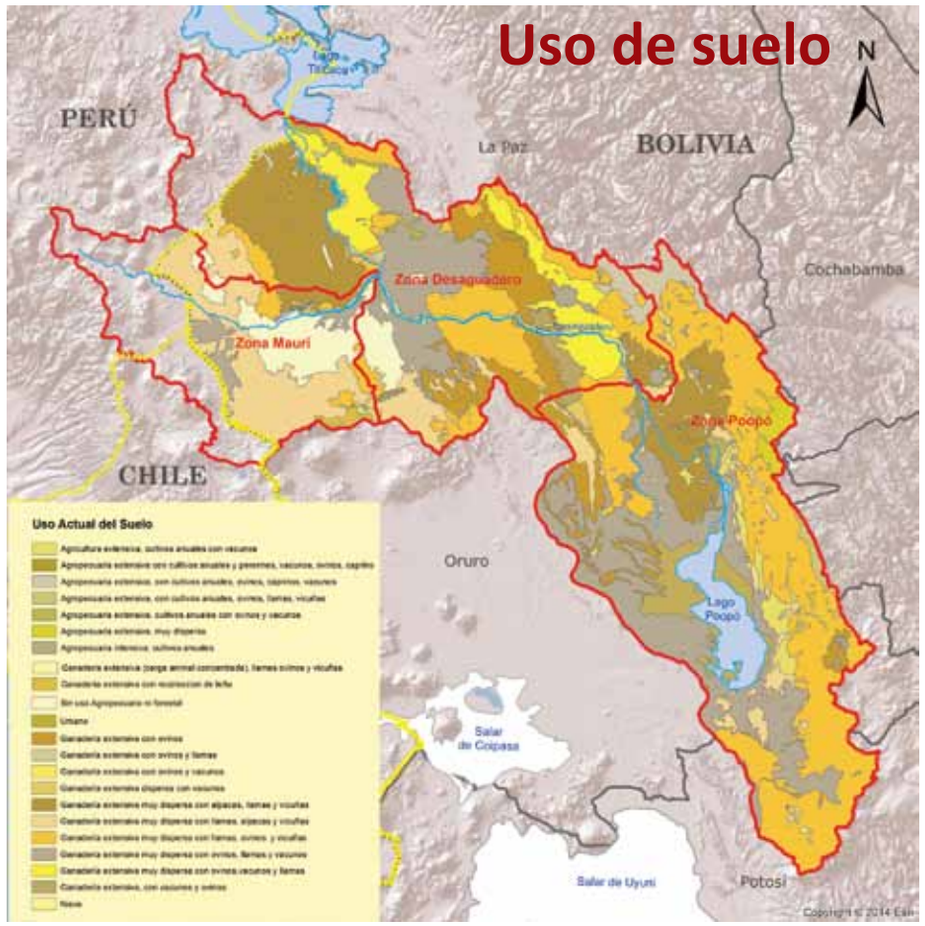
Mapa I-9. Mapa de textura del suelo la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó



Mapa I-10. Mapa de pH del suelo de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó



Mapa I-11. Mapa de aptitud del suelo de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó



Mapa I-12. Mapa de uso actual del suelo de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó

3.6. Aspectos Socio-Económicos

3.6.1. Población

Bolivia es un país poblacionalmente más urbano que rural, pero socio-culturalmente a la inversa. Las dos terceras partes de nuestra población de casi 11 millones de habitantes es urbana y con proyecciones a que esta relación crezca más en el futuro. Las migraciones rural-urbanas temporales constituyen un fenómeno con alcances económicos, políticos y socio-culturales, importantes.

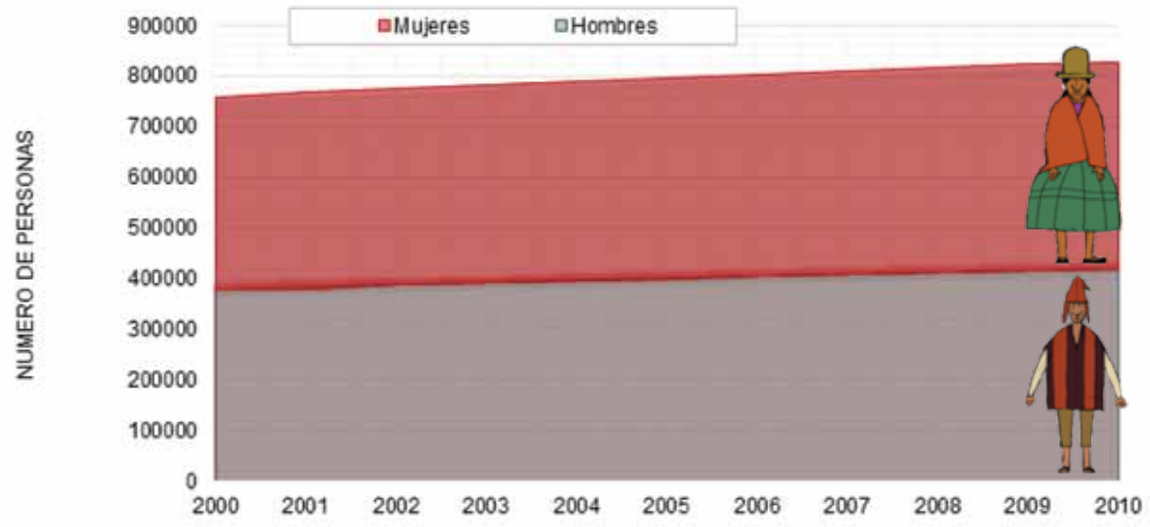


Figura I-1. Población Mauri Desaguadero y Poopó y Total de la Cuenca (2000–2012)

Para el año 2010, la población en la cuenca del Mauri-Desaguadero-Poopó era de alrededor de 830.000 personas. Para el año 2010, la cuenca Poopó es la de mayor población (aprox. 547.000 personas), seguido por la cuenca Desaguadero (aprox. 277.000 personas) y finalmente, la cuenca Mauri (aprox. 6.000 personas). El crecimiento demográfico (periodo 2000-2010) es variable en las tres cuencas: 3,1% de crecimiento para la cuenca Mauri, 1,6 % para la cuenca del Desaguadero y 0,5% para la cuenca Poopó.

3.6.2. Estructura socio productiva

3.6.2.1. Características socio-culturales

El desarrollo y cambios de las comunidades originarias de la cuenca del Desaguadero es milenaria, desde la formación de la nacionalidad aymara, su conquista por la nacionalidad quechua, la llegada de los españoles, la vida republicana y actualmente la plurinacional (Fernandez, 2013).

Figura I-2. Culturas originarias de la cuenca del Mauri Desaguadero Poopó

Culturas Originarias

Después del colapso o fin del imperio de Tiahuanacu (año 1100 d.C.) surgieron los señoríos aymaras (año 1200 d.C.). Entre los señoríos más importantes están los Pacajes, o Pacajaques (hombres águila). Sus orígenes serian producto de una migración proveniente del sur-oeste (los actuales departamentos de Oruro y Potosí), llegaron hasta la región del lago Titicaca. Se ubicaron en ambos lados del eje acuático (lago Titicaca, Río Desaguadero, lago Poopó, Lakajahuira y los salares).

Este eje divide el espacio territorial en dos grandes sectores: Umasuyo (Omasuyo), que quiere decir, que viven en la parte baja y llana, o sea en las riberas de las aguas (Uma). Y Urcusuyo, que habitan en lo alto de los cerros (PDM Umala citado por Fernandez, 2013).

Después, los señoríos aymaras fueron conquistados por los incas, quienes respetaron su organización pero imponiéndoles su sistema económico y político. Finalmente, la llegada de los Españoles impone su dominio político, manteniendo la organización de la estructura social de los incas, y aprovechando su sistema económico y productivo para la acumulación de la corona española. Por la rebelión criolla y de los originarios nacen los países republicanos con el dominio político de los criollos, los levantamientos indígenas y la revolución agraria, marcan una larga lucha de las familias campesinas por el control de una parte de los recursos sobre todo tierra y agua (Fernandez, 2013).

Situación Actual de las Comunidades Originarias y Campesinas

Como resultado del surgimiento de las Organizaciones Sindicales Campesinas después de la reforma agraria, inicia un proceso de desestructuración territorial de los pueblos originarios (suyus, marcas y ayllus) por la imposición de la creación de nuevos espacios de organización política (Cantones, Provincias y Municipios) y el control de los grupos de poder. A pesar de estas políticas las comunidades originarias han mantenido su estructura organizacional territorial de Suyus, Markas y Ayllus.

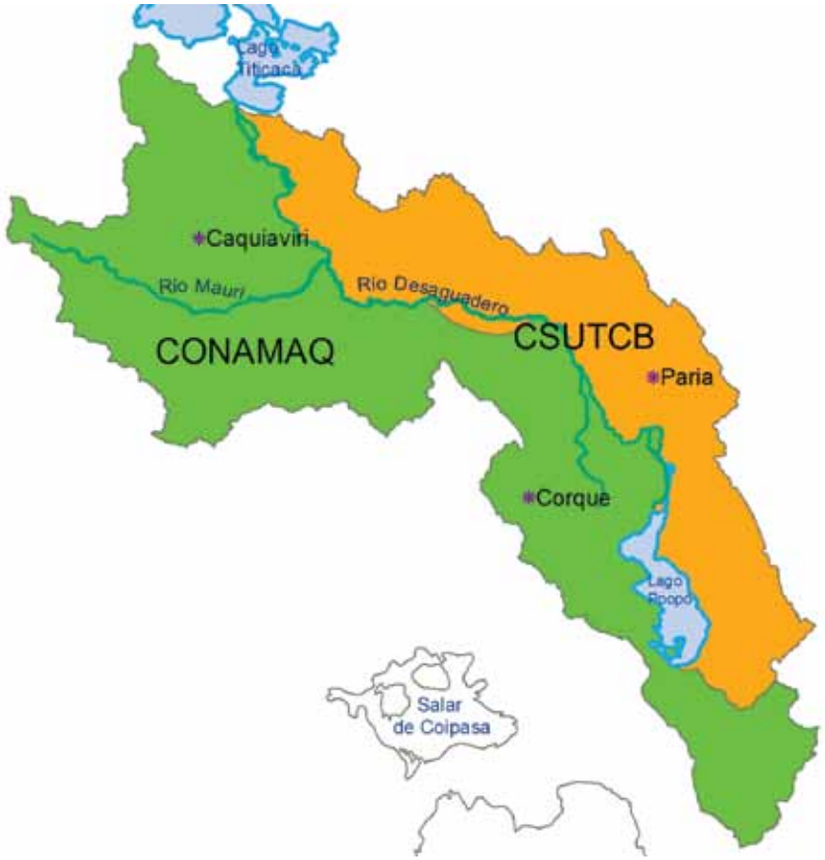


Figura I-3. Situación Actual de las Comunidades Originarias y Campesinas

Actualmente en la cuenca se puede identificar dos sistemas de organización, las organizaciones originarias y las organizaciones sindicales de campesinos, estructurados a nivel nacional mediante la CONAMAQ (Consejo Nacional de Ayllus y Marcas) y la organización de la CSUTCB (Confederación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Bolivia).

Tabla I-2. Estructura productiva según las organizaciones socio-culturales (Villarroel & Perez, 2015)

Comunidades Originarias (CONAMAQ)	Sindicatos Campesinos (CSUTCB)
Estructura Productiva	
Productos andinos: Sistema ganadero camélido Producción de tubérculos andinos	Introducción de sistemas productivos ajenos: Sistema ganadero vacuno Sistema de cultivos forrajeros y de verduras, adaptación de especies a las condiciones climáticas, y especies muy relacionadas a las demandas del mercado
Organización territorial y política	
Suyus Markas Ayllus	Sindicatos Agrarios Subcentrales Agrarias Centrales y/o Federaciones Provinciales Federaciones Regionales Federaciones Departamentales
Autoridad	
Hiliris Mallkus Jilacatas	Ejecutivo Nacional Secretarias Comisiones

3.6.2.2. Características productivas

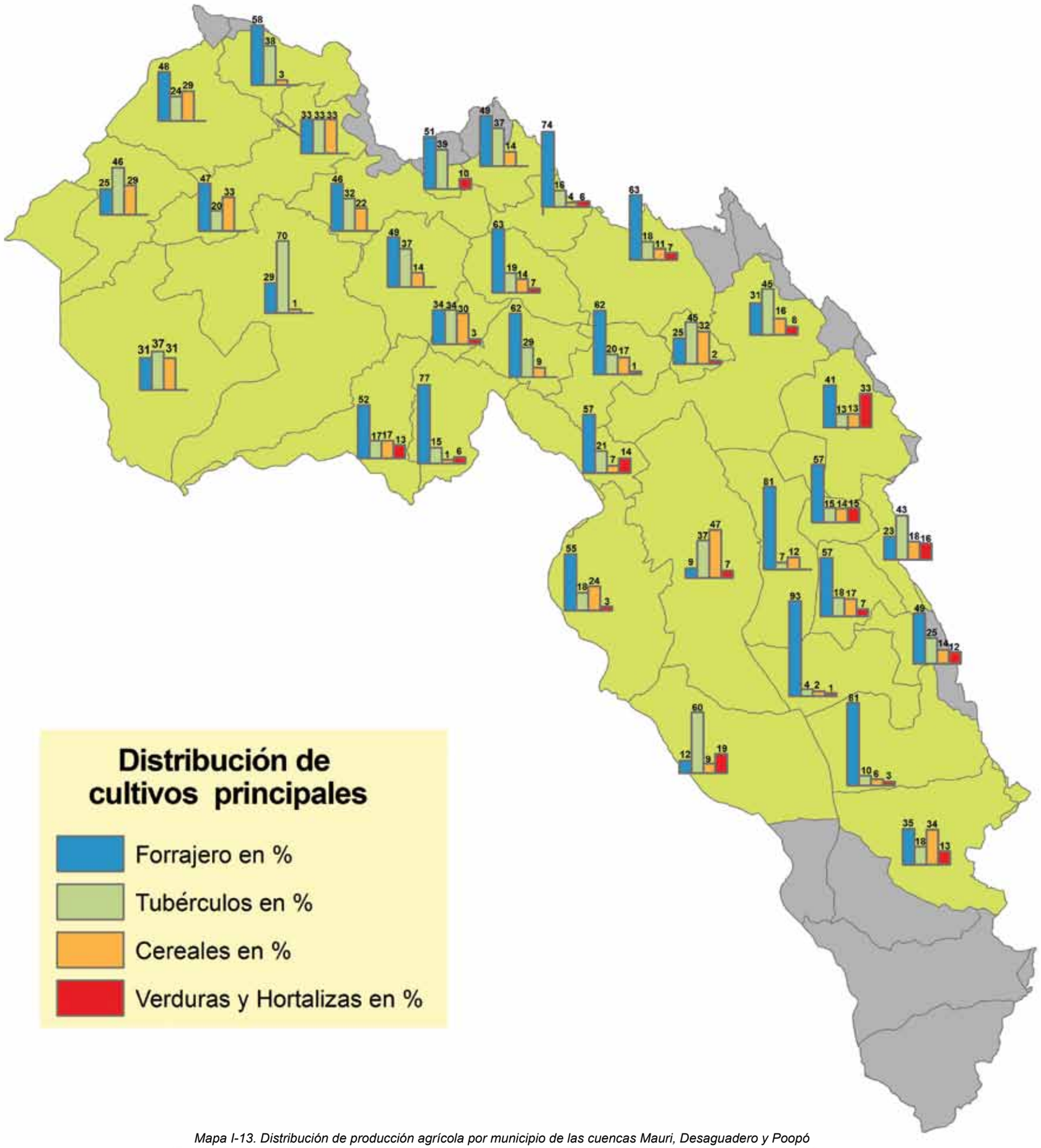
Las actividades económicas existentes en las cuencas Mauri Desaguadero y Poopó varían de acuerdo a las características del suelo, disponibilidad de agua y el mercado disponible hacia estos productos.

La geomorfología, por ejemplo, ha influido en las características de los sistemas productivos. Considerando las principales diferencias ecosistémicas y productivas. En el estudio sobre mapeo de derechos el área se dividió en dos: zona del Desaguadero Alto y zona del Desaguadero bajo. Desaguadero Alto corresponde al área desde la unión del Mauri con el Desaguadero (Calacoto), toda la región ubicada en el departamento de La Paz y una pequeña parte al norte del departamento de Oruro. La producción es principalmente ganadera. Desaguadero bajo se ubica en el área desde el norte del departamento de Oruro hasta el inicio del lago Poopó. Comprende pampas de praderas nativas y forrajes cultivados. Las áreas cultivadas bajo riego dependientes del río Desaguadero son extensas. En esta zona, que también es principalmente ganadera, el ganado vacuno y ovino son para producción de carne.

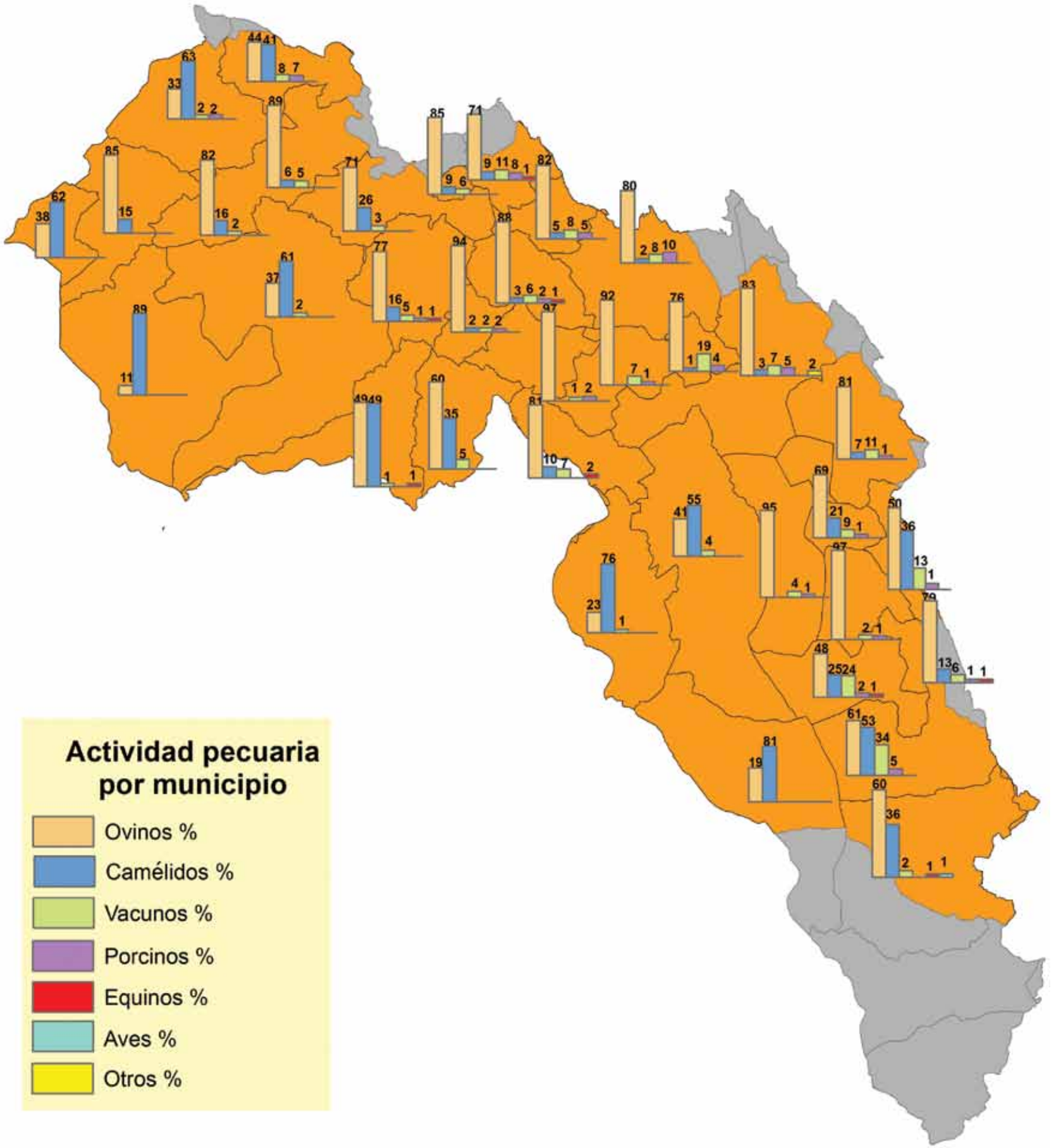
La distribución de las clases de cultivos es muy variable de municipio a municipio. Esto quiere decir que no existe una actividad económica predominante a lo largo de las cuencas; pero se pueden identificar que actividades predominan en cada zona de acuerdo al tipo de cultivos que presentan en abundancia.

Figura I-4. Distribución de la producción ganadera y agrícola de la cuenca

ZONA MAURI	ZONA DESAGUADERO	ZONA POOPÓ
• Zona ganadera orientada a la crianza de camélidos por la cantidad de bofedales que existe en la zona. • El desarrollo de la agricultura no es una opción viable como sustento económico adecuado para familias locales. • Elevada presencia de tubérculos, pero los forrajes y cereales son los cultivos que abundan. • En las partes más bajas (unión con el Desaguadero y hacia el Este de la cuenca), se cultiva cebada para el ganado, papa para autoconsumo y en algunas zonas aptas el cultivo de la quinua. • Complementan su economía con venta de mano de obra en el país vecino de Chile.	• Variada disponibilidad de agua para riego entre municipios. • La producción de cereales, tubérculos y forraje se realiza en casi todos los municipios (a secano). • Alta producción forrajera por la gran actividad de ganadería ovina. • En zonas de alta disponibilidad de agua: ganado ovino esta orientado hacia la producción de leche. • En zonas con menos disponibilidad de agua: ganado ovino es orientado a la obtención de carne. • Las áreas con riego: ganado vacuno para producción de leche y quesos. • Principal forraje cultivado con riego: alfalfa, complementada con un poco de avena y cebada que suele cultivarse a secano. En menor escala se cultiva papa, haba y quinua (a secano). • En las zonas alejadas del Desaguadero hay mayor diversidad ecológica y de cultivos, sobre todo en la producción de hortalizas.	• Existe mayor superficie de suelo y el clima es menos fría por lo que la actividad predominante es la producción agrícola. • Producción de verduras y hortalizas en baja intensidad pero con elevada exigencia del suelo. • Producción de cereales y forraje, permitiendo la actividad ganadera • Menos apta para la ganadería pero por estar en la zona de salares tiene mayor superficie de cultivo para quinua que las otras zonas.



Mapa I-13. Distribución de producción agrícola por municipio de las cuencas Mauri, Desaguadero y Poopó
(Fuente: Elaboración propia en base a información del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-UPC, SIMMA, 2011)



Mapa I-14. Distribución de producción pecuaria por municipio de las cuencas Mauri, Desaguadero y Poopó
(Fuente: Elaboración propia en base a información del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras-UPC, SIMMA, 2011)

CAPITULO II
VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA

1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Es necesario precisar los conceptos que orientaron este documento en relación a la vulnerabilidad y la resiliencia. La vulnerabilidad está estrechamente relacionada a condiciones de pobreza, política, economía y acceso limitado a servicios. A su vez, existen un conjunto de presiones físicas, como cambio climático, variabilidad climática, degradación de los recursos naturales, impactos ambientales, etc. que interrelacionados con variables económicas (carencias de condiciones de producción, de empleos, de energía, de mercados, etc.) y socio-políticas (migraciones, ingobernabilidad, fraccionamientos e inestabilidades institucionales, etc.) actúan y afectan de manera más gravitante en las situaciones de mayor vulnerabilidad. Los efectos de un desastre en un contexto particular resultan de un conjunto de conductores y condiciones muy complejos que interactúan entre sí. La relación es muy evidente a mayor vulnerabilidad, mayores impactos, por lo general negativos, de estas presiones, principalmente climáticas y ambientales. Por tanto, es necesario emplear enfoques multidimensionales para entender la vulnerabilidad en un contexto determinado, más aún en un contexto como el Altiplano Boliviano y en particular la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó.

En este marco, el presente capítulo presenta primero un análisis de los factores de vulnerabilidad que se estudiaron a partir de la información generada con la investigación participativa. La variable más importante para el análisis de la vulnerabilidad en este caso es el recurso hídrico, por lo tanto, se puso mucho énfasis en el análisis hidrológico y climatológico del área.

Los recursos utilizados en esta sección fueron mayormente herramientas de análisis espacial que cruzados con bases de datos estadísticas nos pudieron dar resultados interesantes para los tomadores de decisión relacionados con el área geográfica.

La resiliencia, a su vez; hace relación a la suma de capacidades de amortiguamiento y absorción de un sistema biocultural, para responder a estas situaciones de presión. Así mismo, existe un conjunto amplio de factores que pueden contribuir a fortalecer estas resiliencias y mejorar las capacidades de respuesta de una sociedad, como son la información, los conocimientos, la investigación, la innovación y creatividad, la planificación, la prevención, las capacidades organizativas y de gestión, las normas e institucionalidad pública y privada, el uso eficiente y efectivo de recursos económicos públicos, las redes y circuitos de cooperación entre actores sociales e instituciones. De hecho, este conjunto de factores se pueden agregar, relacionar, articular e incluso crear sinergias de manera inteligente.

La segunda parte de este acápite está más relacionado con las fortalezas de la cuenca, su institucionalidad, su capacidad humana etc. las cuales son la base para la propuesta del Plan donde una de los principales planteamientos es el fortalecimiento de las mujeres, el eslabón más débil de la cadena de vulnerabilidad y las generaciones nuevas, por sus potencialidades a mejorar resiliencias en el futuro.

1.1. ESTUDIOS CLIMÁTICOS

Percepción local del clima

Figura II-1. Percepciones sobre el Cambio Climático [Tras las huellas del cambio climático en Bolivia (PNUD, 2011)]

ANÁLISIS HISTÓRICO

El clima de la región del sistema Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salares es semiseco y frío por encima de los 3800 msnm. Tiene un comportamiento más lluvioso al norte del Lago Titicaca y cada vez más seco hacia el Sur, estas precipitaciones promedio se registran por los 650 mm/año con un valor máximo de 800 a 1.400 mm al centro del lago. La precipitación se produce más del 70% durante el verano austral (diciembre a marzo). Esto se explica por el aire húmedo que proviene de la Amazonía y luego ingresa al Altiplano y se descarga en forma de lluvias convectivas (Yuque and Molina, 2015). El clima de la región está determinado por una combinación de factores y entre los más importantes están la posición geoastronómica, relieve y la circulación atmosférica zonal (Cornejo and Molina, 2014).

POSICIÓN GEOASTRONÓMICA

Determina el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre. Por lo tanto, la región al extenderse entre los 14° y los 20° de latitud sur aproximadamente hace que sus condiciones climáticas sean tropicales, con una estacionalidad térmica moderada

RELIEVE GENERAL

Determinado por la altitud, forma y orientación de las masas montañosas. El sistema por su elevada altitud (3.800 m), hace que su clima sea frío, aun durante el verano. Las altas cordilleras longitudinales actúan como barreras para los vientos húmedos provenientes de las vertientes y llanuras exteriores, especialmente del oriente. No obstante, al interior del altiplano, la presencia del extenso Lago Titicaca constituye una importante fuente de humedad y un elemento moderador del clima (Coraly Cornejo & Molina, n.d.)

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA ZONAL

Determina en gran medida la distribución espacial y temporal de la precipitación. El continente sudamericano incluido el Sistema TDPS, está bajo la influencia de tres sistemas semipermanentes de alta presión y uno de baja presión (Coraly Cornejo & Molina, n.d.)

SISTEMAS DE ALTA PRESIÓN

Anticiclones del Atlántico, del Pacífico Sur y del Caribe los que bordean el continente

SISTEMA DE BAJA PRESIÓN

Zona de convergencia intertropical (ZCIT) que se mueve entre los mencionados núcleos de alta presión del sur y del norte, siguiendo aproximadamente el movimiento aparente del sol
La diferencia de presión entre los sistemas anticiclónicos y la ZCIT genera flujos de aire desde los trópicos hacia el ecuador. Estos flujos son desviados hacia la izquierda por el movimiento de rotación de la tierra, dando lugar a los vientos alisios del sureste (Coraly Cornejo & Molina, n.d.) .

MASAS DE AIRE FRÍO DE LOS FRENTES POLARES DEL PACÍFICO Y DEL ATLÁNTICO

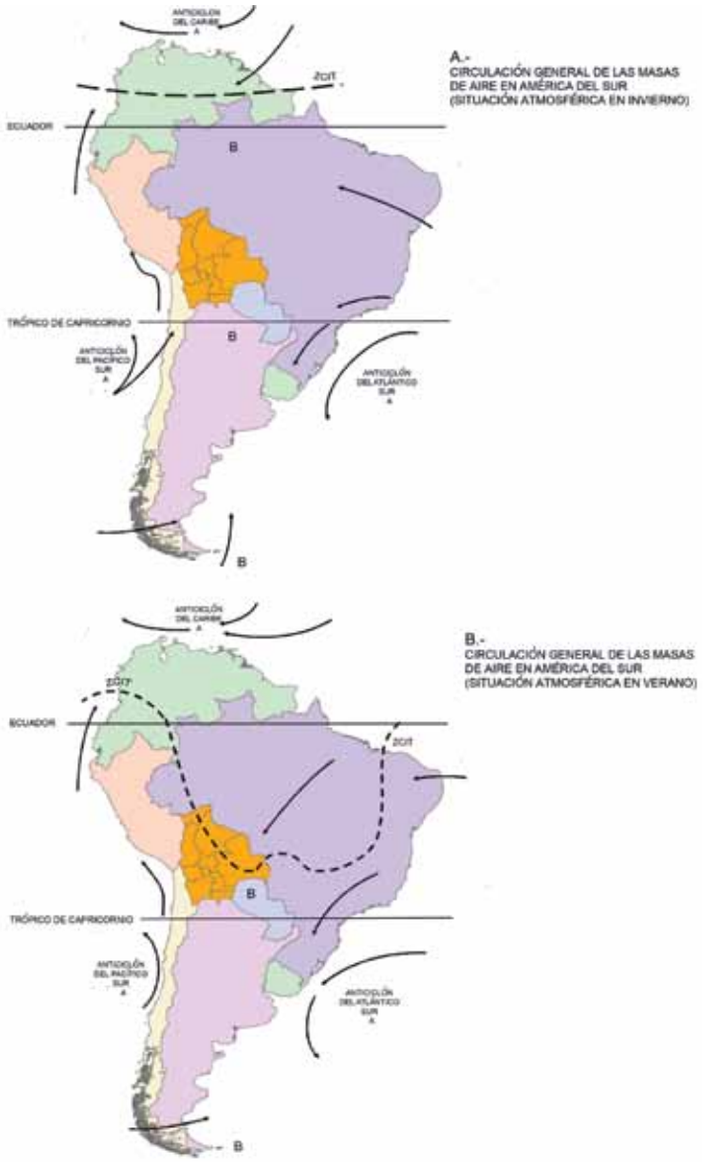


Figura II-2. Circulación general de las masas de aire en América del Sur (digitalización en base a ALT-OEA-PNUMA)

Durante el invierno la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), se desplaza hacia el norte y los anticiclones penetran más en el continente sudamericano, dando lugar a la estación seca en gran parte de Perú y Bolivia. Al finalizar el invierno, el frente polar antártico inicia su repliegue hacia el sur, mientras que la ZCIT avanza hacia el centro del continente llevando consigo aire húmedo y caliente. Durante el verano los anticiclones oceánicos canalizan los flujos de aire hacia los bordes del continente, mientras que el extremo sur queda bajo la influencia de la zona de baja presión circumpolar. Al mismo tiempo, el fuerte calentamiento terrestre genera una depresión térmica que hace descender a la ZCIT hasta los 15° a lo largo del meridiano 60°. Esta depresión se caracteriza por movimientos convectivos que, aunados a la fuerte humedad producida por la evaporación del Lago Titicaca, da lugar a la formación de grandes cúmulos y cumulonimbos sobre la región. Como resultado, llueve en todo el sistema. La circulación atmosférica descrita explica el régimen anual de las lluvias. La parte Norte del Sistema TDPS, más afectada por la ZCIT, es la que recibe más lluvia, mientras que el sur, más sujeto a los vientos anticiclónicos, es más seco (Cornejo and Molina, 2014).

El anterior es el sistema "normal" de circulación. No obstante, puede sufrir oscilaciones o variaciones más o menos marcadas, de las cuales la más importante es causada por la corriente marina conocida bajo el nombre "El Niño".

FENÓMENO DE EL NIÑO

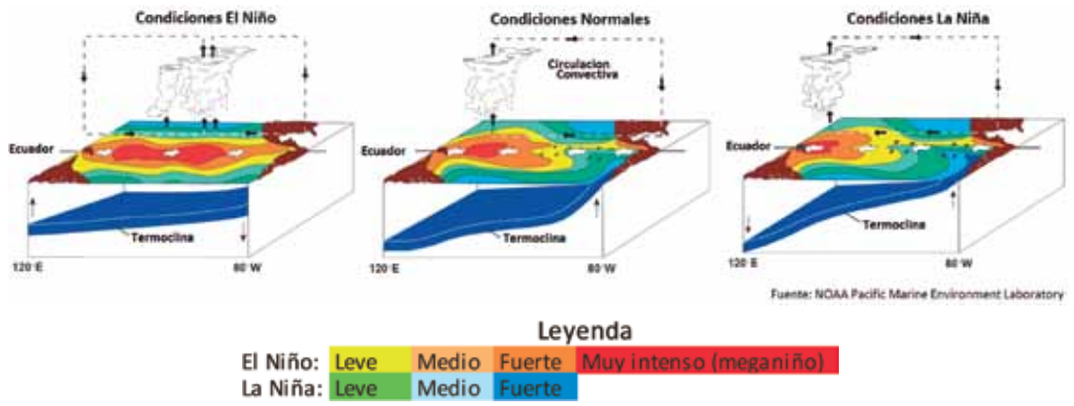
El fenómeno de El Niño no tiene un ciclo fijo y su dinámica es aún objeto de estudio. El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS o ENSO por sus siglas en Ingles) es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical. Lo que ocurre es que las aguas superficiales de una gran franja del Océano Pacífico tropical, se calientan o enfrían entre 1°C y 3°C comparado a condiciones normales. Este calentamiento oscilante y el patrón de enfriamiento, es conocido como el ciclo ENOS. El Niño y La Niña son las fases extremas del ciclo ENOS; entre estas dos fases existe una tercera fase llamada Neutral. Este ciclo afecta directamente a la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y puede tener una fuerte influencia sobre el clima en los otras partes del mundo (CIIFEN, 2016)

El ciclo ENOS entero dura generalmente entre 3 y 7 años, y con frecuencia incluye una fase fría (La Niña) que puede ser igualmente fuerte, así como algunos años que no son anormalmente fríos ni cálidos. Sin embargo, el ciclo no es una oscilación regular como el cambio de estaciones, pudiendo ser muy variable en tanto en la intensidad como en su duración. En la actualidad, aún no se entiende completamente cuáles son las causas de estos cambios en el ciclo ENOS (CIIFEN, 2016).

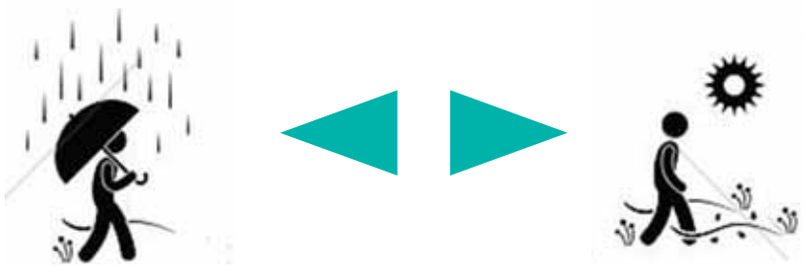
En el Altiplano, las precipitaciones no tienen una distribución homogénea; en la parte Central se presenta excesos no muy marcados con respecto a las normales, por ejemplo en Chuquiña-Oruro se tiene excedentes de hasta 50% más que la normal). Mientras que en el resto de la región las precipitaciones tienden a ser deficitarias, en algunos sectores hasta 75% menos que la normal, principalmente en los alrededores de la ciudad de Potosí. Sin embargo las temperaturas muestran un comportamiento normal ya se registran anomalías entre -1°C a 1°C con relación a sus normales (SENAMHI, 2015).

Por ejemplo en el Evento de El Niño 1977-78, en el altiplano boliviano hubo una gran sequía que redujo en aproximadamente 50% la producción de trigo y maíz. La hambruna fue agravada por la aparición de enfermedades y epidemias asociadas a la sequía.

El Niño	La Niña
1902-03	1903-04
1905-06	1906-08
	1909-10
1911-12	
1913-14	
	1916-18
1918-19	
1923	1924-25
1925-26	
	1928-29
1932	
	1938-39
1939-41	
1940-47	
	1949-51
1951	
1953	1954-56
1957-59	
1963	1964-65
1965-66	
1968-70	1970-71
1972-73	1973-76
1976-77	
1977-78	
1979-80	
1982-83	1983-84
	1984-85
1986-88	1988-89
1990-93	
1994-95	1995-96
1997-98	1998-99
	1999-2000
	2000-2001
2002-03	
2004-05	2005-06
2006-07	2007-08
	2008-09
2009-10	2010-11
	2011-12
2014-16	



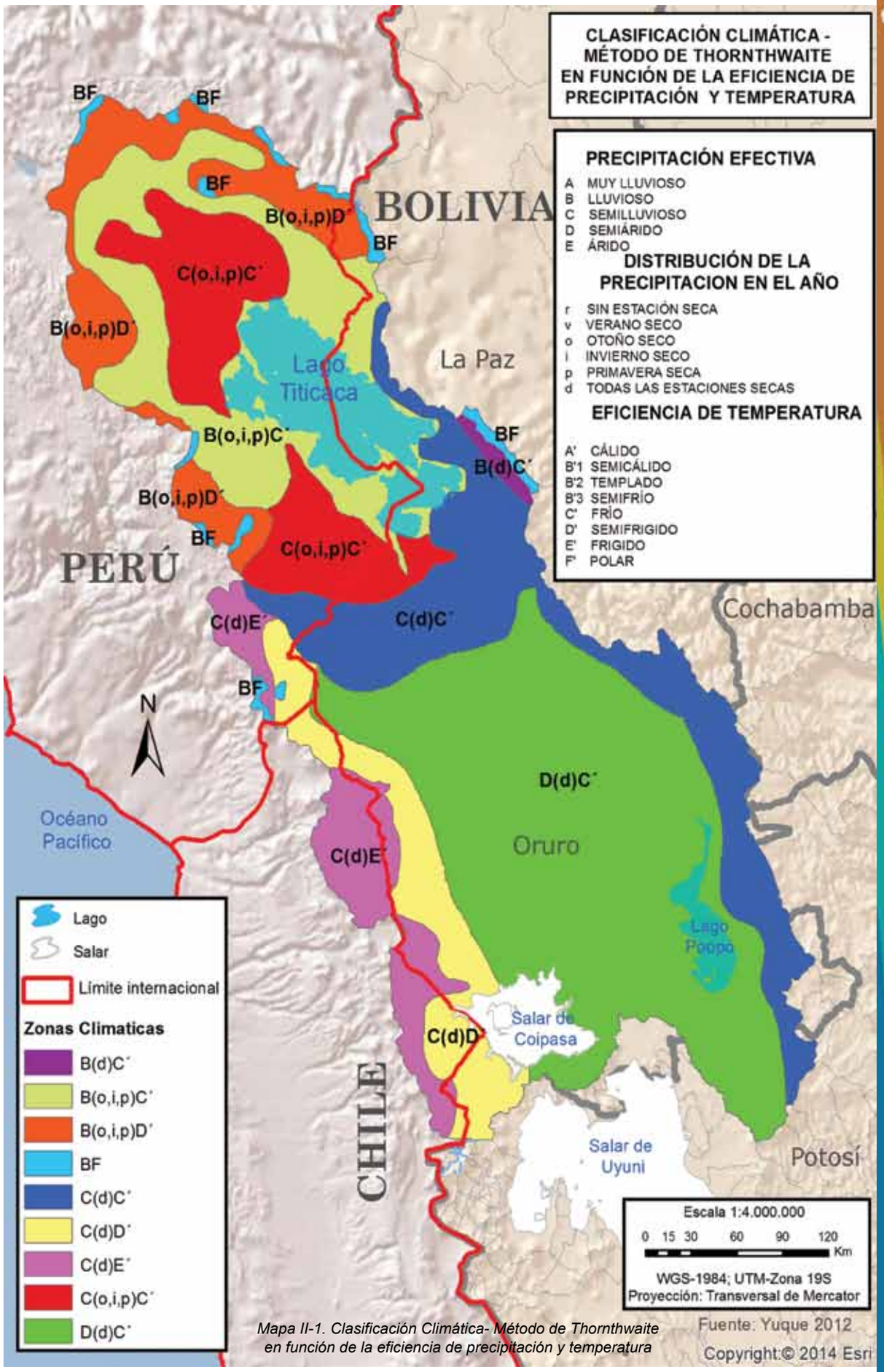
1.1.1. Zonas climáticas

Nor-occidental	Sur – Oriental
	
Húmeda	Seca
Radiación menor	
Menor velocidad del viento	Mayor velocidad del viento
ETP bajo	ETP elevado

La información climática de las estaciones meteorológicas de Perú, Chile y Bolivia permitió identificar 9 zonas climáticas en base a la teoría de W. Thornthwaite. Este método combina las variables climáticas de precipitación y temperatura que más adelante se irán describiendo en detalle (Yuque, 2012a). Las variaciones climáticas en el Altiplano se ajustan a las influencias de factores astronómicos (latitud y longitud), a los accidentes orográficos (cordilleras que encierran el sistema), a la presencia de lagos (Lago Titicaca y Poopó) y los movimientos de masas de aire (influencia de las masas de aire húmedo de la amazonia) (Yuque y Molina, 2015).

Se encontraron 9 zonas climáticas considerando las características de precipitación y temperatura. Las características climáticas más favorables para toda actividad agrícola se ubican en las zonas circundantes al lago Titicaca. Y toda la región Sur tiene un clima semiárido y frío con todas las estaciones secas lo que hace que el área sea agrícolamente improductiva donde prospera principalmente la ganadería. (Yuque, 2012b). Toda la región Sur (grupos A, B y C) del sistema tiene un déficit hídrico durante todo el año. Las regiones del Norte (grupos D, E, F, G y H) recuperan las reservas de agua en el suelo tras la parálisis estival en los meses de Enero y Febrero (época de lluvias).

BF	Lluvioso y polar (Alturas mayores a los 5000 msnm) Áreas cubiertas con nieve y hielo durante gran parte del año
B(o,i,p)D	Lluvioso y semifrígido con otoño, invierno y primavera secos (altitudes de 4200 a 5000 msnm) Cabeceras de las cuencas de los ríos: Suchez, Ramis, Coata e Ilave Precipitación media anual: 600 a 1000 mm Temperatura media anual: 2 a 5°C Temperatura mínima media: inferiores a -4°C Restricción en la utilización de la tierra con fines agrícolas.
B(o,i,p)C	Lluvioso y frío con otoño, invierno y primavera secos (altitudes de 3800 a 4200 msnm aprox.) Área circunlacustre, cuenca del río Suchez, Coata, Ilave y parte media de la cuenca del río Ramis Carácter lluvioso: precipitaciones totales anuales entre 600 a 1400 mm Temperatura media anual: 6 a 10°C Temperatura mínima media: superiores a los 0°C Es el más favorable de todos para las actividades agrícolas
C(o,i,p)C'	Semilluvioso y frío con otoño, invierno y primavera secos Parte baja de la cuenca del río Ramis y gran parte de la cuenca del rió Huancané y Alto Desaguadero Precipitación: 500 a 800 mm Promedio de temperatura anual: 5 a 10°C Temperatura mínimas media: alrededor de los 0°C por influencia termorreguladora del Lago Titicaca Estas condiciones son buenas para las actividades agrícolas
C(d)C'	Semilluvioso y frío con todas las estaciones secas Parte meridional y cordillera Oriental es una zona de transición entre el clima semilluvioso y el árido Precipitación: disminución y varía de 400 a 650 mm Temperatura media anual: 6 a 11°C Temperatura media mínima: debajo de 0°C, pudiendo alcanzar a -4°C ETo son superiores a la precipitación durante todo el año, esto limita un poco a las actividades agrícolas
D(d)C	Semiárido y frío con todas las estaciones secas Gran parte de la región sur del sistema Precipitación total anual: inferior a 400 mm, llegando inclusive a los 200 mm en la región sudoeste Temperatura media anual: 6 a 9°C con mínimas medias anuales inferiores a 0°C El área es agrícolamente improductiva prosperando principalmente la ganadería.
C(d)D'	Semilluvioso y semifrígido con todas las estaciones secas (superiores a los 4200 msnm) Franja en las laderas de la cordillera Occidental (de la parte central del sistema hacia el sur) Precipitación media anual: 500 a 200 mm Temperatura media anual: 2 a 5°C Temperatura mínima media: inferiores a los -4°C Restricción en la utilización de la tierra con fines agrícolas
C(d)E'	Semilluvioso y frígido con todas las estaciones secas (4400 a 500 msnm) A lo largo de la cordillera Occidental (Cabeceras de las cuencas del río Mauri y Coipasa) Precipitación media anual: 400 a 200 mm Temperatura mínima media: inferiores a 0°C
B(d)C'	Lluvioso y frío con todas las estaciones secas Pequeña región en la cordillera Oriental (parte central del sistema)

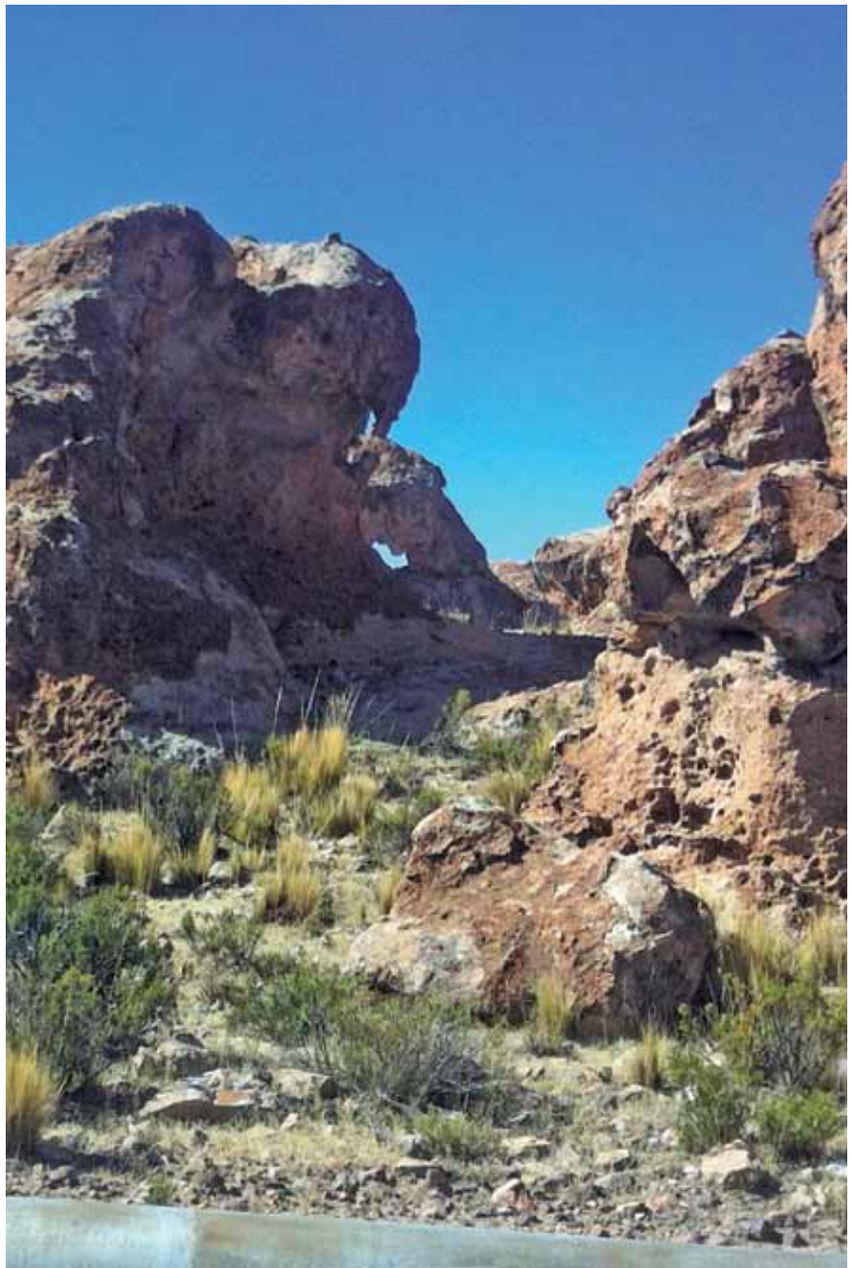


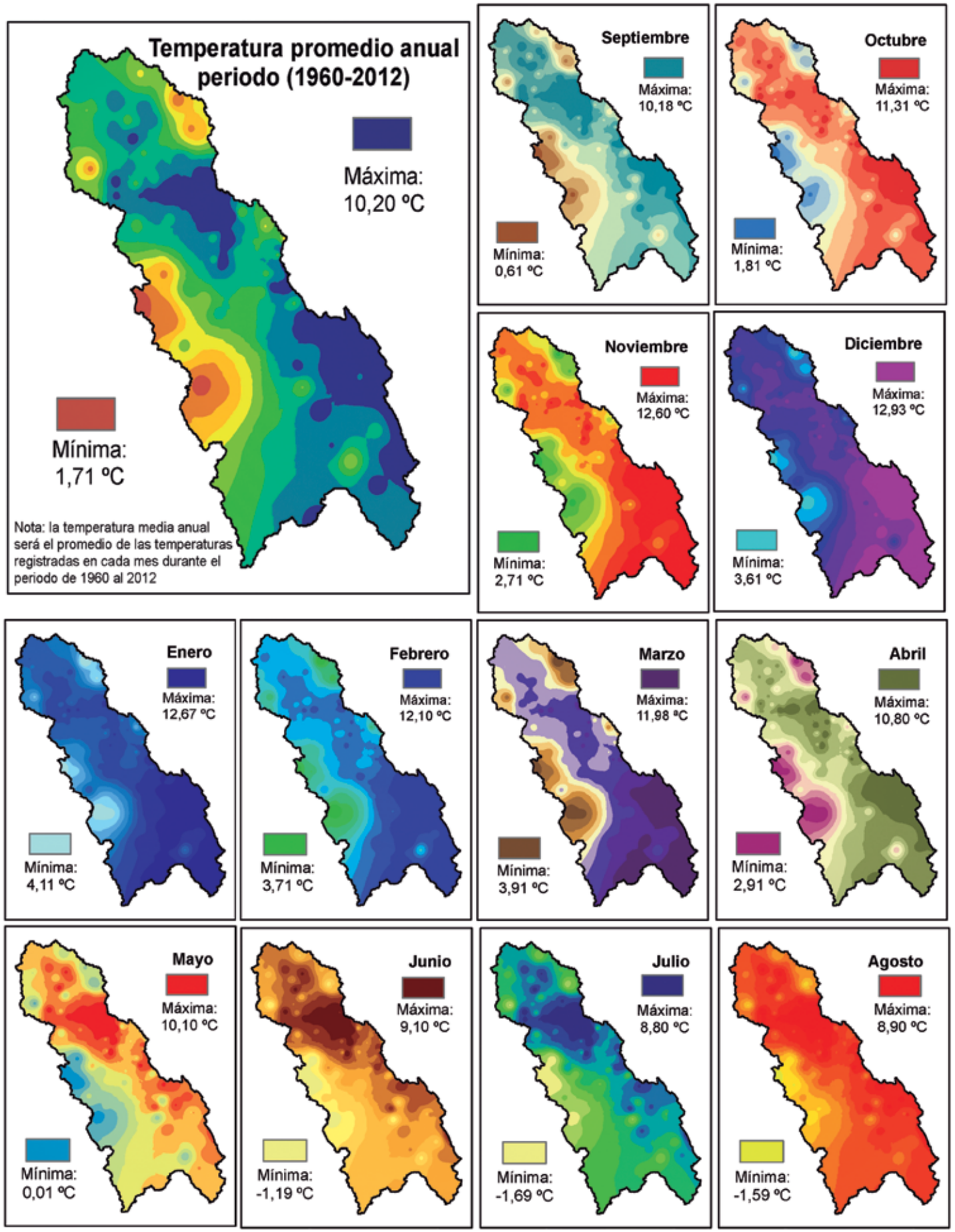
Mapa II-1. Clasificación Climática- Método de Thornthwaite en función de la eficiencia de precipitación y temperatura

1.1.2. Temperatura

TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL

La temperatura promedio anual está relacionada con la altitud y en menor grado con la latitud. Las temperaturas más bajas se registran en las cumbres de la Cordillera Occidental zona suroeste (región del monte Sajama y la cuenca del río Mauri). Siguen en orden de regiones frías los sectores oeste y norte (cabeceras de los ríos Ilave, Illpa, Coata, Ramis y Suchez). Se verifica el efecto que tiene la longitud que provoca regiones más frías al oeste que al este del Altiplano, por la influencia de las masas de aire húmedo de la amazonia. En las zonas de las subcuencas del Alto Desaguadero y la parte meridional de la cuenca, los valores de temperatura están alrededor de 8°C. Las regiones más cálidas se encuentran en el sector del Lago Titicaca y la parte sur central del sistema con temperaturas promedio alrededor de 9°C (Yuque y Molina, 2015).

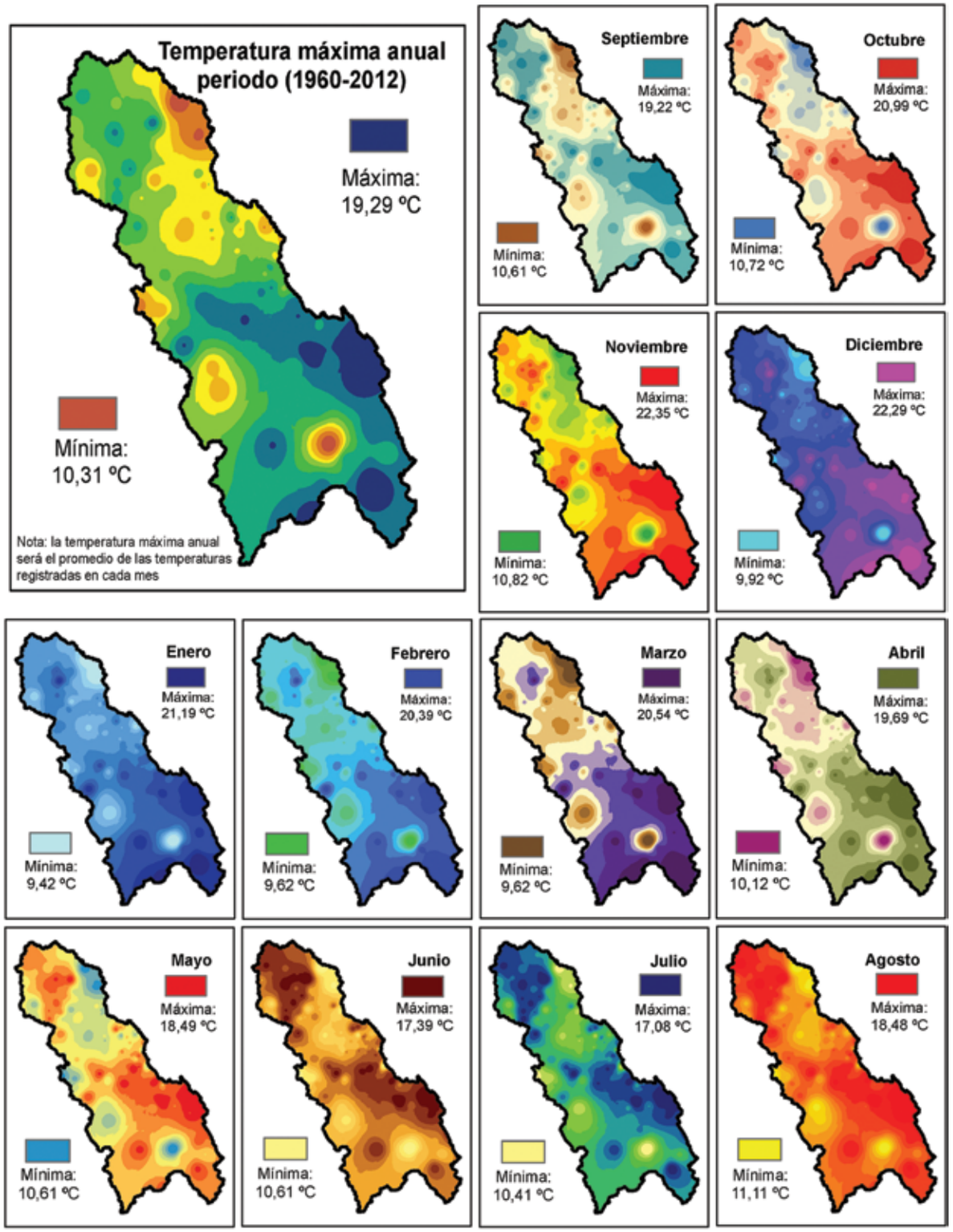




Mapa II-2. Temperatura promedio anual y mensual del Sistema TDPS

TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA

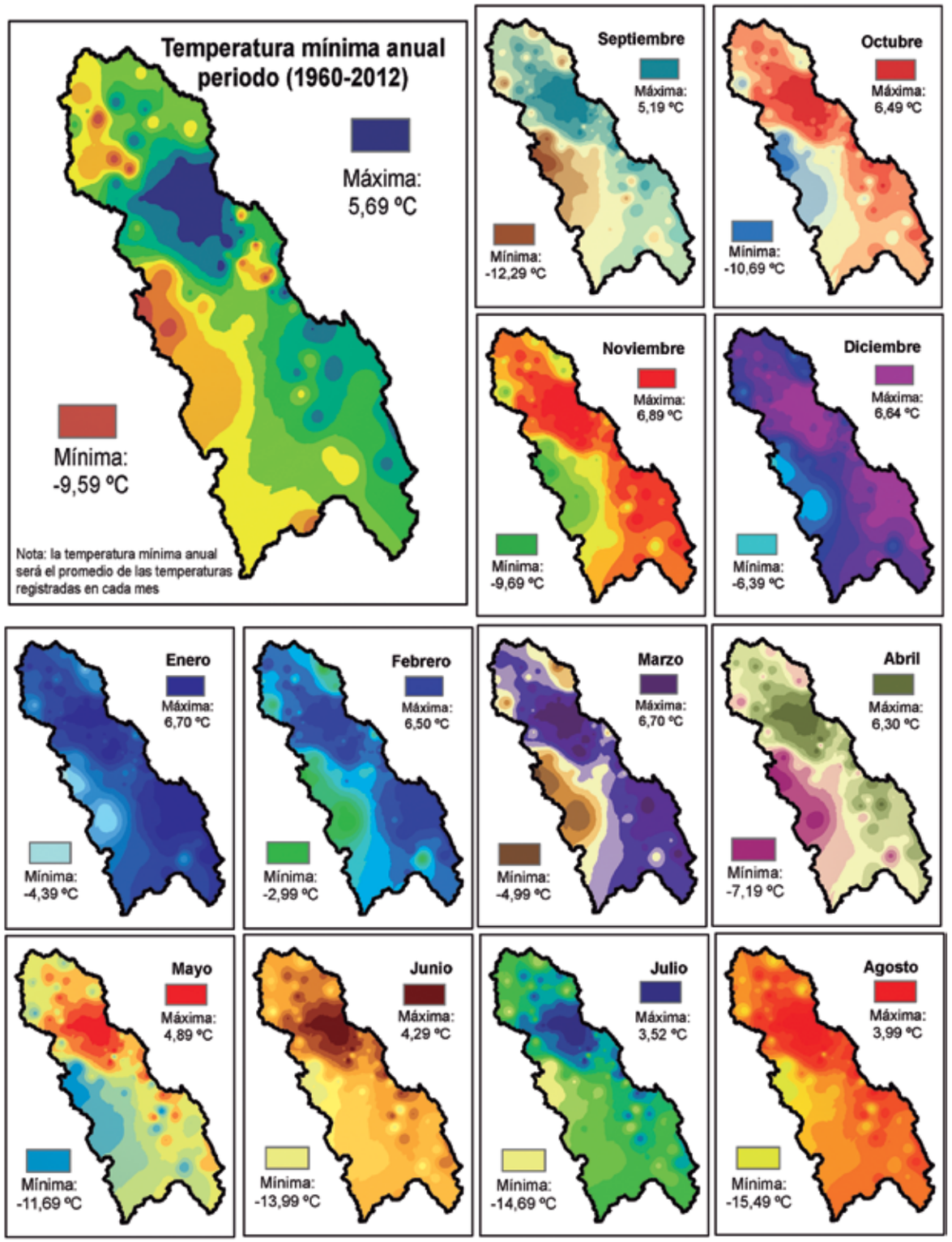
La región sur central del Altiplano presenta las temperaturas máximas medias más altas, con valores máximos próximos a los 19°C (Quillacas). En las planicies del sector meridional también se registran valores altos que varían entre 16 y 18°C. Y en las regiones cercanas al Lago existe un efecto de atemperación con valores alrededor de 15°C. Los contornos de la parte oeste y norte del sistema presentan valores menores por la presencia de nevados. Al norte central (Pucara) se tiene temperaturas cerca de los 16°C (Yuque y Molina, 2015).



Mapa II-3. Temperatura máxima media anual y mensual del Sistema TDPS

TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA

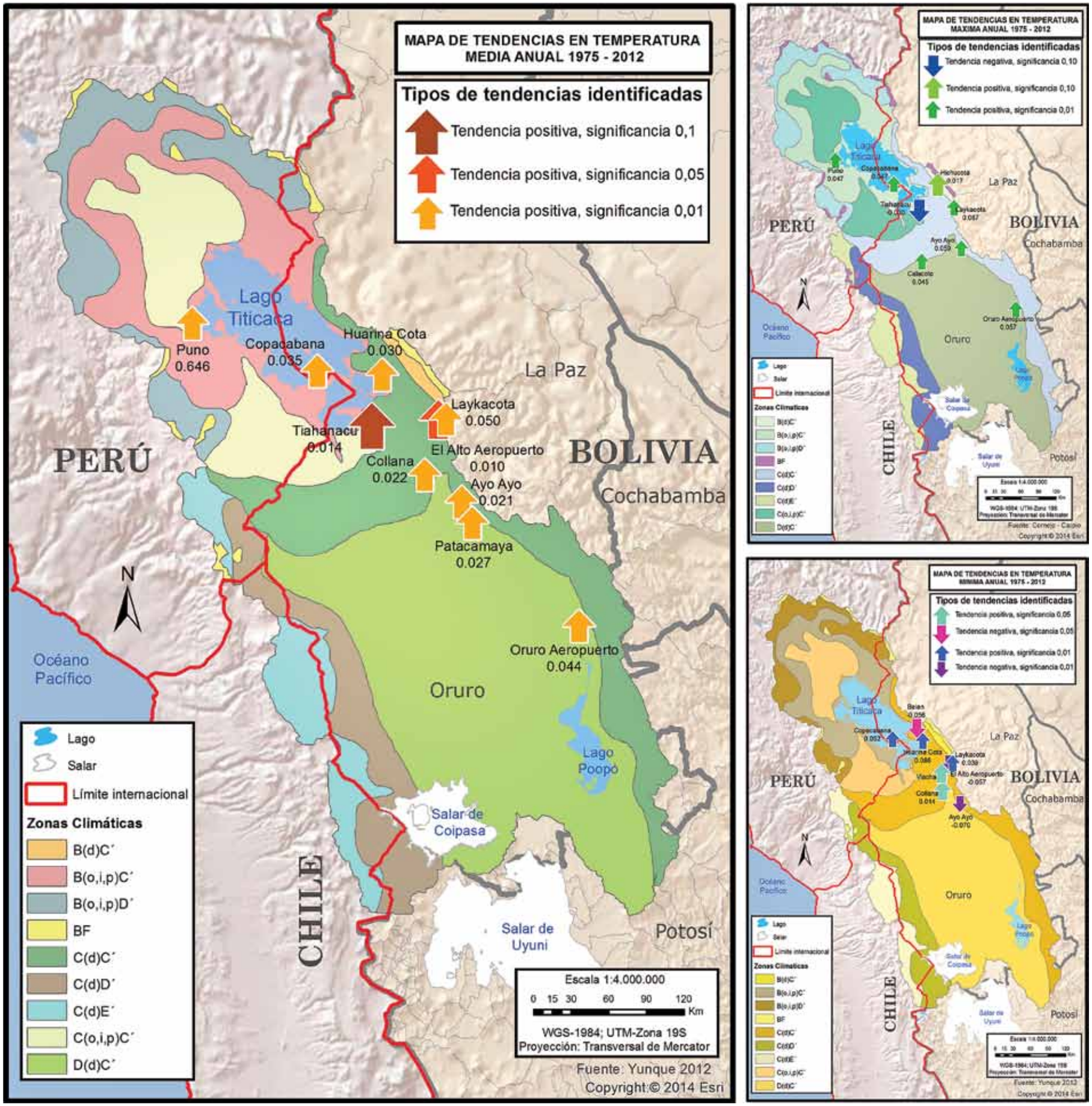
La temperatura mínima media muestra que el incremento de la temperatura está orientado del Oeste hacia el Este. El sector sur presenta temperaturas mínimas medias muy bajas con registro inferiores a los -4°C. Las temperaturas mínimas promedio alcanzan valores superiores a 0°C en el Lago y en sus inmediaciones, es decir desde las proximidades de la zona de Progreso-Muñani (norte) hasta la zona de Jesús de Machaca (Yuque y Molina, 2015).



Mapa II-4. Temperatura mínima media anual y mensual del Sistema TDPS

TENDENCIAS PARA LA TEMPERATURA

La temperatura media anual muestra tendencias de incremento en la mayoría de las estaciones (Mapa II-5). Si bien para las temperaturas máximas, de la misma manera que la temperatura media anual, se observa una tendencia positiva, en Collana es la única estación que muestra que la temperatura máxima tiende a bajar. Finalmente, la temperatura mínima también tiende a subir con excepción de la estación de Belen. En conclusión, la mayoría de las estaciones muestran que tanto la temperatura media, máxima y mínima anual tienen una tendencia de incremento.



Mapa II-5. Tendencias de temperatura media anual (izquierda) temperatura máxima (derecha superior) y temperatura mínima (derecha inferior) Periodo 1975-2012.

DÍAS DE HELADA

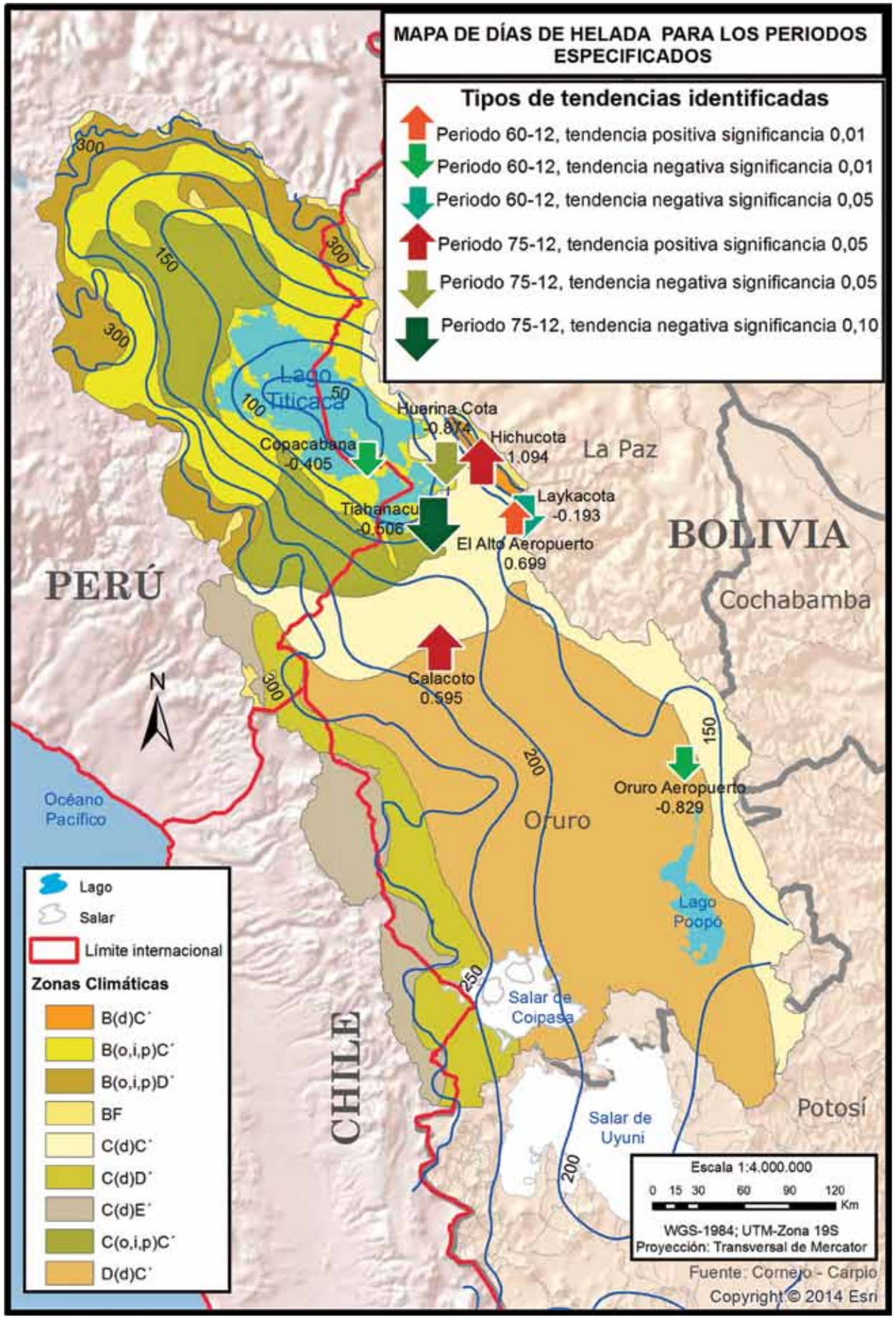
El altiplano, donde se practica la agricultura de gran altitud, experimenta problemas de heladas ya que se sabe la agricultura está limitada por diferentes factores pero uno de estos es la temperatura por debajo de los 0°C (congelación). Este afecta de manera considerable el ciclo vegetativo de los cultivos anuales. En algunas de estas zonas, por ejemplo, existen más de 300 días de heladas al año. Las crónicas del siglo XVI y XVII, recalcaban ya la importancia de las heladas, como un factor limitante de la producción agrícola. La influencia de estas sobre el rendimiento de los cultivos y en particular para la papa, está corroborada por las afirmaciones de los campesinos, las observaciones de los técnicos y algunos trabajos científicos (Frere et al, 1975; Vacher et al., 1988).

En algunas de estas zonas existen más de 300 días de heladas al año. En las zonas montañosas como el Altiplano se reconocen dos tipos de heladas:

- Las heladas de origen estático (también denominadas heladas blancas) se originan por el enfriamiento nocturno de la superficie de la tierra favorecido por el cielo despejado y el aire en calma, que dan como resultados elevados valores de radiación efectiva y causan fuertes descensos de temperatura muy debajo de 0°C, lo cual causa problemas en la agricultura.
- Las heladas de origen dinámico se originan por el descenso de la temperatura que resulta de la invasión de masas de aire frío que dependen del movimiento de los frentes polares sobre la región que se estudia.

En el Mapa II-6 se observa que los días de helada son mayores en el norte de la cuenca con hasta 300 días de helada. En el sur y oeste de la cuenca con 150 a 200 días con temperaturas menores a 0°C. Y en las cercanías del Lago Titicaca se tiene menos días con helada (50-100 días) en comparación al resto del Sistema TDPS.

Asimismo, en el análisis de tendencias de días de helada (Mapa II-6) se encontró que las estaciones que presentan un incremento en el número de días de helada son: Calacoto, Aeropuerto del Alto e Hichucota y las estaciones que presentan una tendencia anual negativa son: Aeropuerto de Oruro, Tiahuanaco y Huarina Cota Cota; también se aprecia esto en las series anuales de las estaciones de Laykacota y Copacabana.



Mapa II-6. Número de días con helada (isolíneas azules) y tendencias en el Sistema TDPS

GRADIENTE TÉRMICO

En la tropósfera se dan dos situaciones, cuando la temperatura desciende con la altitud se usa el término "gradiente vertical de temperatura" y cuando se registra un aumento de la temperatura con la altura se denomina "inversión térmica" (Yuque and Molina, 2013). Este análisis se realizó en base a la información termométrica de varias estaciones de Perú, Bolivia y Chile y se identificaron cuatro regiones térmicas en función de la variabilidad interanual y del gradiente térmico altitudinal las cuales se presentan en la Tabla II-1.

Tabla II-1. Regiones térmicas (Yuque y Molina, 2015)

Región	Gradiente (ºC/100 m)
Noreste	0,54
Este y Lago Titicaca	0,87
Central	0,82
Sur	0,57

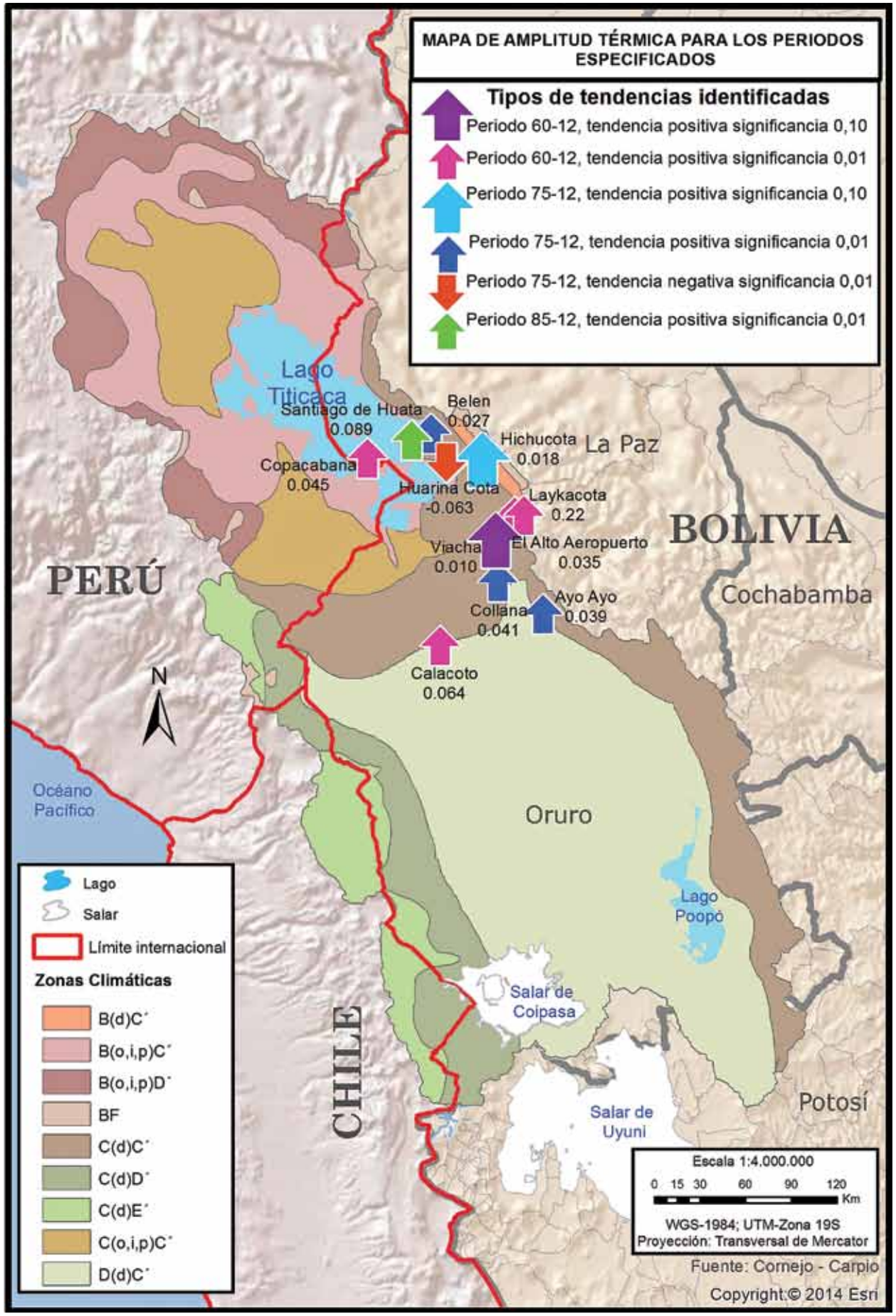
La variabilidad interanual de la temperatura en el Altiplano muestra una correlación positiva con la temperatura del Pacífico Ecuatorial central y por tanto con los eventos ENSO. De hecho los años más cálidos en la mayor parte del Altiplano fueron 1982-83, 1997-98 y 2009-2010, correspondientes a eventos El Niño (Molina et al. En preparación).

AMPLITUD TÉRMICA

Tabla II-2. Temperaturas promedio durante el día y la noche de acuerdo a áreas (Yuque and Molina, 2015)

Área	Temperaturas promedio	
Lago Titicaca (efecto regulador)	8 a 10°C	Dia
Sur (mayor radiación solar directa y menor nubosidad)	8 a 10°C	
Amplitud térmica	20 a 25°C	favorece evaporación e influye la salinización
Sector Oriental	-8 a -10°C	Noche
Sector Occidental (invierno)	-18 a -20°C	

En el Mapa II-7 se observa que la tendencia de la amplitud térmica se incrementa en la mayoría de las estaciones estudiadas. Esto significa que las temperaturas máximas son más altas y/o las temperaturas mínimas han bajado. Sin embargo, también existen localidades como Huarina que muestra una tendencia de bajada en la amplitud térmica y otras como Oruro, Patacamaya y Tihuanacu no presentan ninguna tendencia.



Mapa II-7. Tendencias sobre la amplitud térmica en el Sistema TDPS

1.1.3. Precipitación

El ciclo estacional de las precipitaciones del Altiplano es mono-modal. Se distinguen dos épocas características (1) la época seca con registros bajos entre los meses de mayo a agosto y (2) la época lluviosa que inicia en noviembre y termina en marzo. Asimismo, existen meses de transición entre la época seca y humeda y estos son abril, octubre y septiembre. La influencia de los sistemas de baja presión (zona de convergencia intertropical) y de alta presión (anticiclones del Atlántico, Pacífico Sur y del Caribe), que actúan sobre Sudamérica, establecen la circulación atmosférica zonal que determina en gran medida la distribución espacial y temporal de la precipitación en el Sistema TDPS y por lo tanto en el Altiplano (Yuque y Molina, 2015).

En la época seca se concentra el 4,8% de la lluvias. En la época lluviosa llueve el 80,2% de la precipitación anual. Y en la época de transición, entre los meses de Abril, Septiembre y Octubre, se concentra el 15,0%. Enero es el mes más lluvioso (23%) y Julio el más seco (0,8%). Esta distribución de precipitación pluvial condiciona la producción agrícola a una sola cosecha por año (Yuque, 2012b)

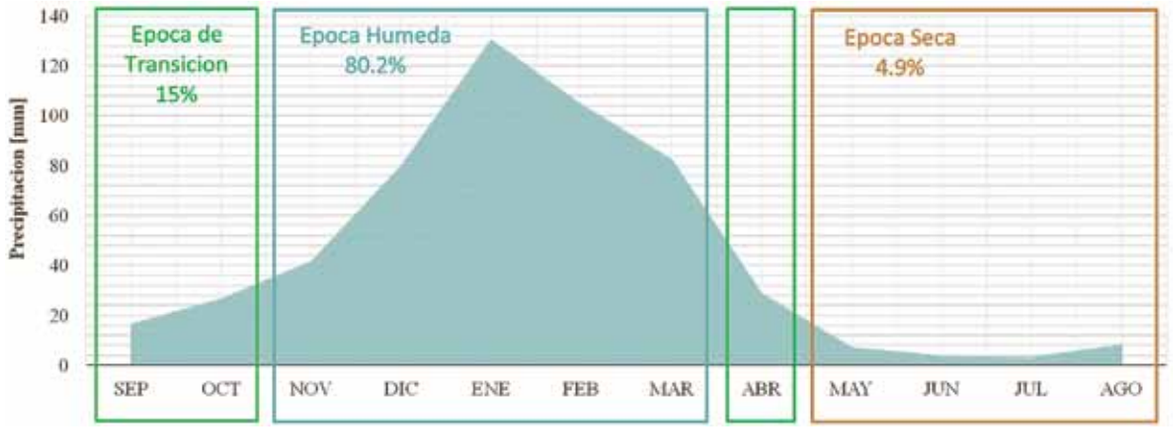


Figura II-3. Precipitación media mensual

La distribución espacial de la precipitación media anual tiene un patrón decreciente de norte a sur a lo largo del sistema, y de este a oeste en la región sur. La región más seca está ubicada al suroeste del sistema (zona del Salar de Coipasa) con rangos de precipitación menores a los 200 mm. Y la región más húmeda es el Lago Titicaca (600 a 1400 mm). Los márgenes Noroeste del sistema (cabeceras de la cuenca del río Ramis y Coata) registran valores entre 600 a 1000 mm. Asimismo, sobre la Cordillera Oriental se presentan precipitaciones orográficas con variaciones de 600 a 700 mm en la parte Este, y de 500 mm en la parte Sureste (Yuque y Molina, 2013).

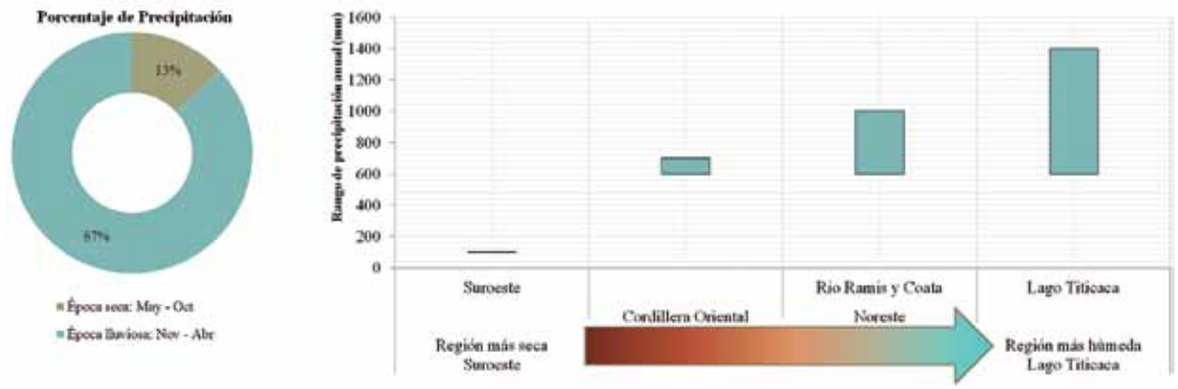
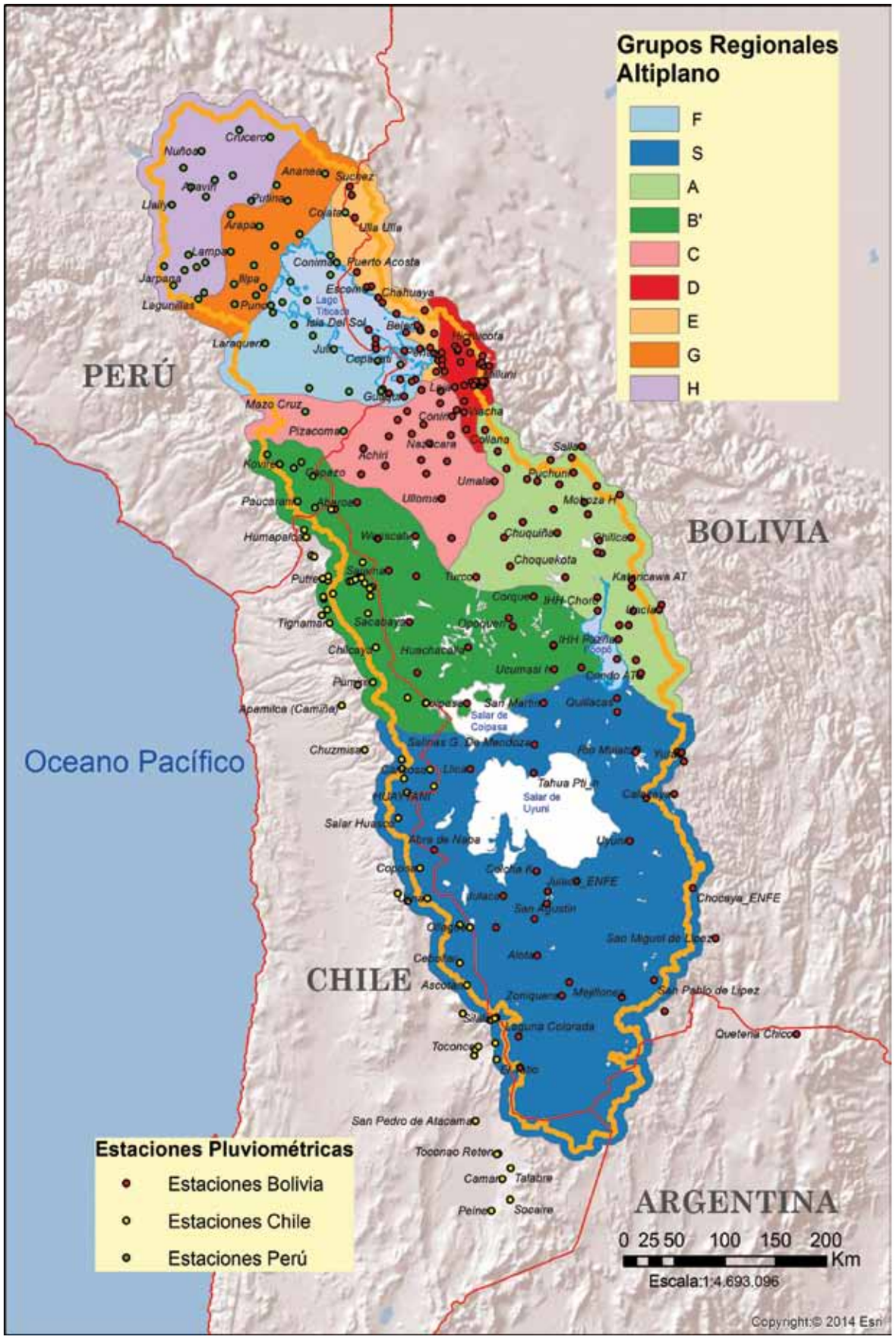
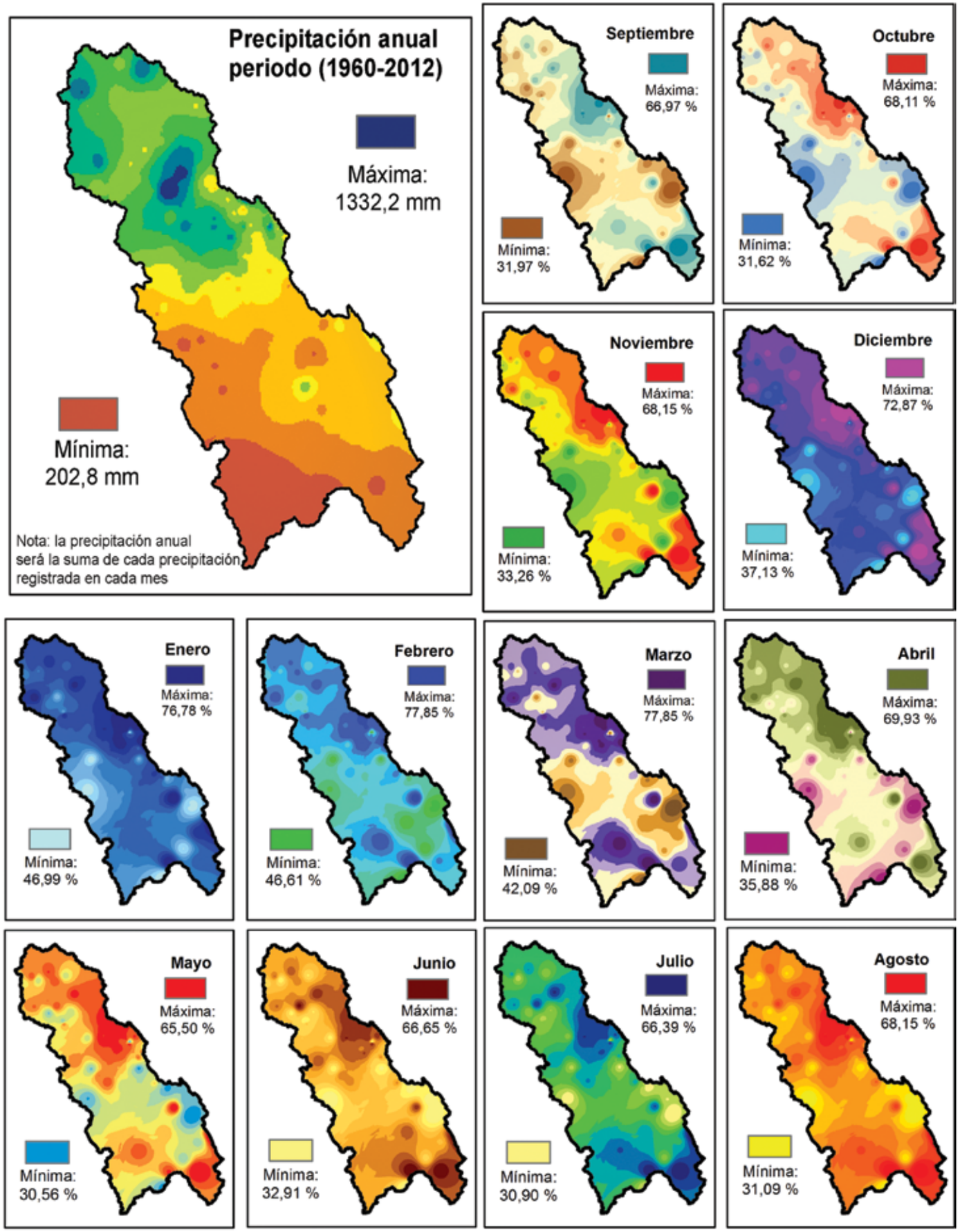


Figura II-4. Precipitación media anual en diferentes regiones del Sistema TDPS (Yuque y Molina, 2015)

GRUPOS CLIMATICOS REGIONALES DEL ALTIPLANO



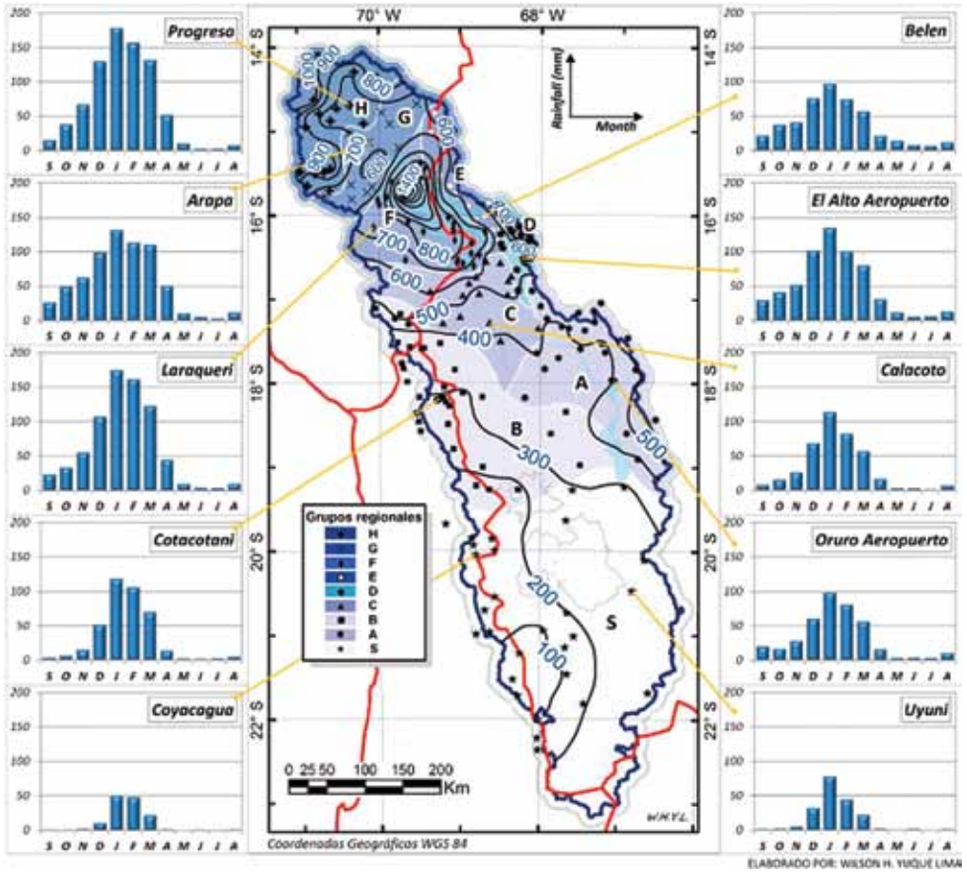
Mapa II-8. Grupos Regionales del Altiplano Sudamericano



Mapa II-9. Precipitación media anual y mensual del Sistema TDPS

El Altiplano presenta una fuerte sensibilidad a las variaciones climáticas. La región Sur del sistema (grupo regional B) es la que sufre los efectos más extremos del clima (en especial en eventos de El Niño y La Niña). Claramente, se observa que las lluvias dentro del sistema TDPS no son similares. Existen comportamientos opuestos (años secos contra años lluviosos) entre grupos del Sur con los grupos del Norte, estos comportamientos se producen con un ligero incremento a partir de los años 90 (Yuque, 2012).

Espacialmente, el 90% del total anual de precipitación ocurre entre los meses más lluviosos (Diciembre a Marzo) en la región sur a partir de los salares de Uyuni y Coipasa, y entre 65 al 70% en la región noreste a partir del lago Titicaca. A su vez, en el cuatrimestre más seco (Mayo a Agosto) entre 0 y 2% de la precipitación anual cae en el Sur y entre el 4 y 6% al Norte (Yuque y Molina, 2015).

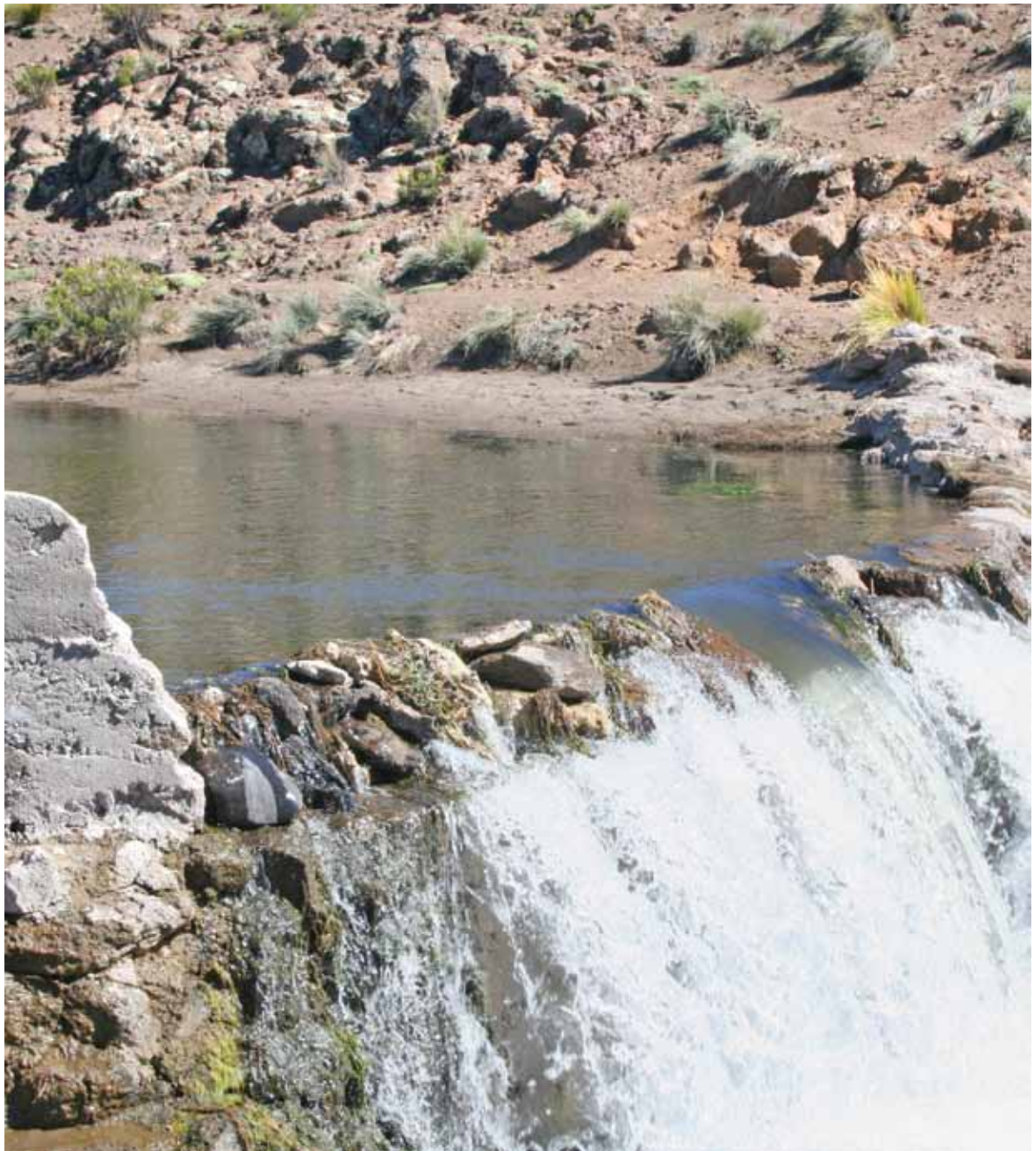


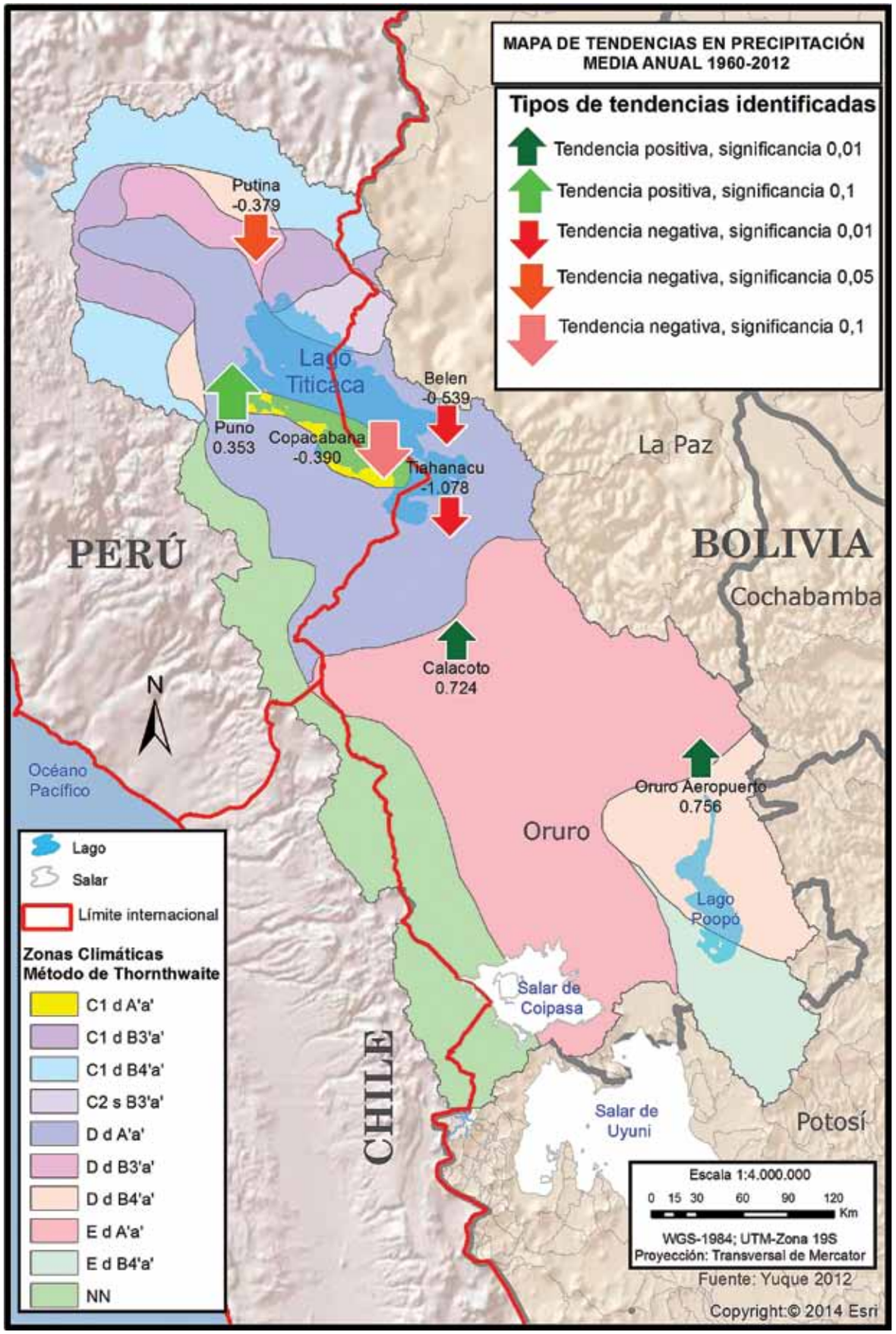
Mapa II-10. Precipitación mensual e isoyetas en base a resultados del Vector Regional, con datos reconstituidos (Yuque and Molina, 2015)

TENDENCIAS PARA LA PRECIPITACIÓN

En todo el sistema, la precipitación anual (según la gran mayoría de las 35 estaciones estudiadas) no se identifica cambios significativos durante el periodo 1960-2012. Sin embargo, existen algunas variaciones entre las regiones. Por ejemplo, las estaciones circunlacustres (3 de las 4 estaciones: Belén, Tiahuanacu, Copacabana) detectan una disminución significativa. Por el río Desaguadero (estaciones de Calacoto y Oruro) se detecta un incremento también significativo. Finalmente, la estación en Oruro presenta el incremento más significativo de la precipitación en todo el sistema TDPS. A nivel mensual y estacional, en la mayoría de las estaciones se observa un incremento significativo de la precipitación en los meses de junio y julio y un decremento en septiembre.

La duración de la época lluviosa y concentración de la precipitación, según la gran mayoría de las estaciones, no muestran cambios. No obstante en estaciones de Oruro y Calacoto nuevamente destacan por ser estaciones donde el número de días con lluvia abundante (mayor a 10 y 20 mm) se ha incrementado, mientras que en Tiahuanacu, Collana, Viacha, Belén y Santiago de Huata ha disminuido. Y es precisamente en estas estaciones donde se detecta disminución de la precipitación anual.





Mapa II-11. Tendencias en precipitación media anual (1960-2012)

1.1.4. Humedad Relativa

Los mayores valores de humedad relativa se encuentran en las cercanías del Lago Titicaca, y esta va disminuyendo hacia el sur con valores inferiores al 50% (característica de climas áridos). La humedad relativa son más altos entre los meses de Diciembre a Marzo (época de lluvias) y los más bajos son desde Mayo a Noviembre (Yuque y Molina, 2013).

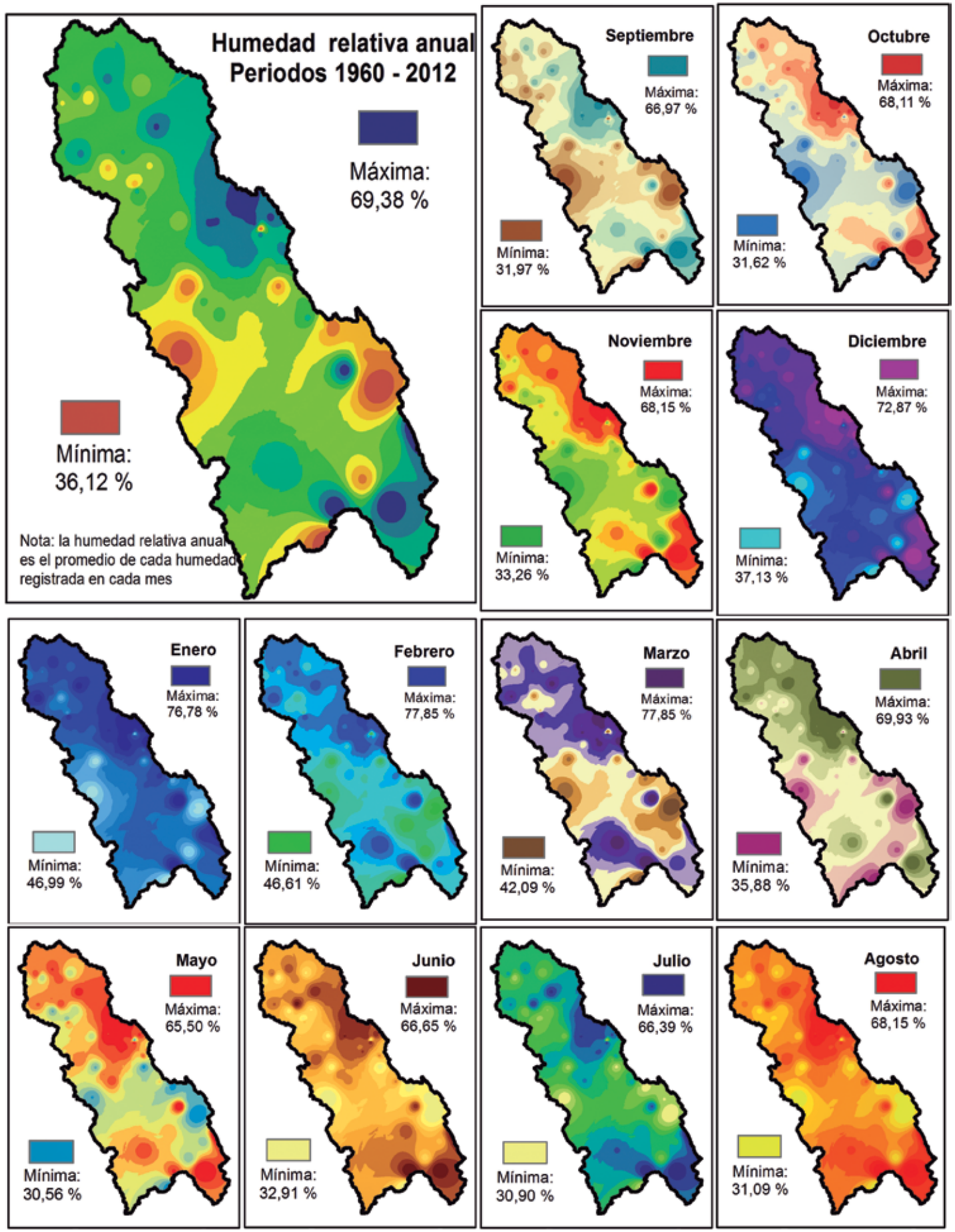
La humedad relativa en general es baja en todo el sistema. El promedio anual en toda la región es del 54%, si bien ella varía desde 42-47% en el sur hasta 62-65% en las riberas del lago Titicaca. Durante los meses de junio a octubre la humedad del aire es por lo general igual o inferior al 50% en toda la región, mientras que en la estación de lluvias (diciembre-marzo) puede alcanzar hasta los 70%. A nivel diario, en general, la humedad relativa tiene un comportamiento inverso a la temperatura, baja al comienzo de la tarde y más elevada en la noche (página web de la ALT, 2010) (Yuque y Molina, 2015).

Humedad (promedio anual)
54 - 55.8%

Lago Titicaca y cercanías
62-65%

Región Sur
42-47%

Humedad Alta	Diciembre a Marzo (época de lluvias) ≥70%
Humedad Baja	Mayo a Noviembre ≤ 50%



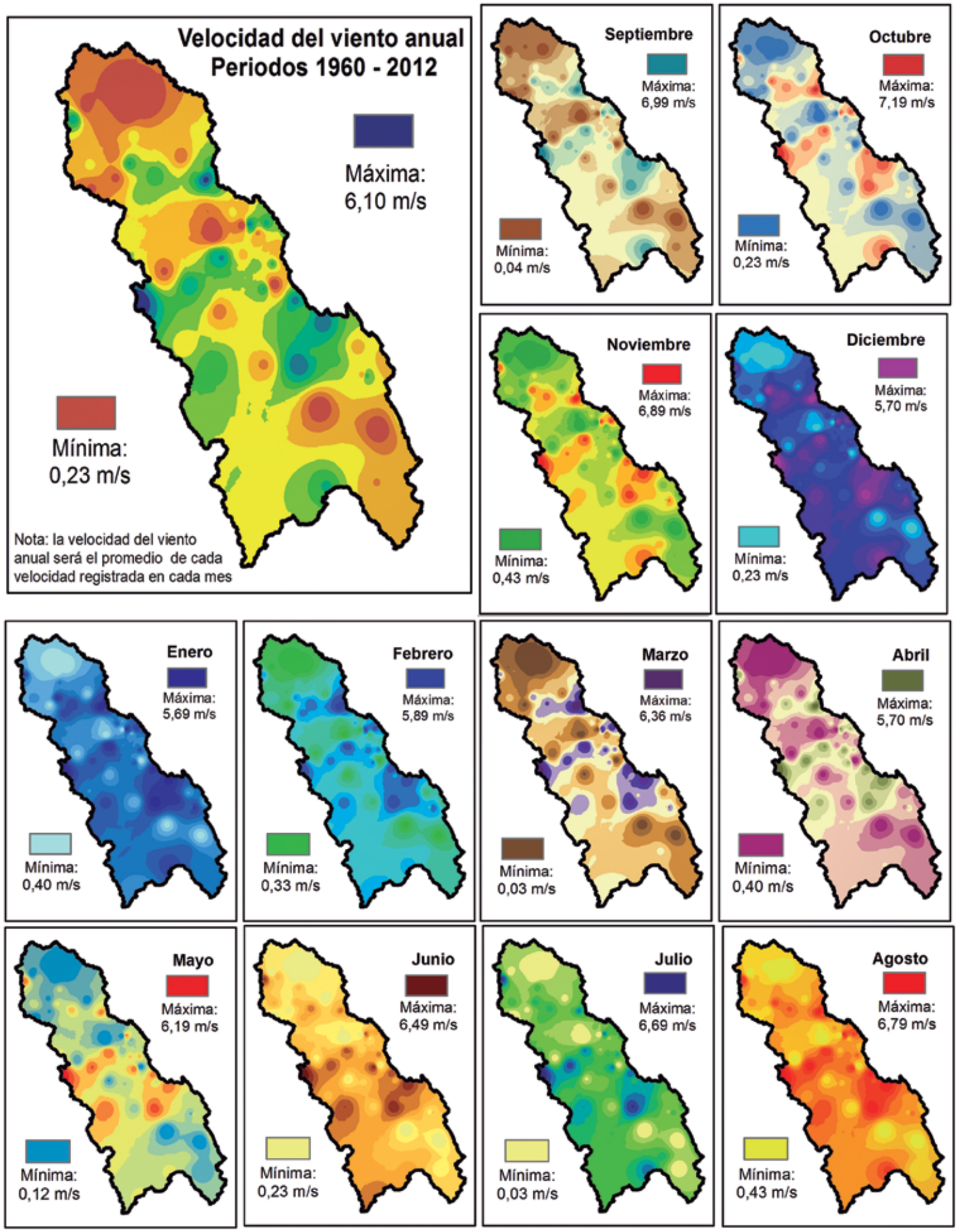
Mapa II-12. Humedad relativa anual y mensual. Periodo 1960-2012

1.1.5. Viento

El viento es una consecuencia de las diferencias de presión atmosférica en la superficie del globo y están fuertemente influenciados por factores locales como el relieve. Por su velocidad media, los vientos se clasifican según el rango de 0 (calma) hasta 4 (Bonancible o brisa moderada) en la escala de Beaufort (Yuque y Molina, 2015, 2013).

Escala de Beaufort	0 Calma	1 Ventolina	2 Flojito	3 Flojo	4 Bonancible–moderado
Velocidad (m/s)	0-0.2	0.3- 1.5	1.6-3.3	3.4 -5.4	5.5 – 7.9
					Parte Sur y Espejo de Agua

Los mayores valores ocurren hacia la parte sur y oeste del Altiplano y sobre el espejo de agua del Lago Titicaca, donde el promedio anual supera los 5 m/s en varias estaciones. A nivel estacional los valores más altos se presentan en los meses de julio a octubre y los más bajos durante la estación lluviosa (Yuque y Molina, 2015, 2013).



Mapa II-13. Velocidad del viento anual y mensual. Periodo 1960-2012

1.1.6. Radiación solar

La atmósfera se recalienta por efecto de la radiación solar que, interceptada por algún objeto terrestre, da origen a la insolación. A su vez, el aire se calienta por absorción de temperatura por los gases e irradiación de la energía solar absorbida por el suelo. Solo el 40% de la energía emitida por el Sol es recibida en la superficie terrestre (Cornejo y Molina, 2014).

	Radiacion Solar (cal/cm²·día)			Insolación (horas sol)		
	Global	JUN-JUL	NOV	DÍA JUL	DÍA ENE	AÑO
Región Norte: Puno	462	390	549	9.6	6	3005
Región Sur: Patacamaya	518	457	596	8.8	5.4	2752

Veizaga (2014a) indica que en el periodo 1974-2010 muestran tendencias de incremento al igual que la evapotranspiración que es resultado del incremento de las temperaturas y la insolación real. En estos estudios también se muestra que existe alta correlación (0,83) entre la evapotranspiración de referencia y la radiación solar. La radiación solar global explica 72 % de la variación total de la Evapotranspiración de referencia (ETo).

TENDENCIAS SOBRE LA RADIACIÓN SOLAR

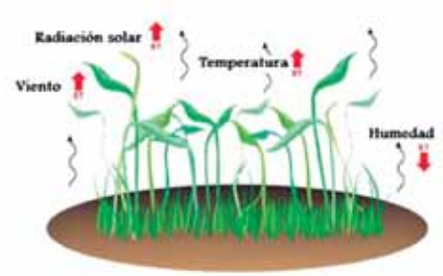
Estudios realizados por Cornejo y Molina (2014) para tres estaciones del sistema TDPS: Aeropuerto de El Alto, Belén e Hichucota. En la estación del Aeropuerto de El Alto, presenta influencias por el efecto orográfico de la cordillera oriental, el promedio anual de la insolación real muestra diferencias en las medias y existe tendencia positiva en abril. Las otras estaciones, Belén e Hichucota, presentan influencia del Lago Titicaca. La estación de Belén cerca al lago Titicaca muestra tendencias negativas de la insolación real en noviembre y abril (meses de transición) esto podría significar que la nubosidad se incrementa por el efecto de la evaporación y convección del lago Titicaca. Finalmente, en la estación de Hichucota cerca al lago Titicaca, muestra tendencia positiva de insolación real en mayo, en este caso la nubosidad disminuye porque mayo es época seca. En Patacamaya, la insolación real muestra incrementos en la mayoría de los meses, excepto en enero (en consecuencia aumento de la nubosidad).

El incremento de la radiación solar global se podría aprovechar en forma positiva. Por ejemplo, es una opción como energía alternativa, mediante la instalación de balones espaciales, paneles solares, granjas solares. La energía almacenada podría servir para varios fines: agrícolas, pecuarios, turísticos, ambientales, arquitectura y construcción, entre otros. El altiplano boliviano se caracteriza por periodos largos de sequía, que afectan la producción agrícola, una alternativa a este problema es la instalación de sistemas de riego (goteo, aspersión, nebulización) que funcione con energía de paneles solares (Veizaga, 2014a).

1.1.7. Evapotranspiración de referencia (ETo)

La ETo a nivel anual varía y oscila entre 1000 y 1550 mm. Los mayores valores de ETo se registran en el periodo de Octubre-Marzo y los menores valores en el periodo de Mayo-Agosto. Siguiendo principalmente la evolución de la radiación solar. En términos generales, no parece existir una relación entre la ETo y la altitud. Así la ETo en Chacaltaya (5220 msnm) es de 1315 mm y es muy similar a la de Viacha (3850 msnm) que es 1363 mm (ALT, 2012 citado por Yuque and Molina, 2013).

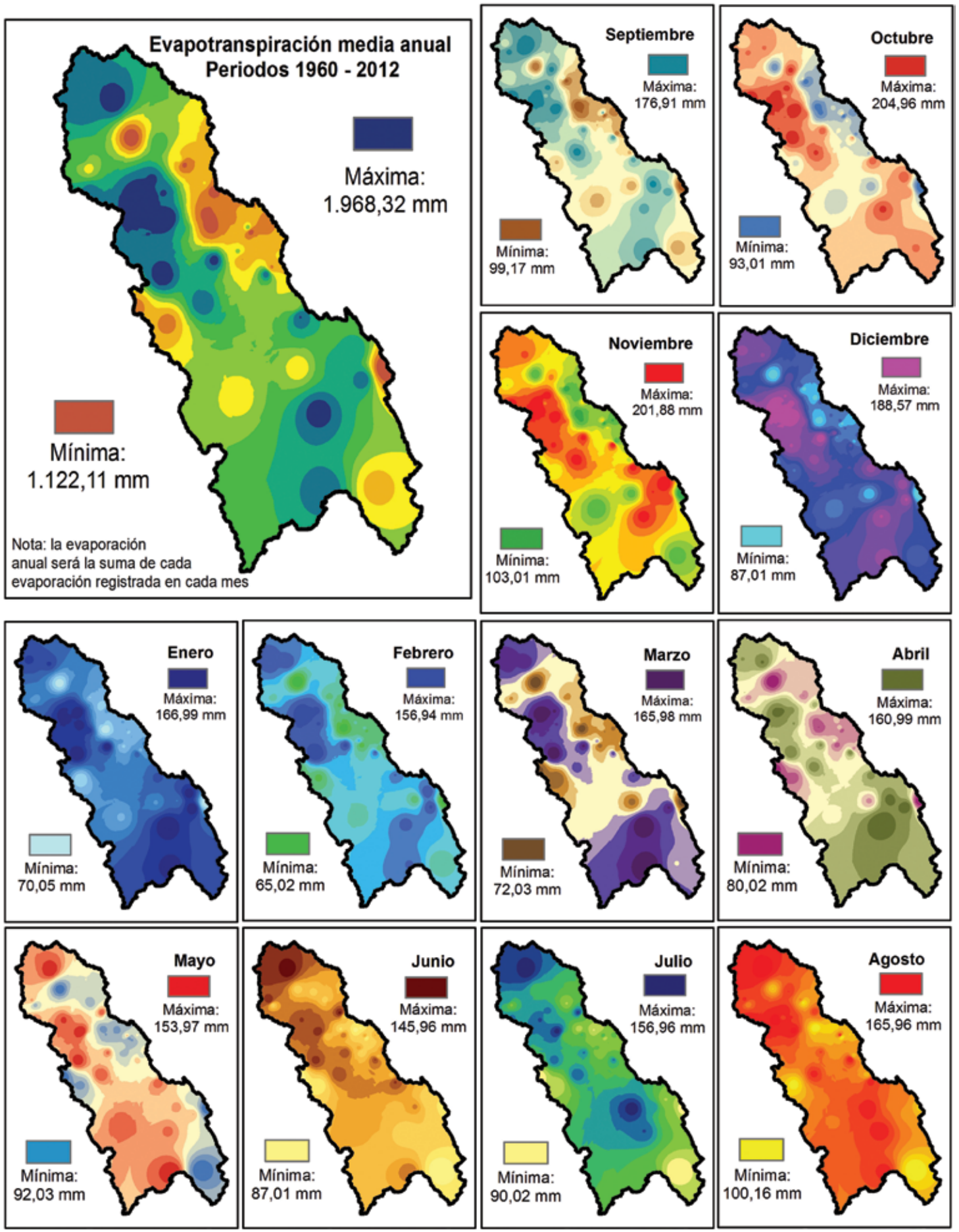
El sistema TDPS presenta la siguiente variación: la región nor-occidental más húmeda, con una radiación menor y menos ventosa, presenta un ETo menor, próximo a 1000 mm/año. Por el contrario las regiones con un ETo más elevado se encuentran en el sector sur-oriental con valores promedio en torno a 1550 mm/año (mayor velocidad de viento) (Yuque y Molina, 2013).



Mayo – Agosto (Invierno)
Nor-occidental: menor radiación, y vientos suaves

Octubre – Marzo (Verano)
Sur-oriental: Mayor velocidad de viento

Método Penman	1000 mm/año	1550 mm/año



Mapa II-14. Evapotranspiración anual y mensual en el Sistema TDPS

Debido al incremento de la radiación solar global y las temperaturas, la evapotranspiración de referencia también incremento, consecuentemente, los posibles impactos se describen a continuación:

AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Se estima una disminución del agua en reservorios y fuentes de agua superficial. Si la evaporación y evapotranspiración en las aguas subterráneas se incrementa que usualmente ocurre en época seca provoca una disminución importante en la infiltración hacia el subsuelo y por lo tanto en la recarga de los acuíferos. Por lo tanto, los niveles freáticos se verán afectados y descenderán, disminuyendo temporalmente el almacenamiento subterráneo (Moreno, 2008; Collazo et al., 2012 y Pillco y Bengtsson, 2007 citado por Yuque and Molina, 2013). Esta situación tendría efectos negativos en la disponibilidad de agua para consumo humano. En las condiciones climáticas del altiplano boliviano, el problema se agrava en la época seca ya que la precipitación es cero o muy baja comparado a la evapotranspiración de referencia (déficit hídrico).

EN LO AMBIENTAL

La extracción de leña como la thola (Parastrephia lepidophylla) y la paja brava (Festuca ortophylla), entre otras especies vegetales (cobertura vegetal nativa) o el cambio de uso de suelo en general producto de actividades mineras. Por ejemplo, en la cuenca del rio Mauri se extrae la thola como combustible para el procesamiento en la explotación de cal, o actividades de gastronomía y panadería en cuenca Mauri-Desaguadero dejan los suelos sin cobertura provocando la degradación de suelo y vegetación. Esta situación incrementa el albedo de la superficie (Fracción de la energía solar -radiación de onda corta- reflejada desde la Tierra al espacio), lo que disminuye la cantidad de radiación de onda corta absorbida, y a su vez reduce la radiación neta, el calor sensible y el calor de evaporación. Este proceso tiende a limitar la convección y reducir la nubosidad y precipitación, intensificando el proceso de desertificación en las áreas descubiertas. Además la desertificación podría agravarse con los problemas de salinidad que la cuenca presenta (Veizaga, 2014)

EN LA SALUD

En la época seca, por los bajos niveles de agua las poblaciones de altiplano se ven obligadas a consumir agua de pozos y reservorios contaminados. Por lo tanto se espera un aumento en la frecuencia de brotes y epidemias de enfermedades como cólera y fiebre tifoidea por la baja calidad del agua a la que la población está expuesta (Cerda et al., 2008 citado por Veizaga, 2014)

ANÁLISIS FUTURO DEL CLIMA

1.1.8. Escenarios climáticos

Para poder definir escenarios futuros de cambio climático en la región de estudio se recurrió a modelos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Estos escenarios muestran las posibles condiciones futuras. El reporte del AR4 del IPCC ha planteado los escenarios de emisiones basados en aspectos económicos, ambientales bajo un enfoque global y regional (A1, A2, B1 y B2). Sin embargo, el 2014 se ha planteado un nuevo grupo de escenarios en el que se toma en cuenta las acciones de mitigación (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5), los cuales se tomaron en cuenta en un segundo estudio.

El primer estudio, tomó los escenarios de emisiones seleccionados fueron: B1 y A2 en dos periodos de tiempo (2030 y 2050) con una resolución de 10 minutos. Los resultados se procesaron en forma de cambios medios mensuales (deltas) con respecto a valores medios del periodo base: 1960-1990 de las siguientes variables: precipitación, temperaturas media, máxima y mínima media.

El escenario B1 tiene un enfoque ambientalista incluyendo un desarrollo a nivel regional, es conocido como el escenario más óptimo ya que el incremento de temperatura es el más bajo para los 2090s. El escenario A2 es considerado el más pesimista ya que la actividad global con un enfoque hacia la mejora económica es la predominante; estas condiciones provocarían un incremento de un poco más de 4°C para los 2090s.

El 5º informe del IPCC (AR5, 2013) contempla incluso escenarios en que la concentración de CO_2 alcanza y supera las 1000 ppm para el año 2100. Como referencia, la concentración de CO_2 en la atmósfera estuvo alrededor de 300 ppm durante la primera mitad del siglo XX, habiendo alcanzado los 396 ppm el año 2013.

Figura II-5. El Proceso de Selección de Modelos Climáticos Globales (Hernandez and Molina, 2014)

1.1.9.Modelos climáticos

Los modelos climáticos son sistemas de ecuaciones que se basan en las leyes básicas de la física, la dinámica de fluidos y la química que gobiernan los procesos en cada componente del sistema climático (atmósfera, hidrósfera, criósfera, biósfera y litosfera) (IPCC, 2013).

En los últimos años los modelos climáticos globales (MCGs o GCMs por sus siglas en inglés) se han convertido en una de las herramientas más utilizadas para mejorar la comprensión del clima y proporcionar estimaciones del cambio climático futuro que puedan ser útiles para aquellos que estudian sus posibles consecuencias (IPCC, 2007).

Después del proceso de selección que se muestra en la Figura II-5, los modelos de circulación utilizados en el presente estudio son dos (Tabla II-3), el modelo alemán ECHAM5 y el modelo japonés MIROC 3.2. Ambos modelos contemplan la familia de escenarios A2 y B1. Las variables analizadas son las temperaturas y precipitaciones para los años 2030 y 2050.

Tabla II-3. Modelos climáticos globales utilizados

Modelo	ID	Institución	Referencia
MPI_ECHAM5	ech5	Max-Plack-Institute for Meteorology MPI - Alemania	(Roeckner et al. 2003)
MIROC3.2_MEDRES	mir3	Center for Climate System Research CCSR/NIES/RCGC Japon	(Hasumi and Emori 2004)

1.1.10. Temperatura

Los cambios de temperatura media anual son más críticos, para el escenario más pésimo A2-2050, según los dos modelos (MIROC3.2 y ECHAM5). Para el modelo MIROC3.2 los incrementos de temperatura están en el orden de 2-3°C en la mayor parte del sistema TDPS y para el ECHAM5 de 2.5-3.5°C. Algunos pixeles en color rojo (Mapa II-15) predicen reducción de temperaturas y estos podrían ser considerados como un desvío estadístico que desaparecerá en la modelación a nivel de cuencas. Ambos modelos predicen que las temperaturas máximas medias se incrementarán más que las mínimas en la mayor parte del área de estudio.

Varios autores, entre los que se cuenta la Universidad de Nebraska (Oglesby y Rowe, 2014 citado por Gutierrez y Molina, 2014), ya habían mostrado que el modelo ECHAM5 predice incrementos de temperatura más fuertes en el Altiplano que la mayoría de los modelos IPCC. Para el escenario B1 2050, el incremento es aproximadamente 0.5°C. El modelo MIROC3.2 predice de 0 a 1°C, en la mayor parte del sistema TDPS (Figura II-6). Esto sugiere 2 cosas: a) el modelo MIROC3.2 es más consistente para temperaturas y b) los modelos prevén una aceleración del calentamiento de la región a partir de 2030.

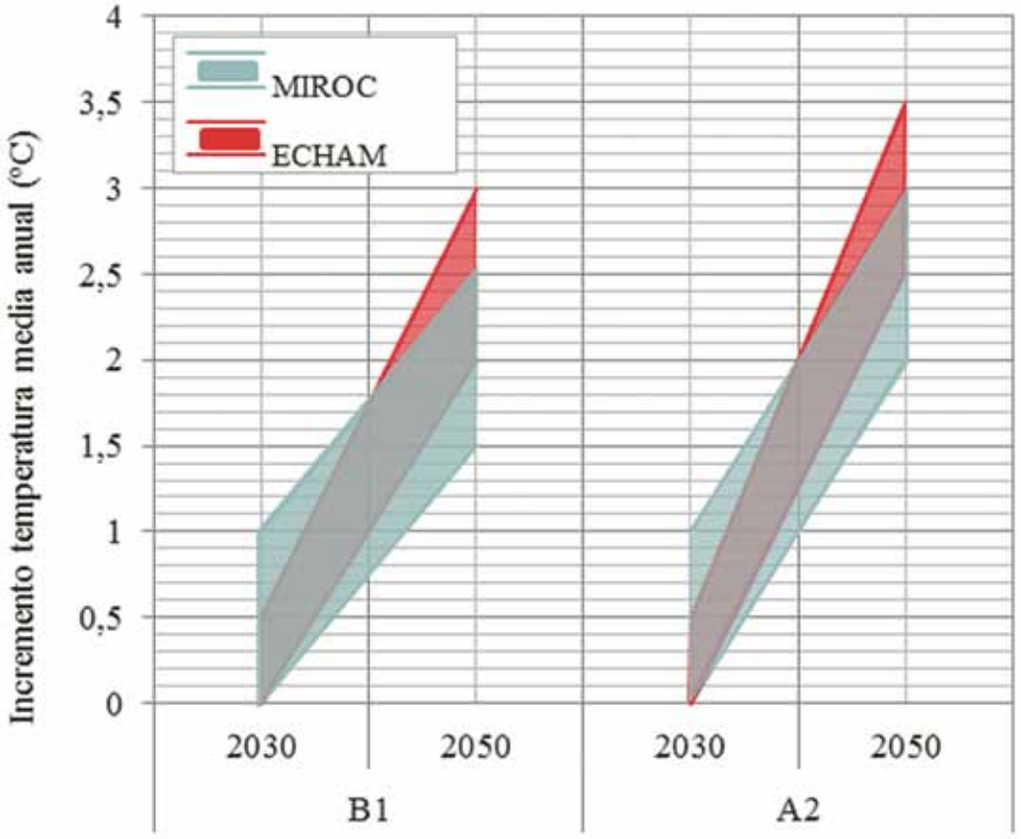
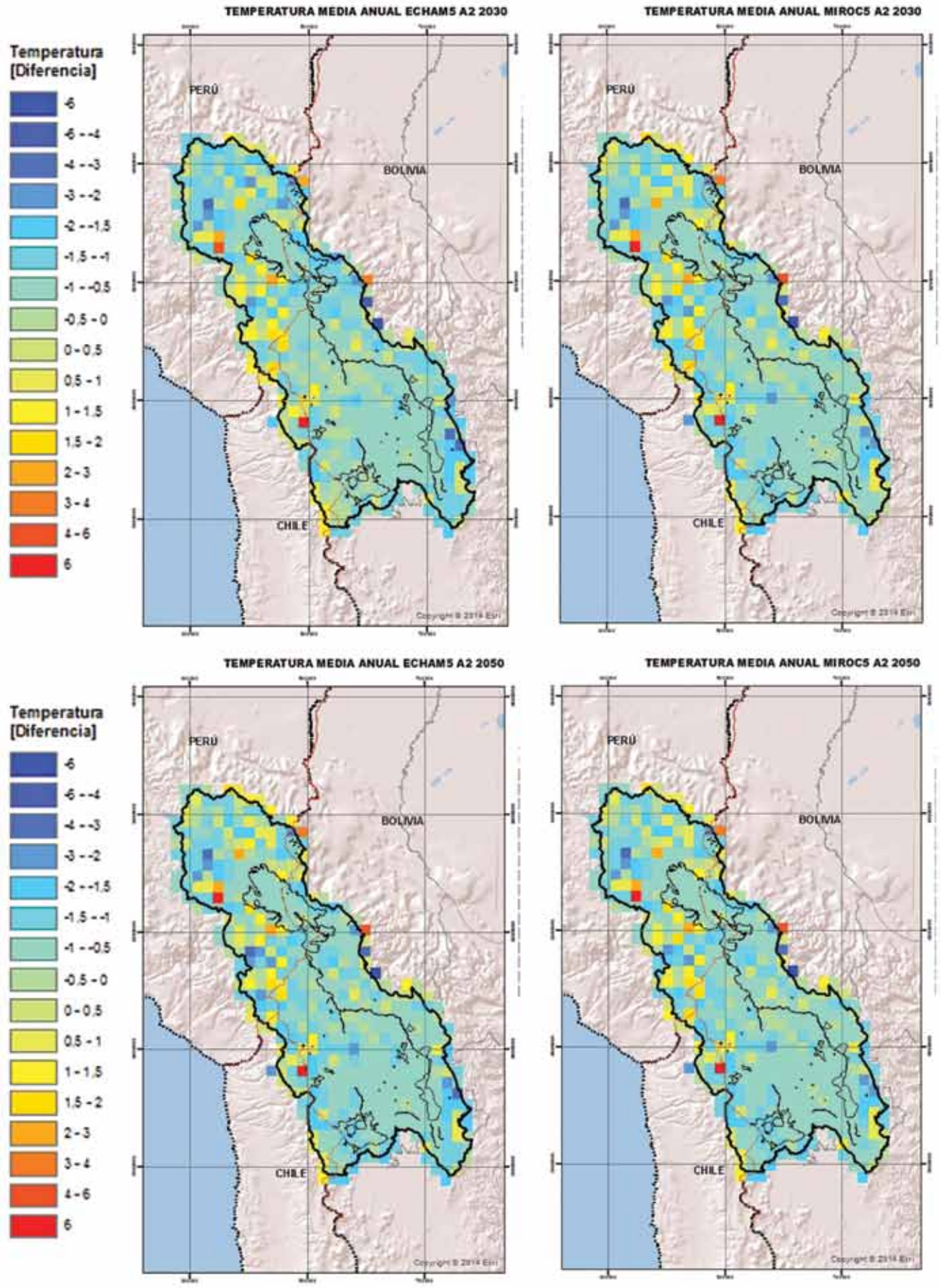
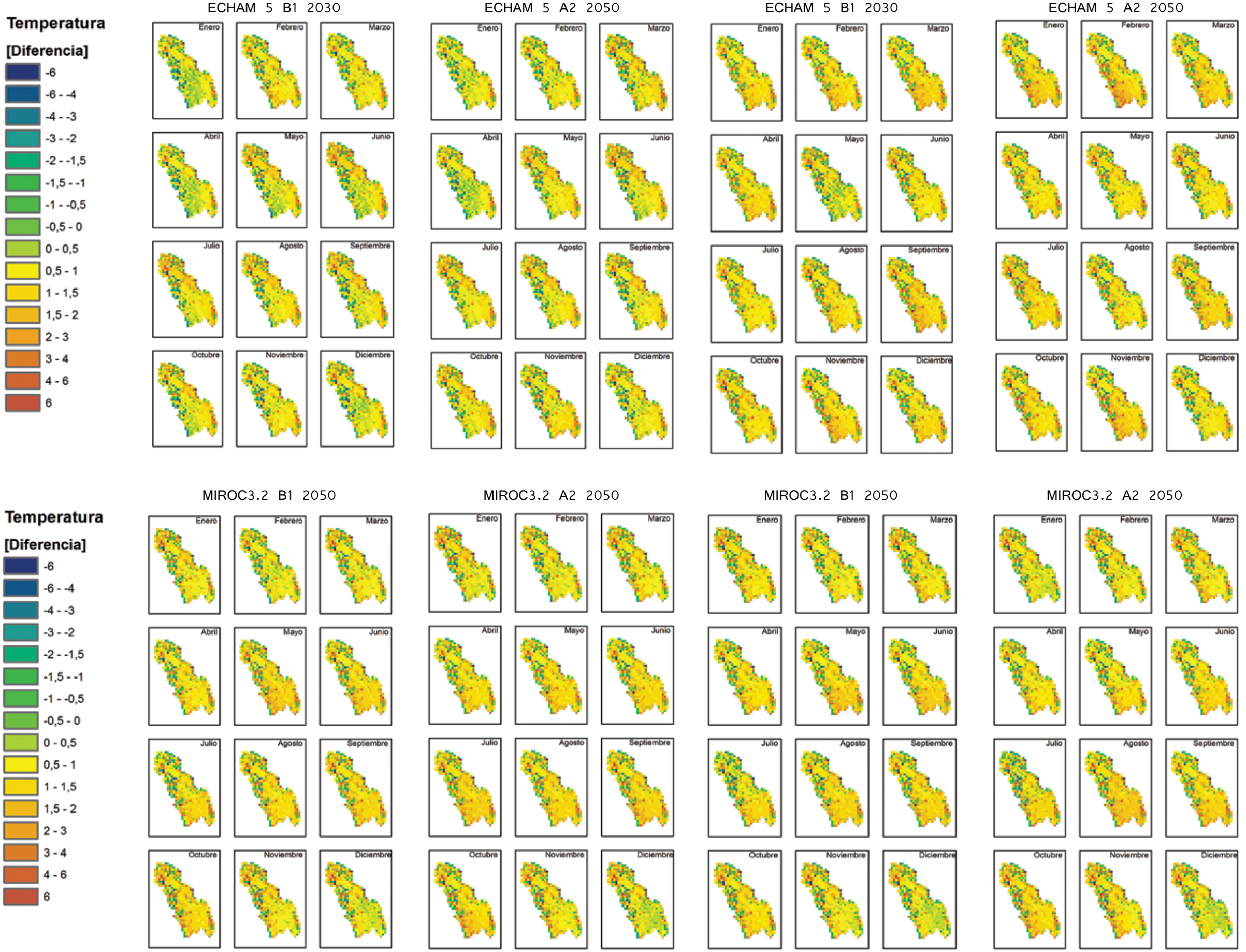


Figura II-6. Incremento de temperatura media anual (ºC)

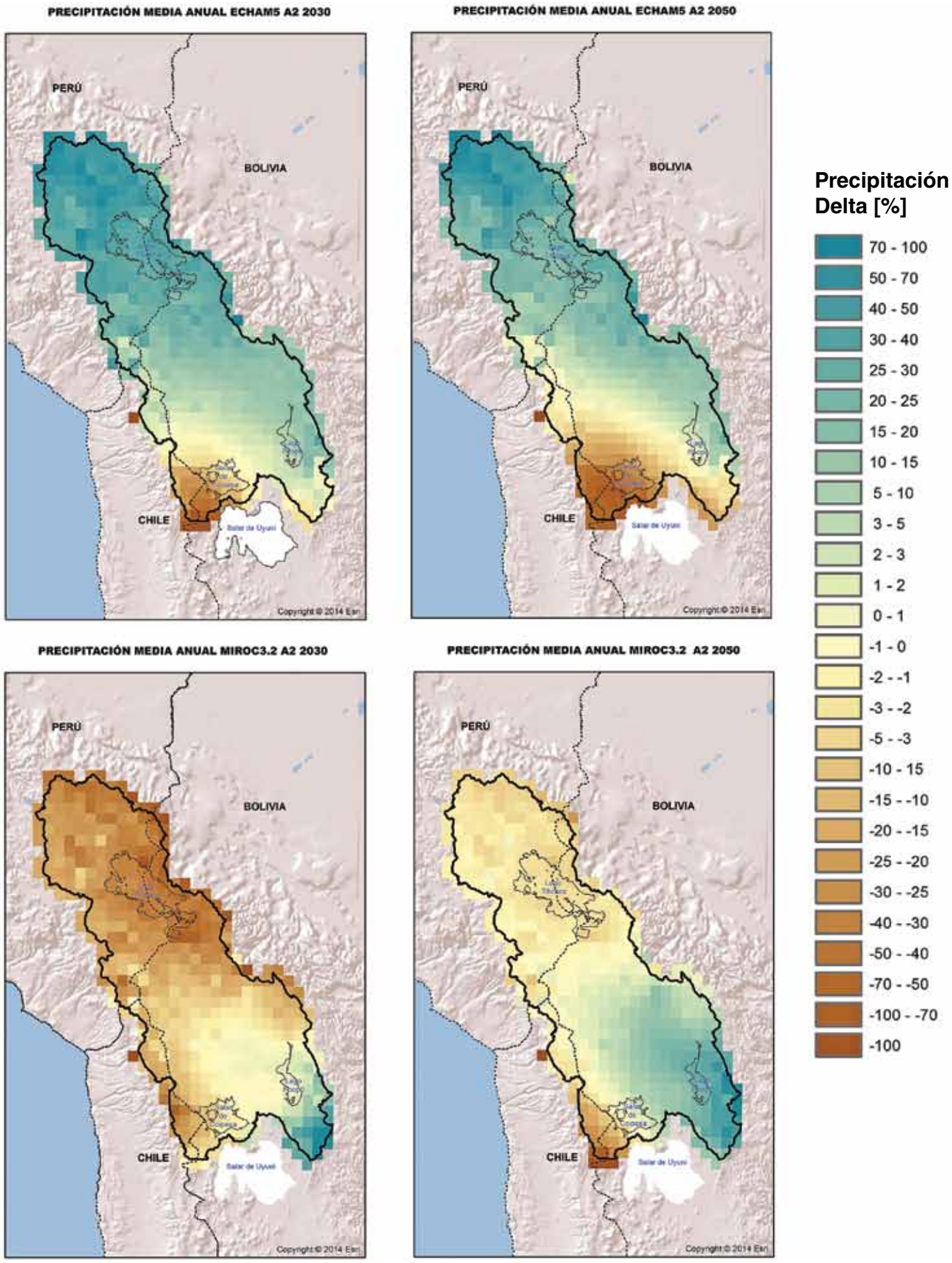
A nivel mensual, el modelo ECHAM5 prevé un mayor incremento de temperatura durante los meses de invierno, mientras que MIROC3.2 estima un incremento más uniforme a lo largo del año. Ambos modelos coinciden en que se producirá incrementos fuertes en el mes de enero.



Mapa II-15. Cambio de la temperatura media para el escenario A2 2050, según el modelo MIROC3.2 y ECHAM5 para el periodo 2050 (Carrasco and Molina, 2014)



Mapa II-16. Cambio de la temperatura media mensual para los modelos ECHAM5 y MIROC32 (Hernandez y Molina, 2014)



Mapa II-17. Cambio de la precipitación media para el escenario A2 2050, según el modelo MIROC32 (superior) y ECHAM5 (inferior) (Carrasco y Molina, 2014)

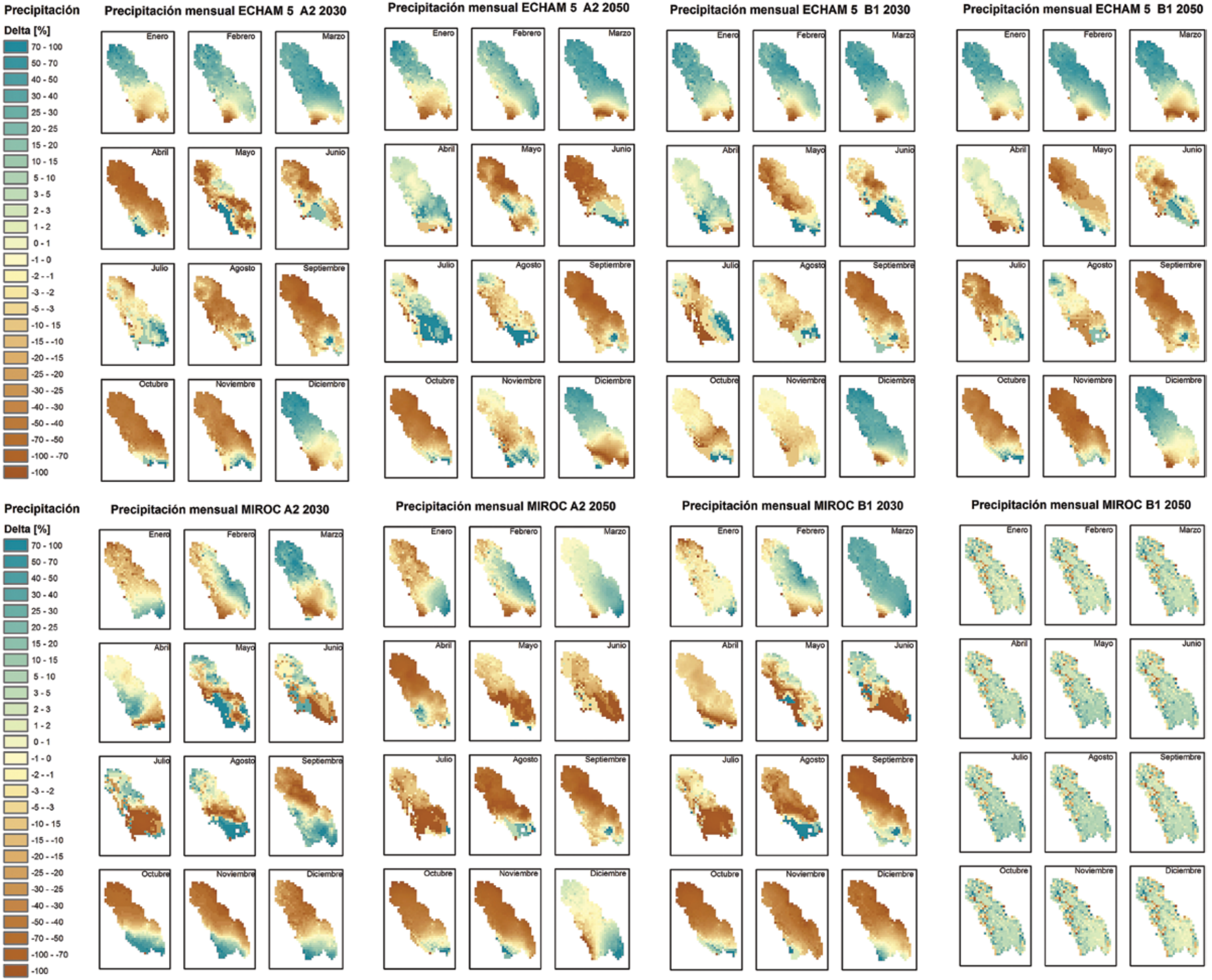
1.1.11.Precipitación

Se observa cambios en la precipitación media anual para el escenario más crítico: A2 2050 según los dos modelos (Mapa II-17). El modelo MIROC32 predice una disminución de la precipitación sobre el lago Titicaca y parte del sector norte, en el extremo sudoeste del sistema TDPS (salar de Coipasa) y en un pequeño sector de la parte alta de la cuenca del río Mauri. En el resto se prevé un incremento moderado de la precipitación, del orden del 0 a 10%, con los valores más altos hacia el sureste de la cuenca: Oruro y zona este de la cuenca del lago Poopó.

Sin embargo, el modelo ECHAM5 prevé una disminución importante de la precipitación en la región suroeste del sistema TDPS, que coincide en forma sorprendente con la subregión pluviométrica B. Esta subregión comprende toda la cuenca del salar de Coipasa, la mayor parte de la cuenca del río Mauri y la parte oeste de la cuenca del lago Poopó. En el resto del sistema TDPS, incluyendo el lago Titicaca, se prevé un aumento moderado (0 a 10%) de las precipitaciones.

Un resultado para resaltar es que el modelo MIROC 3.2 para el 2030 tiene un alto grado de coincidencia a nivel espacial (Mapa II-17) con los resultados del análisis de tendencias para precipitación (ver Mapa II-11). En un análisis visual se observa la coincidencia en la disminución de la precipitación en el sector sur del lago Titicaca y el incremento a lo largo del río Desaguadero entre Calacoto y Oruro.

En el Mapa II-18 se observa los cambios mensuales para los escenarios simulados. En este caso es más difícil encontrar patrones. Primero, el modelo ECHAM5 prevé que en las regiones donde habrá incremento de la precipitación anual, esta se dará entre los meses de julio a noviembre. Y en las regiones donde se prevé una disminución de la precipitación anual, está se dará entre diciembre y marzo. Esta situación también se aplica a otras subregiones donde no existe disminución de la precipitación anual, como el lago Titicaca y el Desaguadero inferior. Segundo, para el modelo MIROC32 la precipitación disminuye en la mayor parte del sistema TDPS entre los meses de mayo y julio y se incrementa en los meses de marzo, abril y noviembre. En las regiones donde el modelo MIROC 32 prevé disminución de la precipitación anual (especialmente el lago Titicaca y el extremo suroeste) se daría también una disminución moderada de la precipitación entre los meses de diciembre y febrero, este último coincide con los resultados del modelo ECHAM5 (Carrasco y Molina, 2014; Hernandez y Molina, 2014).



Mapa II-18. Cambio de la precipitación media para el escenario A2 2030 según el modelo MIROC32 (Carrasco and Molina, 2014)

1.1.12. Escenarios de cambio climático para el altiplano boliviano – un analisis comparativo entre AR4 y AR5 del IPCC

En el AR4, los escenarios de emisiones utilizadas incluyeron: A2 y B1, los dos basados en modelos económicos. Para el AR5 se utilizó un enfoque diferente, que se refiere vías de concentración o Representative Concentrations Pathways (RCP en inglés) estos son escenarios en que las emisiones de gases de efecto invernadero y las concentraciones atmosféricas crecen sucesivamente a través de RCP2.6, RCP4.5, y RCP6.0 a RCP8.5. En términos generales, A2 es equivalente a RCP8.5 y RCP6.0 está a medio camino entre A1B (un escenario relativamente alto de emisiones) y B1 (similar a RCP4.5). El escenario RCP2.6 conduce finalmente a cero las emisiones netas después de alrededor del 2070 y es el único escenario que, si se sigue en líneas generales, ofrecería una posibilidad razonable de alcanzar el objetivo de la Convención Marco de restringir el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C. Las emisiones observadas hasta la fecha, nos situan en la línea a los escenarios A2 y RCP8.5 (Harrison y Lizcano 2016).

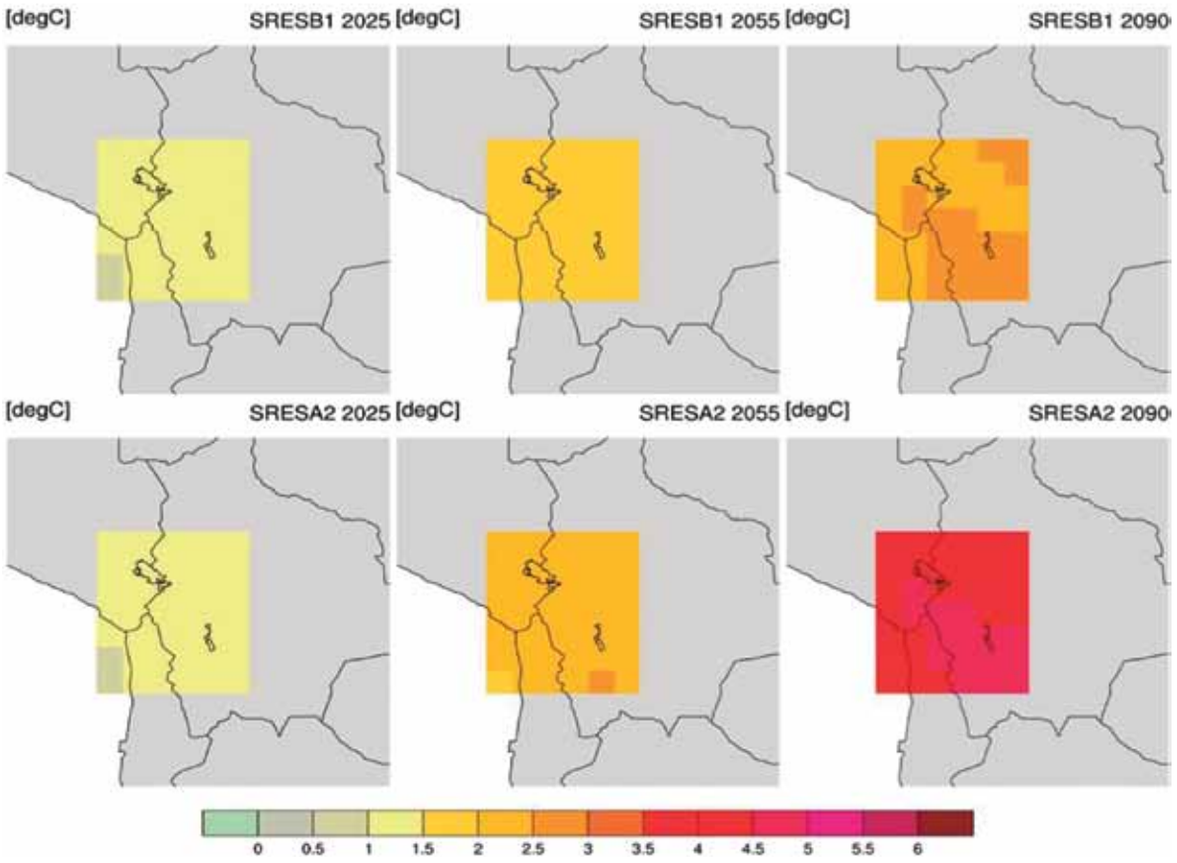


Figura II-7. Cambio en la temperatura media anual en ºC de 1971-1999 de acuerdo a CMIP3 para los periodos 2025, 2055 y 2090

A) TEMPERATURA

Dentro de las incertidumbres identificadas, existe diferencia mínima entre los conjuntos de proyecciones de temperatura medias entre AR4 y AR5. Naturalmente, los mayores aumentos de temperatura están vinculados con las emisiones más altas y también se producen al termino del siglo XXI alcanzando entre 4.5°C y 5.0°C bajo A2 de acuerdo con el conjunto CMIP3 (Figura II-7), y tal vez 0.5°C mayor bajo RCP8.5 según el conjunto CMIP5 (Figura II-8). En el otro extremo, las emisiones más bajas, escenario B1, muestran un aumento promedio para fin de siglo de 2,5°C a 3,0°C y para el RCP4.5 se observa un incremento de 2,0°C a 2,5°C. Para el escenario de emisiones más bajo disponible, RCP2.6, el aumento no sobrepasa los 1,5°C durante la mayor parte de la región de acuerdo a la media del conjunto. En este último caso, sin embargo, hay relativamente amplia dispersión entre las salidas de los modelos, con desviación estándar superior a 1°C en el sur.

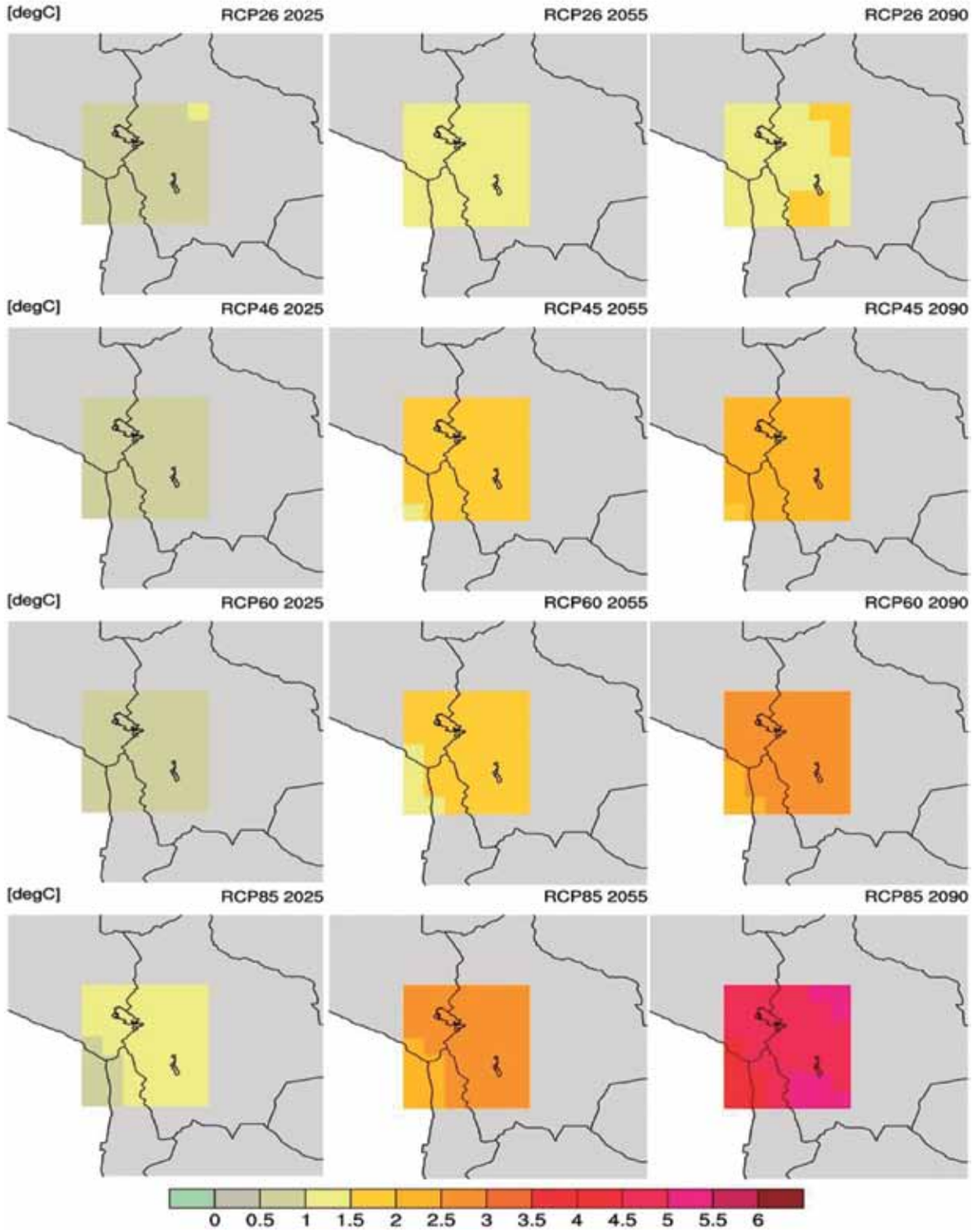


Figura II-8. Cambio en la temperatura media anual en ºC de 1971-1999 de acuerdo a CMIP5 para los periodos 2025, 2055 y 2090

B) PRECIPITACIÓN

La precipitación media del conjunto de proyecciones, en contraste a la variable temperatura, varían entre AR4 (Figura II-9) y AR5 (Figura II-10), con escenarios más húmedos para AR5. En general la región del lago Titicaca parece estar favorecido con los mayores incrementos sobre una base media anual, y se observa también disminuciones más al sur. Para todas las proyecciones, hay un patrón general, aunque con algunas excepciones: los aumentos en el norte de la región y disminución en el sur para el 2090.

Bajo RCP8.5 de CMIP5, la precipitación incremente hasta 10% y y en el norte disminuye de 4-6% en el sur. Mientras que los valores equivalentes a RCP2.6 son de 6-8% de incremento en el norte y una disminución de 4-6% en el sur. Los patrones espaciales de desviaciones estándar en las proyecciones de precipitación son más complejos que para la temperatura, una indicación de la dispersión local significativa entre las diversas salidas modeladas.

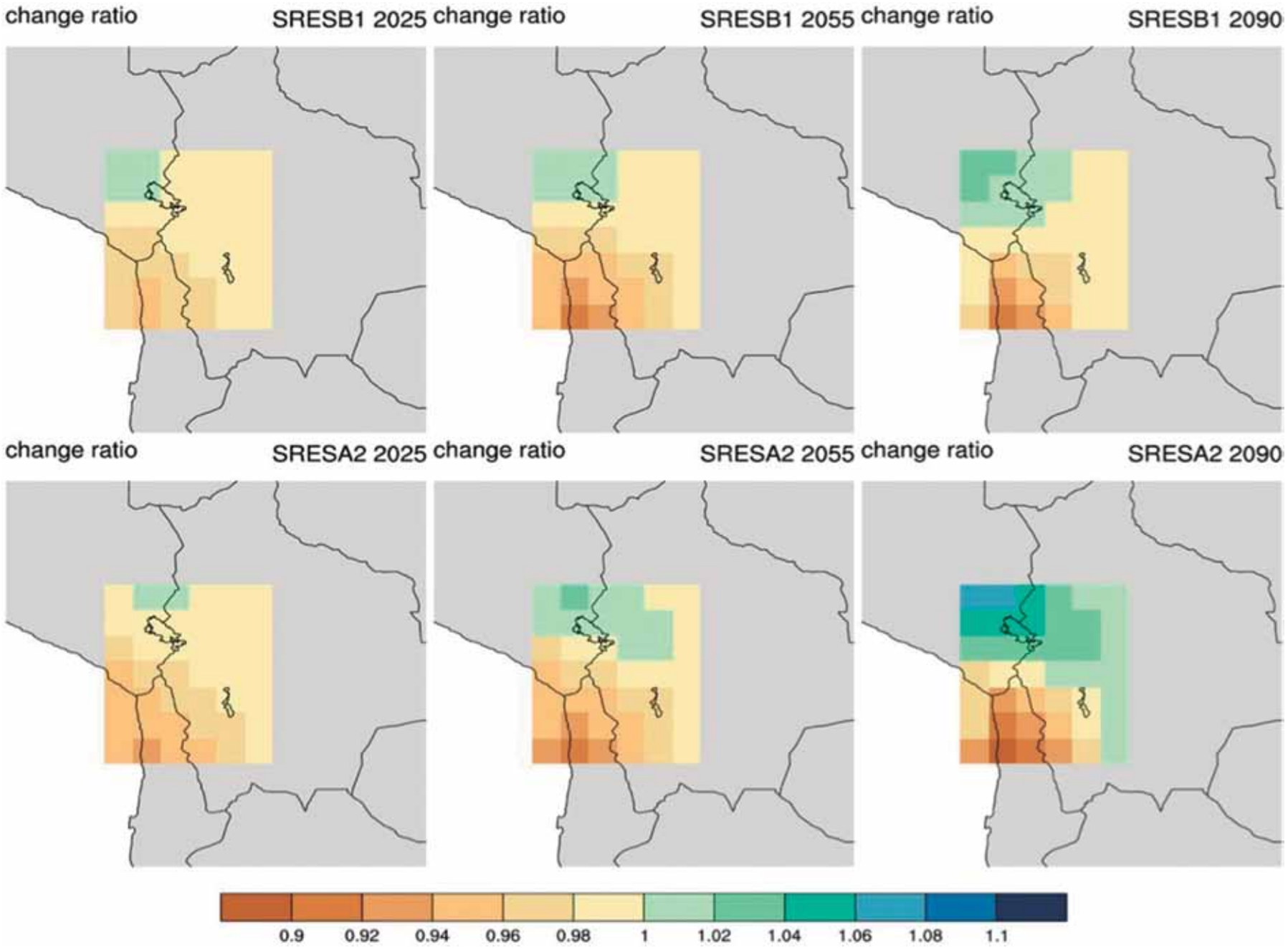


Figura II-9. Cambios en la precipitación en CMIP3 para el periodo 1971-1999 (valores mayor a 1.0 indican incremento)

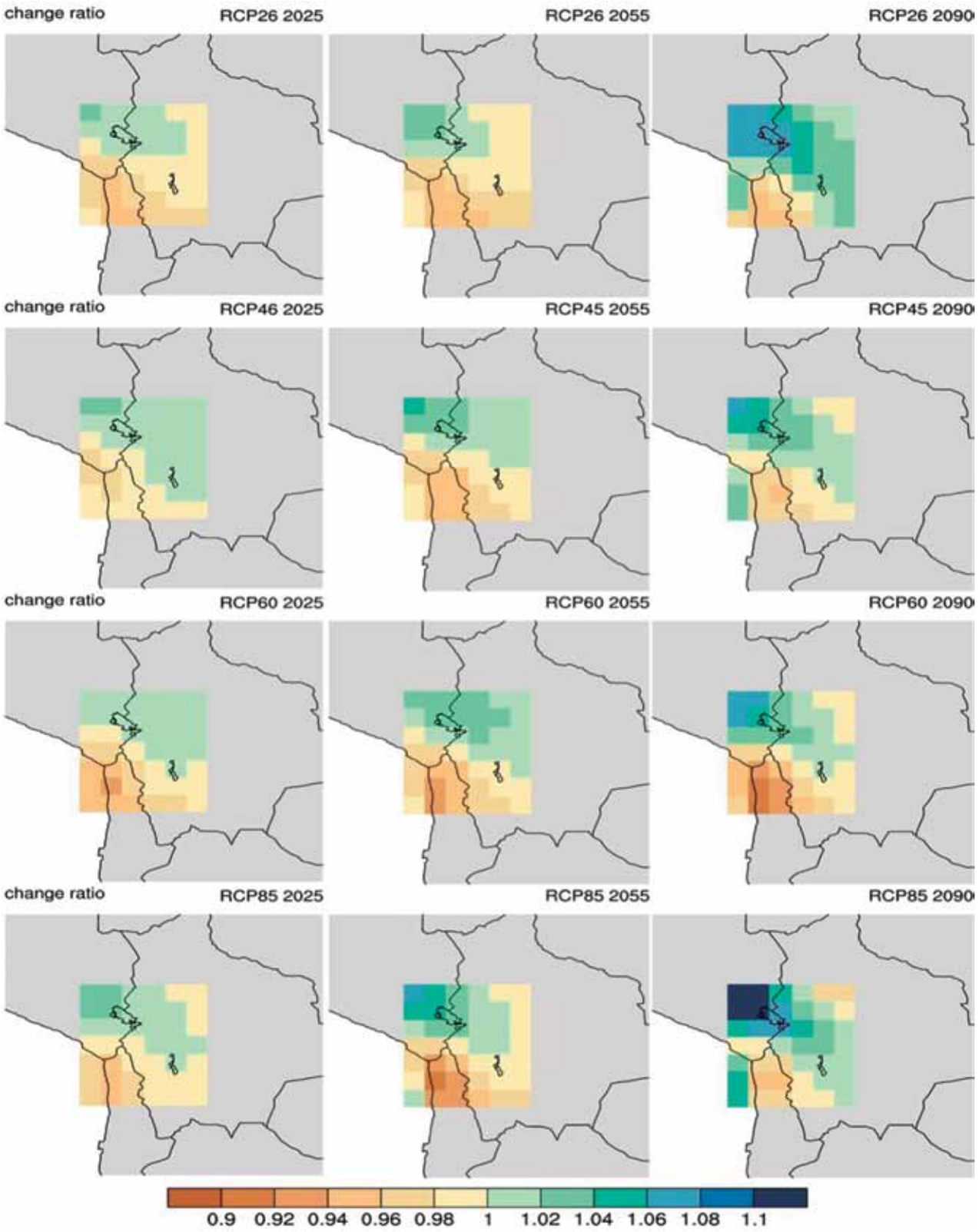


Figura II-10. Cambios en la precipitación en CMIP5 para el periodo 1971-1999 (valores mayor a 1.0 indican incremento)

ESCENARIOS RECOMENDADOS PARA PLANIFICACIÓN

Los resultados de estas modelaciones climáticas con la metodología descrita, son usados principalmente para planificación. En este sentido, se han hecho agrupaciones de los escenarios que tienen similar comportamiento y así elaborar un escenario de planificación.

Los escenarios recomendados se describen a detalle en al Tabla II-4, estos se basan en los incrementos de precipitación y temperatura. El escenario P3 prevé pequeños cambios en la precipitación y cambios de temperatura similares, incluyendo la temperatura bajo el análisis de"extremos", a los otros dos escenarios, aunque con períodos de lluvia más cortos con un aumento en la intensidad de las precipitaciones sobre una base diaria.

El escenario P3 podría ser un escenario adecuado para la planificación, tomando en cuenta y que el cambio en la intensidad de la lluvia diaria es común en los tres escenarios. Adicionalmente, se observa un incremento en el número de días secos consecutivos y una disminución de los días húmedos consecutivos en dos de los tres escenarios. El análisis de los escenarios de planificación descritos nos muestran que en general, es importante planificar para escenarios de sequía en este región.

Tabla II-4. Resumen de las escenarios recomendados para planificación

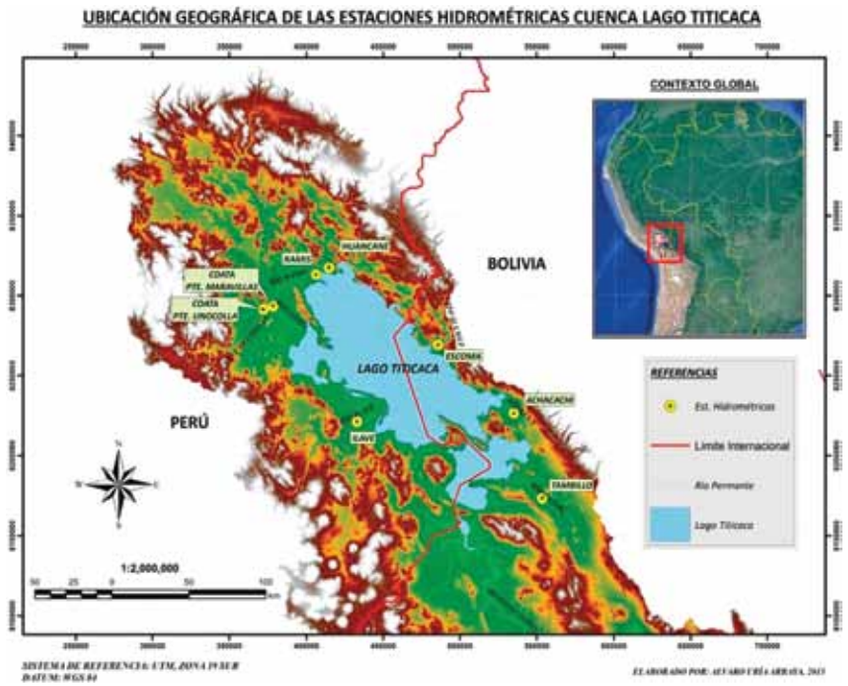
		P1 – Incremento en Precipitación	P2 – Disminución en Precipitación	P3 – Pequeños cambios en Precipitación
ESCENARIOS		RCP6.0; RCP4.5; RCP2.6	RCP4.5; RCP2.6	RCP4.5
Cambio Temperatura/ Cambio Precipitación	2025	+0.9ºC/+2%	+0.9ºC/-3%	+1.0ºC/±0%
	2055	+1.2ºC/+4%	+1.4ºC/-5%	+1.5ºC/±0%
	2090	+1.6ºC/+8%	+2.0ºC/-4%	+1.8ºC/+1%
Extremos	TN10p	↑ 0.2% de días	↑ 0.2% de días	↑ 0.3% de días
	TN90p	↑ 3.0% de días	↑ 3.5% de días	↑ 3% de días
	TX90p	↑ 3.5% de días	↑ 3.5% de días	↑ 3% de días
	CDD	↑ 10% de días *	↑ 15% de días	↑ 10% de días
	CWD	↑ 10% de días**	↓ 10% de días	↓ 5% de días
	R10mm	↑ 5% of día	↓ 10% de días	↓ 2% de días
	RX1day	↑ 10% mm	↑ 5% mm	↑ 5% mm
	SDII	↑ 10% mm/day	↑ 5% mm/día	↑ 5% mm/día

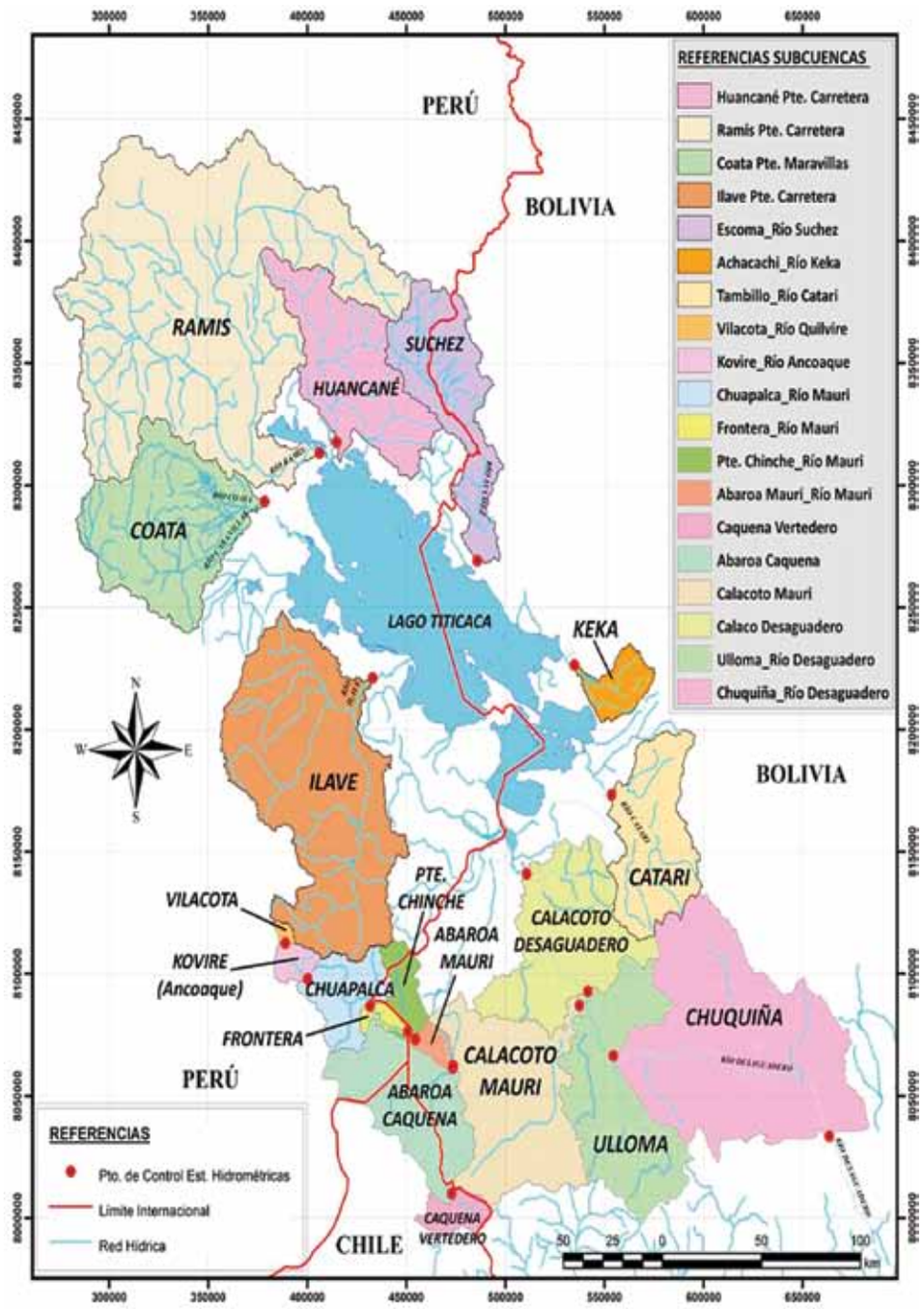
TN10p: Porcentaje de días en quev la Temperatura mínima <percentil 10
TN90p: Porcentaje de días en que la Temperatura mínima >percentil 90
TX90p: Porcentaje de días en que la Temperatura mínima >percentil 90
CDD: Días secos consecutivos (días con precipitación <1.0 mm)
CWD: Días húmedos consecutivos (días con precipitación ≥1.0 mm)
R10mm: Número de días al año con precipitación ≥ 10 mm
RX1day: Precipitación máxima total en 1-día
SDII: Índice de intensidad diaria (Precipitación anual/número de días húmedos

1.2. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Al ser un sistema interconectado, los estudios de hidrología se extienden por todo el Sistema TDPS (Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salares) que desde el tratamiento de datos hidrológicos realizado dentro del Plan Director (Perú-Bolivia), periodo 1960 - 1990, no se realizaron estudios que permitieran actualizar la base de datos hidrológicos. Salvo estudios iniciales que comprende tan solo el periodo 2002 - 2010 y considera únicamente estaciones de la cuenca Mauri-Desaguadero en Bolivia.

Bajo este contexto y con el propósito de determinar la oferta de agua actual y futura en el sistema hídrico TDPS, se ha recopilado y tratado información hidrológica del periodo 1965-2015 para implementar modelos que expliquen el equilibrio entre los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo (balance hídrico), considerando los principales componentes del balance: lluvia, evapotranspiración y escorrentía. Se generó así una base con datos hidrológicos 1965-2015 de 21 estaciones ubicadas en todo el sistema TDPS (Mapa II-19). Es la más completa y actualizada que existe sobre la región.





Mapa II-19. Estaciones hidrométricas de la cuenca del Lago Titicaca (izquierda arriba) y Mauri-Desaguadero (izquierda abajo) y cuencas de aporte del sistema TDPS (derecha) (Uria y Molina, 2013)

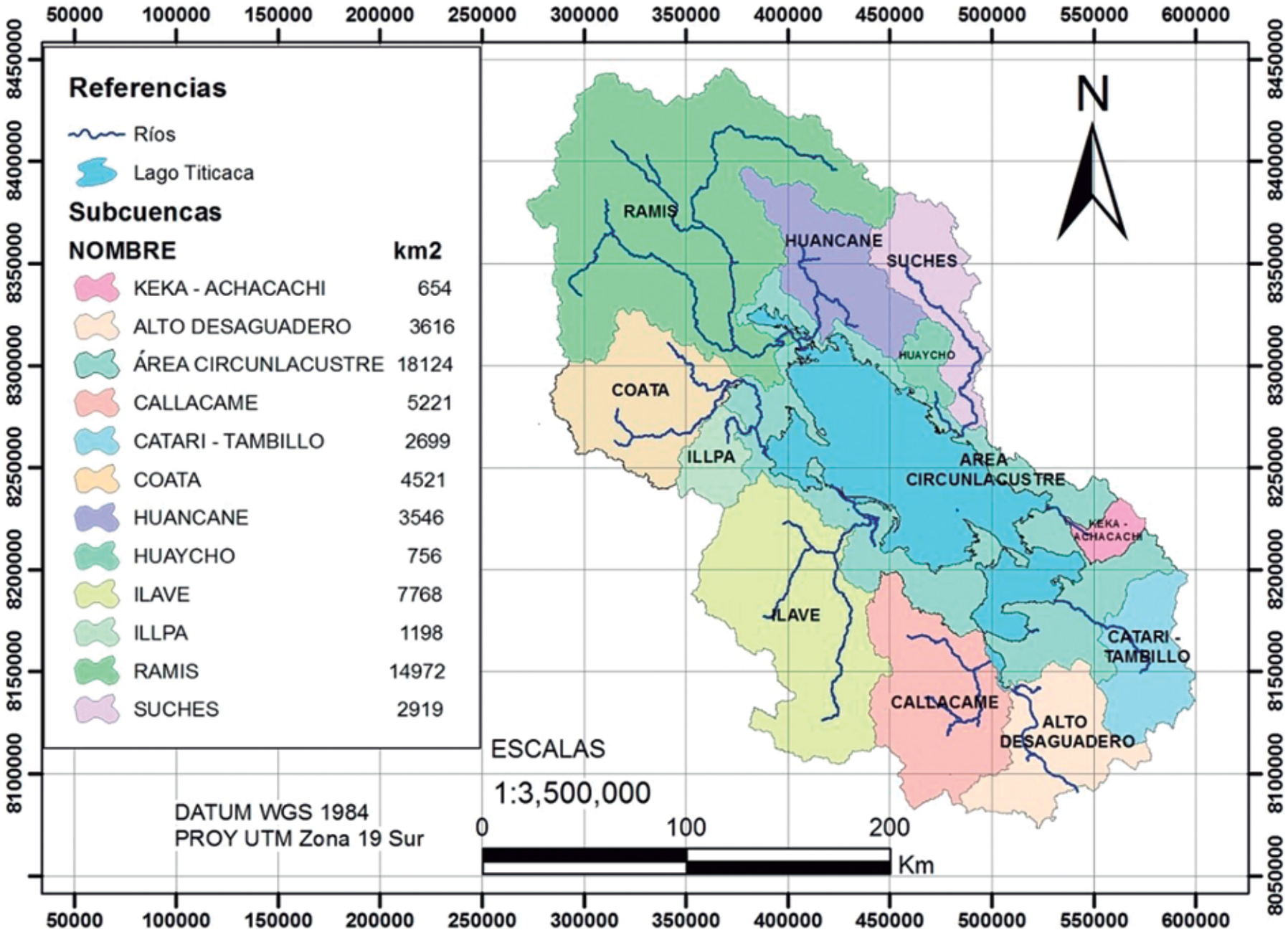
1.2.1. Oferta de agua actual y futura

BALANCE HÍDRICO DEL LAGO TITICACA Y ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Este estudio se realizó ante la necesidad de contar con información actualizada de la cuenca del lago Titicaca y así poder evaluar sus condiciones históricas y plantear condiciones futuras, orientadas a la resiliencia ante el cambio climático.

La cuenca del lago Titicaca está dividida en varias sub-cuencas, cinco de las cuales contribuyen con el 66,6% de los aportes de agua al lago. El nivel medio del lago es de 3810 m, que corresponde a una superficie de 8400 km^2 y un volumen medio de 930.106 km^3 (Intecsa et al., 1993). El lago está compuesto de dos partes: el lago mayor (7131 km^2) y el lago menor (1426 km^2), conectado por el estrecho de Tiquina. El emisario del lago Titicaca es el rio Desaguadero, que desemboca en el lago Poopó. (Molina, Sagté y Pillco, 2013).

La delimitación de las cuencas se realizó de manera automática en base a un modelo digital de elevaciones. Formaron parte de este estudio, los ríos: Ramis, Huancané, Suches, Coata, Ilave, Catari, Illpa, Huaycho, Keka y Ccallacame.



Mapa II-20. División de las subcuencas del Lago Titicaca

Una de las principales fuentes de aporte de agua directa al lago Titicaca está constituida por la precipitación que contribuye con más del 50% del aporte al lago (Molina et al., 2014). Los datos climatológicos actualizados corresponden al estudio de (Yuque y Molina, 2013).

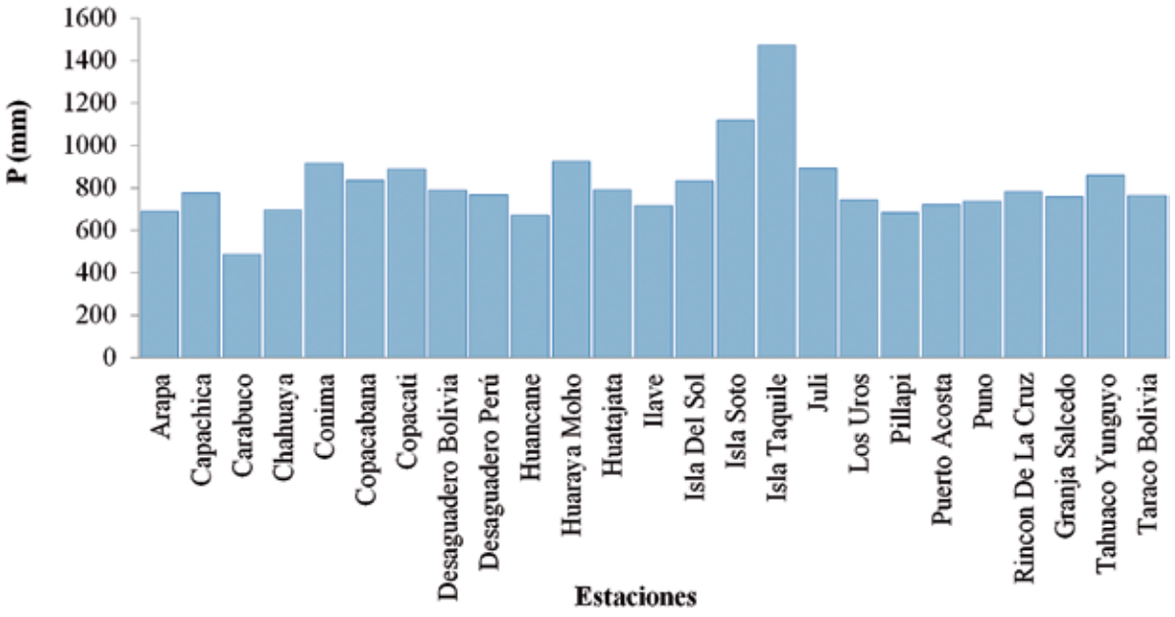


Figura II-11. Precipitación media anual (mm) 1960-2012

La evaporación representa aproximadamente el 90% de las salidas de agua del lago Titicaca. Varios estudios han estimado la evaporación del lago, en un rango de valores de 1480 a 1990 mm/año. La variación se atribuye a las diferencias en periodo, metodología y registros, pero también a la variabilidad temporal del comportamiento del lago (Molina, Sagté y Pillco, 2013).

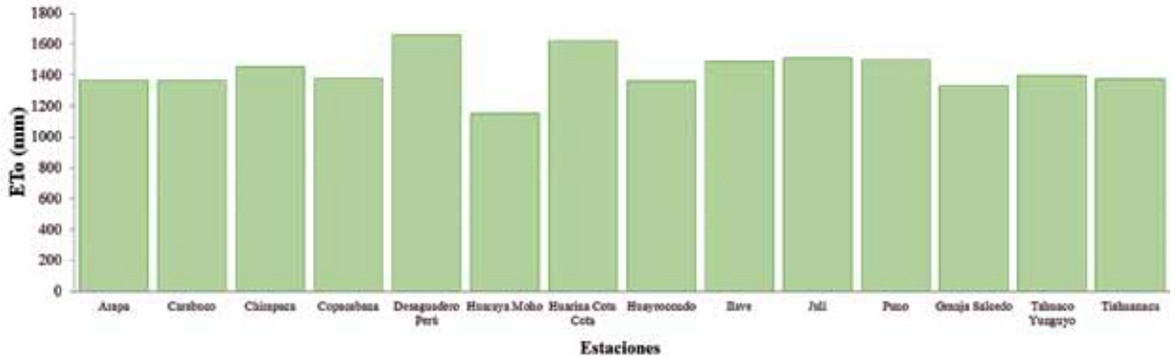


Figura II-12. Evapotranspiración media anual (mm) 1965-2012 (Penman)

BALANCE HÍDRICO DEL LAGO TITICACA Y ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Se ajustó el período de estudio de acuerdo al año hidrológico desde septiembre de 1965 hasta agosto de 2012. Se menciona cuando los resultados muestran los valores promedio para el año calendario (ene-dic). En algunos casos se muestran resultados de las series a partir de 1960 o para el periodo 1965-1989, esto sirve para poder hacer comparaciones con resultados de estudios previos. El período de estudio 1965-2012 fue escogido por contar con datos completos para la mayoría de las estaciones. En el caso de estaciones que dejaron de funcionar o de las que no se cuenta con registros pero que son importantes, se ha realizado un relleno por correlación múltiple para completar el período de estudio. Los detalles se explican más adelante (Gutierrez y Molina, 2014).

BATIMETRÍA PARA EL LAGO TITICACA

La batimetría es el levantamiento del relieve de Superficies Subacuáticas. En otras palabras, es la cartografía de los fondos de cursos de agua como si se tratara de un terreno seco. Para el lago Titicaca, los datos de batimetría del lago se obtuvieron del informe de Intecsa et al, 1993. (Gutierrez y Molina, 2014).

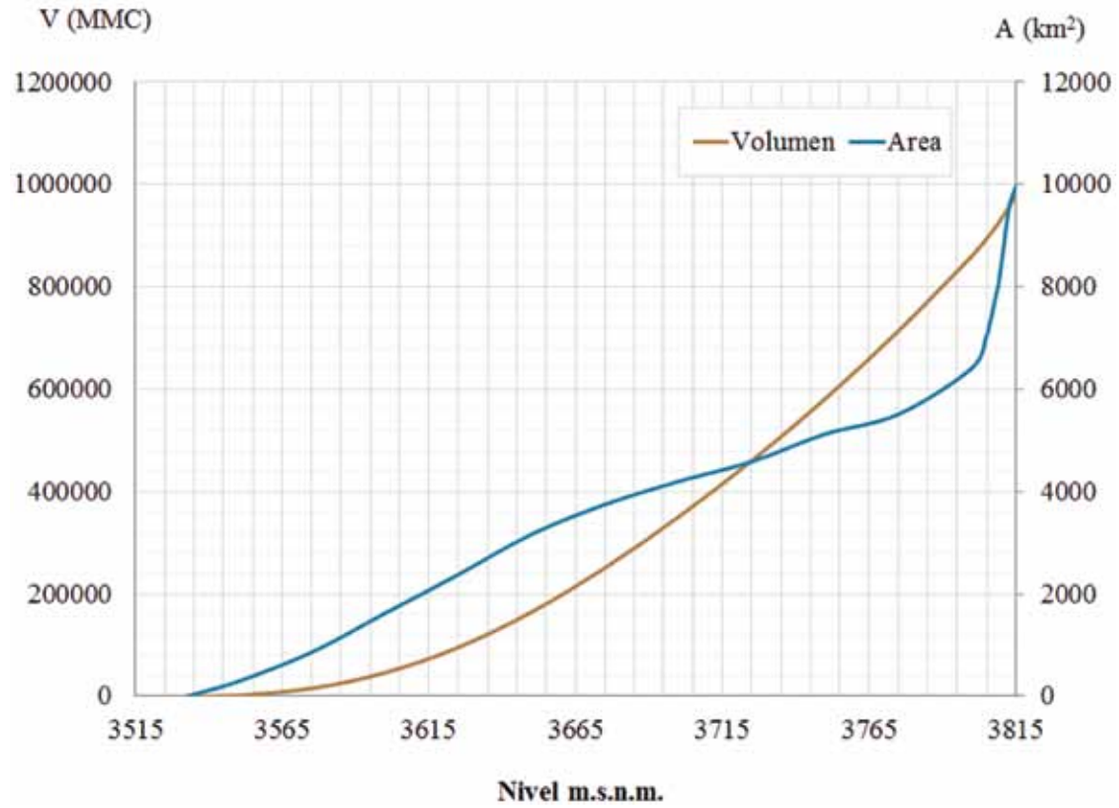


Figura II-13. Gráfico de Nivel - Área - Volumen

NIVELES

Los datos de niveles fueron referidos a la cota peruana de la regla de Puno. La cota de referencia es 3800 msnm. La serie de datos de niveles con que se cuenta, está compuesta por tres partes y proviene de tres fuentes respectivamente (Figura II-14).

Se escogió como periodo para la calibración desde abril de 1966 hasta agosto de 1989 para comparar con el estudio de Intecsa, 1993. La validación comprende el período de estudio 1965-2012. Se utilizó como punto de control de salida a la estación hidrométrica Calacoto Desaguadero (Gutierrez y Molina, 2014).

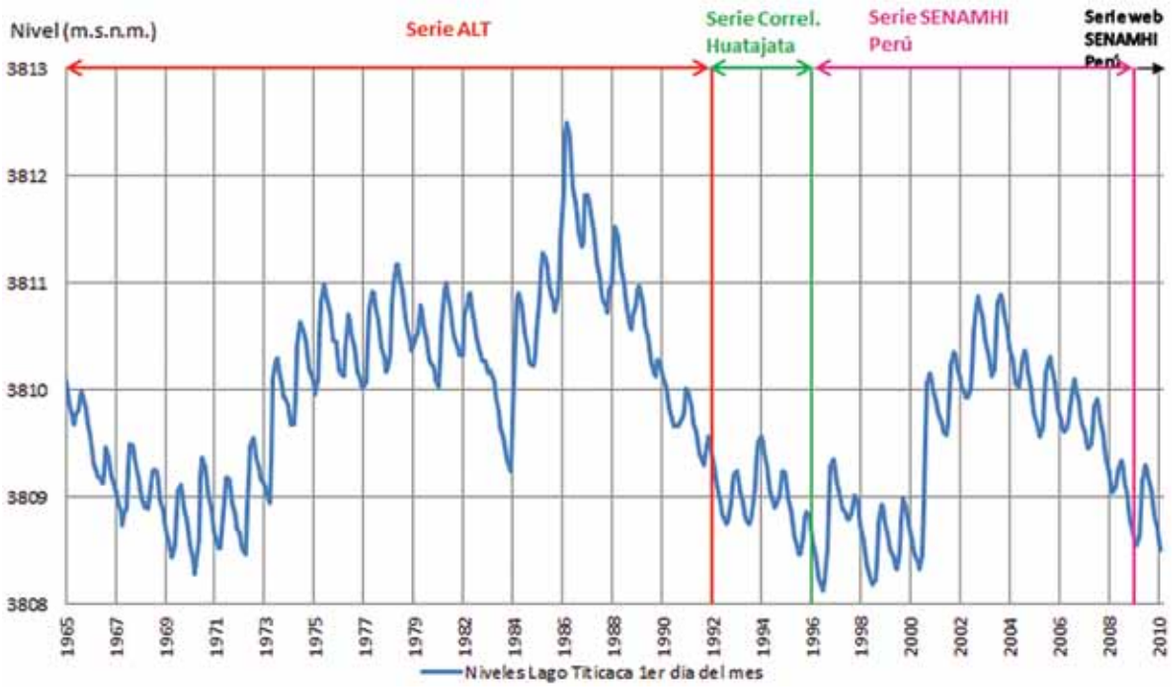


Figura II-14. Niveles del Lago Titicaca (dato del 1er día del mes)

En correspondencia con lo anterior el caudal del río Desaguadero simulado en Aguallamaya fue superior durante el subperíodo 1995-2000 e inferior durante el subperíodo 2001–05. Los caudales altos simulados durante el subperíodo 1995-2000, posiblemente se deben a que durante esos años la sedimentación a la salida del lago en el sector de Aguallamaya alcanzó su punto máximo reduciendo su capacidad de descarga, lo que a su vez disminuyó los caudales de salida reales. Por otro lado durante el subperíodo 2001-05 los caudales simulados más bajos podrían explicarse por los trabajos de dragado que emprendió la ALT para recuperar la capacidad original de flujo en el sector de Aguallamaya (Gutierrez y Molina, 2014).

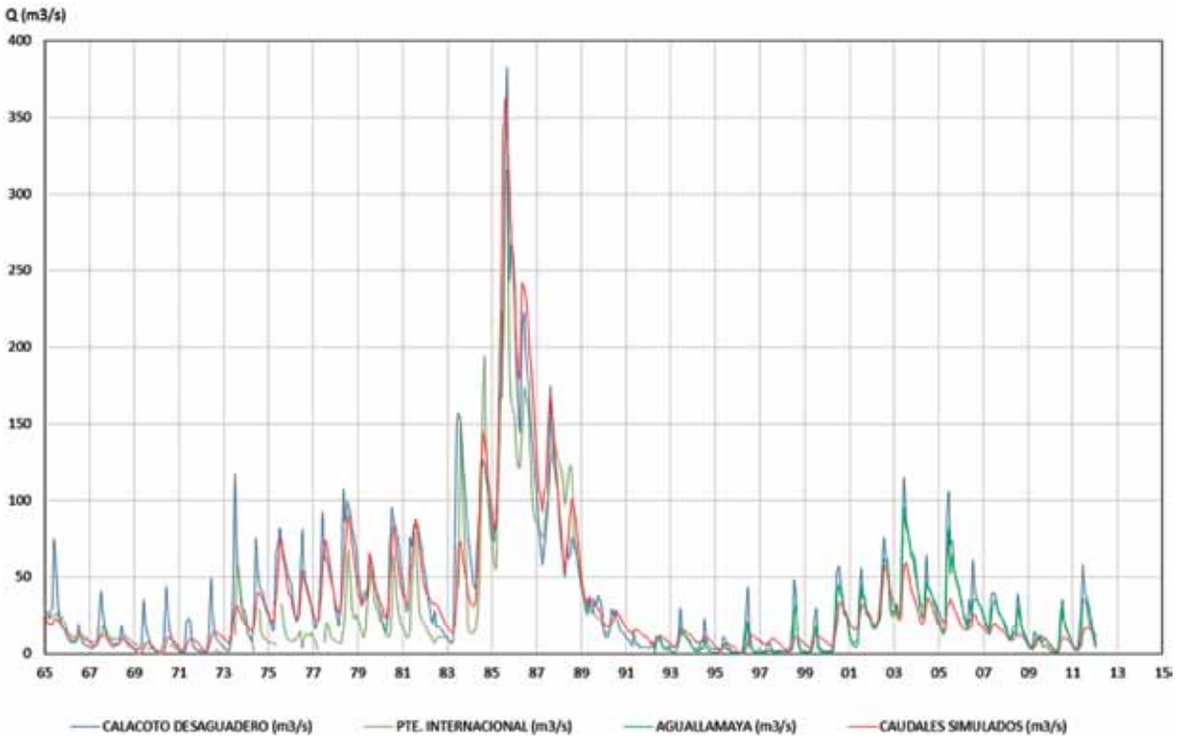


Figura II-16. Caudales del lago Titicaca simulados - registrados (m^3/s). Periodo 1966-2012

Los niveles simulados en el lago Titicaca son superiores a los niveles registrados durante el subperíodo 1995-2000 y son inferiores durante el subperíodo 2001-05. En correspondencia con lo anterior el caudal del río Desaguadero simulado en Aguallamaya fue superior durante el subperíodo 1995-2000 e inferior durante el subperíodo 2001-05.

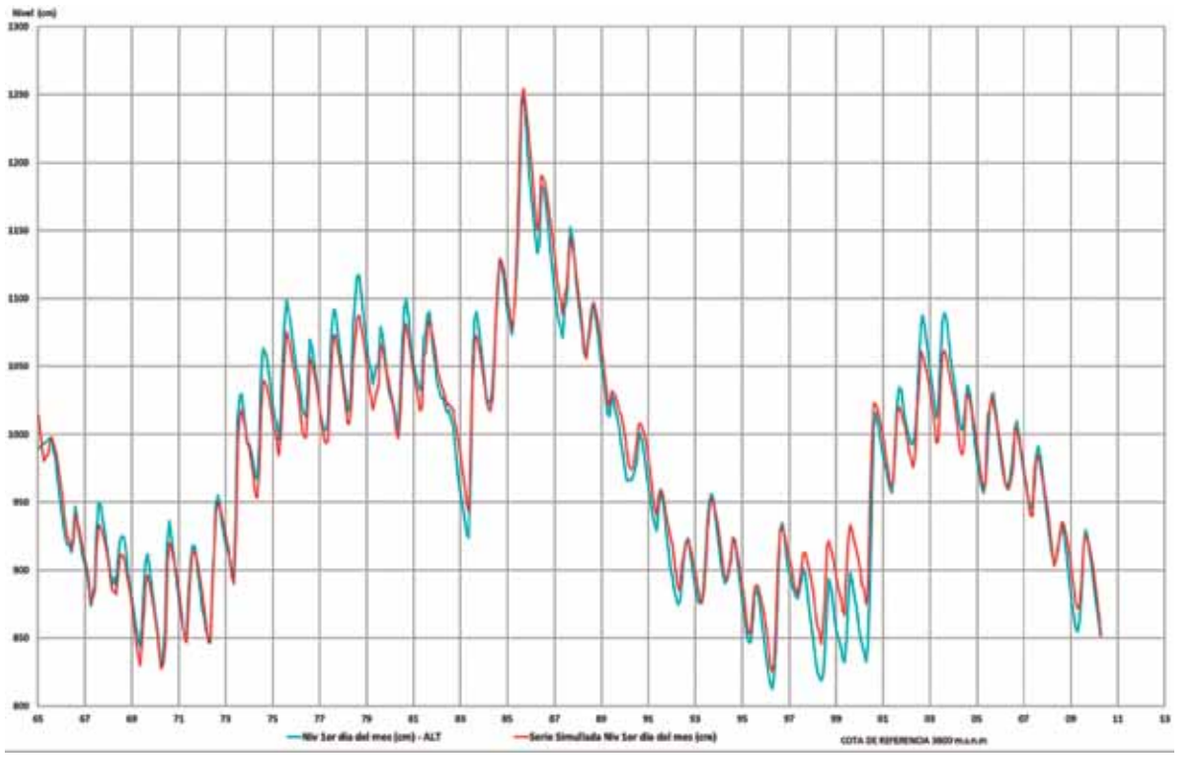


Figura II-15. Niveles del lago Titicaca simulados - registrados (m^3/s), 1966-2010

El balance hídrico de la cuenca del lago Titicaca (Figura II-17) se realizó con los datos presentados previamente y que además incluyen información de entrada de precipitación y los afluentes al lago. Por otro lado, las salidas se muestran como Evapotranspiración y escorrentía.

Figura II-17. Balance Hídrico de la Cuenca del Lago Titicaca (Periodo 1965-2012)

Los resultados del balance hídrico mostrados en la Figura II-17 muestra los datos obtenidos en metros cúbicos por segundo. Los ingresos al sistema menos las salidas dan un valor negativo.

Escenarios del Cambio Climático para el Lago Titicaca

Las proyecciones futuras son para dos períodos de 30 años comprendidos el primero entre 2030 y el segundo 2050. La Figura II-18, muestra una comparación para el modelo de circulación global Miroc 3.2 para los diferentes escenarios seleccionados (A2, B1) comparado con la línea base identificada. A la izquierda se observan los caudales medios anuales a la salida del lago y a la derecha la serie mensual de niveles del lago.

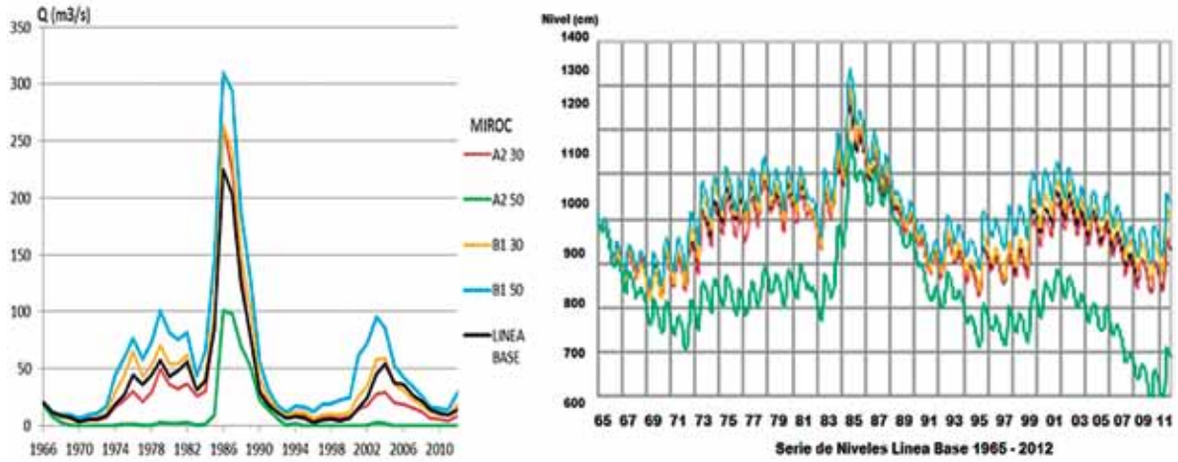


Figura II-18. Comparación del caudal medios anuales a la salida del lago (izquierda) y serie mensual de niveles del lago (derecha) simulados bajo el modelo MIROC 3.2 para los diferentes escenarios de cambio climático

Según las figuras, en el escenario B1–50 se observa una notable diferencia, que muestra que para un modesto incremento de precipitación y mayor evaporación, los caudales simulados son mucho mayores con respecto a la línea base al igual que los niveles. La segunda diferencia encontrada y que se destaca por su magnitud, es la reducción tanto de precipitación como de los caudales medios y por tanto de niveles para el escenario A2 – 50, que además muestra un incremento de evaporación con respecto a la línea base de estudio. Estos resultados descritos se apartan mucho de los resultados obtenidos para los otros tres escenarios, incluso del A2 2030 (Gutierrez y Molina, 2014).

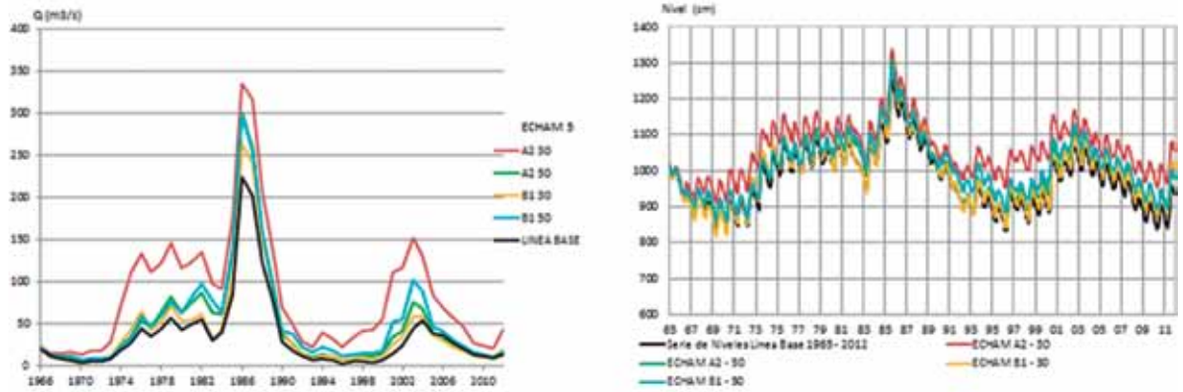
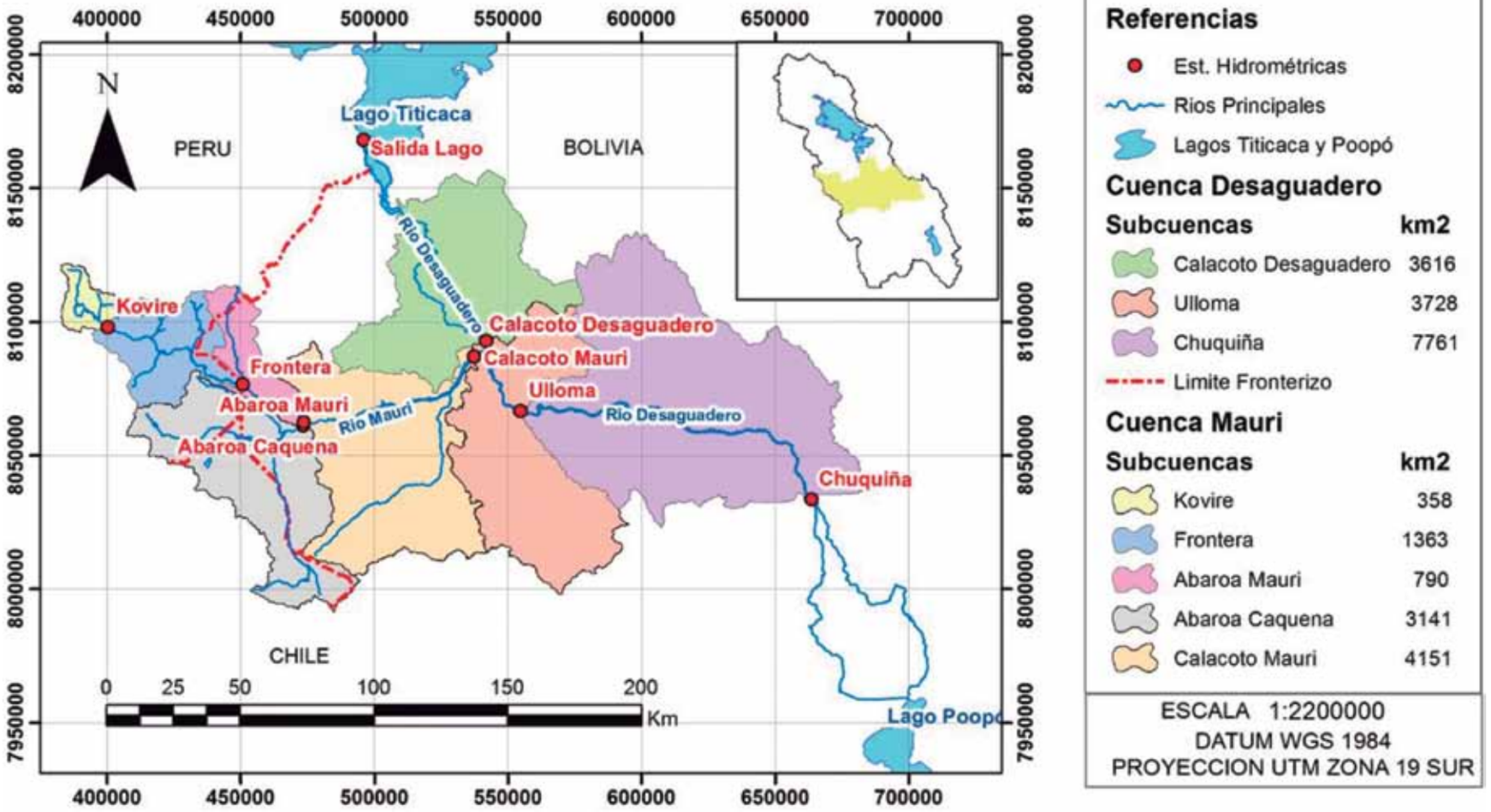


Figura II-19. Comparación del caudal medios anuales a la salida del lago (izquierda) y serie mensual de niveles del lago (derecha) simulados bajo el modelo ECHAM 5 para los diferentes escenarios de cambio climático)

Para el modelo de circulación global ECHAM5 se observa una diferencia mayor para el escenario A2–30, que para un modesto incremento de precipitación y una misma evaporación, la simulación sugiere un incremento marcado de los caudales y niveles. El moderado impacto sugerido por el escenario B1–50 es muy amigable e improbable que se presente en el futuro. Por este motivo se considera más realista el utilizar los impactos producidos por los escenarios A2 (medio – alto). De los escenarios planteados, se observa que los resultados sugeridos por la modelación con ECHAM5 para el escenario A2 – 50 posiblemente se presenten con los cambios mostrados, es decir a una mayor evaporación y precipitación se obtiene un incremento modesto en los caudales y por tanto de niveles (Gutierrez y Molina, 2014).

BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA MAURI-DESAGUADERO

La red hídrica principal está formada por los ríos Mauri y Desaguadero. El río Mauri que nace en el Perú alimenta en su recorrido a una serie de bofedales permanentes y no permanentes, además tiene usuarios de trasvase en territorio peruano. El río Desaguadero que lleva el caudal excedente del lago Titicaca y confluye con el rio Mauri en la región denominada Calacoto, sigue su recorrido hasta el lago Poopó, alimentando una serie de sistemas de riego ubicados en los departamentos de La Paz y Oruro. Se definió una división de cuencas mostrada en el Mapa II-21, que usa puntos que cuentan con estaciones hidrométricas.



Mapa II-21. División de las subcuencas Mauri – Desaguadero

OFERTA DE AGUA PARA LAS CUENCAS DEL SISTEMA TDPS

La oferta de agua se analizó a partir de las estaciones hidrométricas ubicadas en las cuencas Mauri y Bajo Desaguadero. Los datos utilizados corresponden a estudios recientes de hidrología (Carrasco y Molina, 2014; Uria y Molina, 2013).

Se observó una significativa reducción de los caudales registrados en los puntos de control de la cuenca Mauri-Desaguadero, durante el periodo más reciente 1991-08 con respecto a los periodos 1965-90 y 1920-90, usados en los estudios del Plan Director del Sistema TDPS.

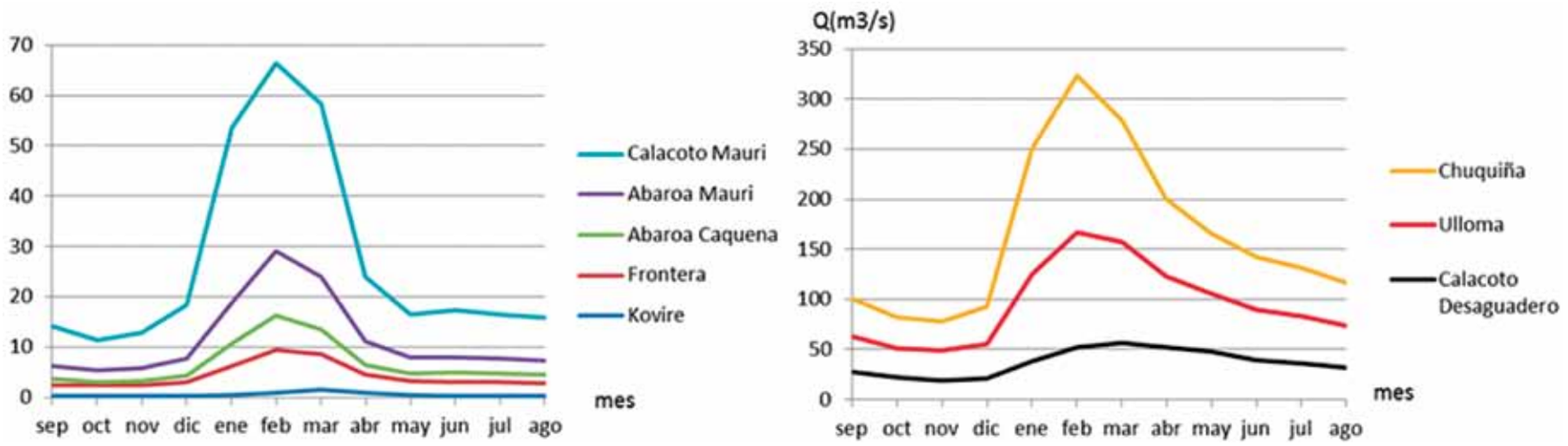


Figura II-20. Caudales medios mensuales Cuenca Mauri (izquierda) y Bajo Desaguadero (derecha). Periodo 1965 – 2012

La Figura II-21 resume la oferta de agua para las diferentes subcuencas del sistema TDPS, para el escenario de línea base y los escenarios de cambio climático. Para estimar esta oferta de agua se utilizó un modelo precipitación escurrimiento de paso mensual: CHAC-Simula (Carrasco y Molina, 2014)

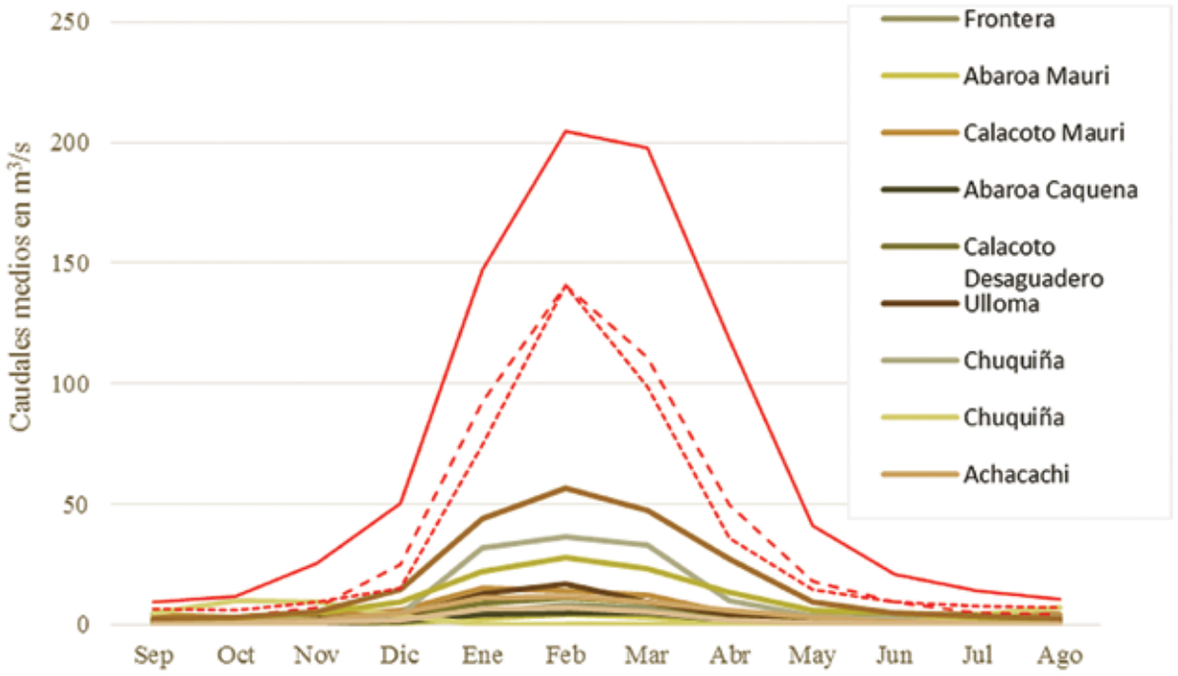


Figura II-21. Caudales medios de las Subcuencas del Sistema TDPS

RÍO MAURI

Los resultados muestran en la cuenca del río Mauri un periodo con caudales bajos o años secos entre los años 1991 a 1998 que incluye los años Niños 1992,1995 y 1998. A partir del año 1999 (Año Niña) se registra un aumento en los caudales hasta el año 2001, a continuación los años 2002 a 2005 presentan una disminución en los caudales y el año 2006 un incremento como el registrado en el año 2001 pero de menor magnitud. El periodo 2007 a 2011 muestra una disminución de caudales y el año 2012 un incremento aunque de menor magnitud que los años 2001 y 2006 (Figura II-22).

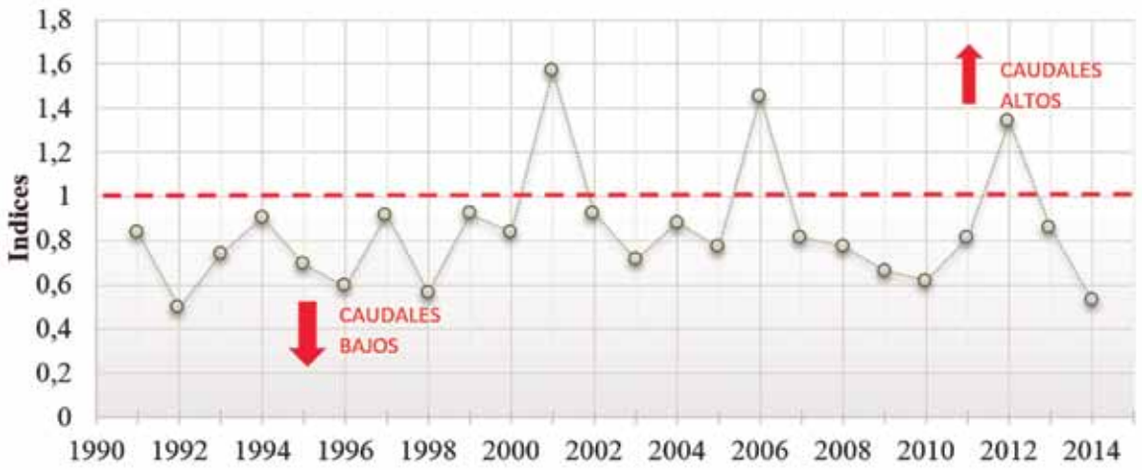


Figura II-22. Índices anuales Río Mauri. Periodo 1991 – 2014

RÍO CAQUENA

La variación anual en los caudales registrados sobre el río Caquena es muy pequeña sobresaliendo el año 1992 (Año Niño) como el más seco o con menor caudal y el año 2001 (Año Niña) como el más húmedo o con mayor caudal (Ver Figura II-23). Ambos años sobresalen también en los registros del río Mauri mencionado anteriormente.

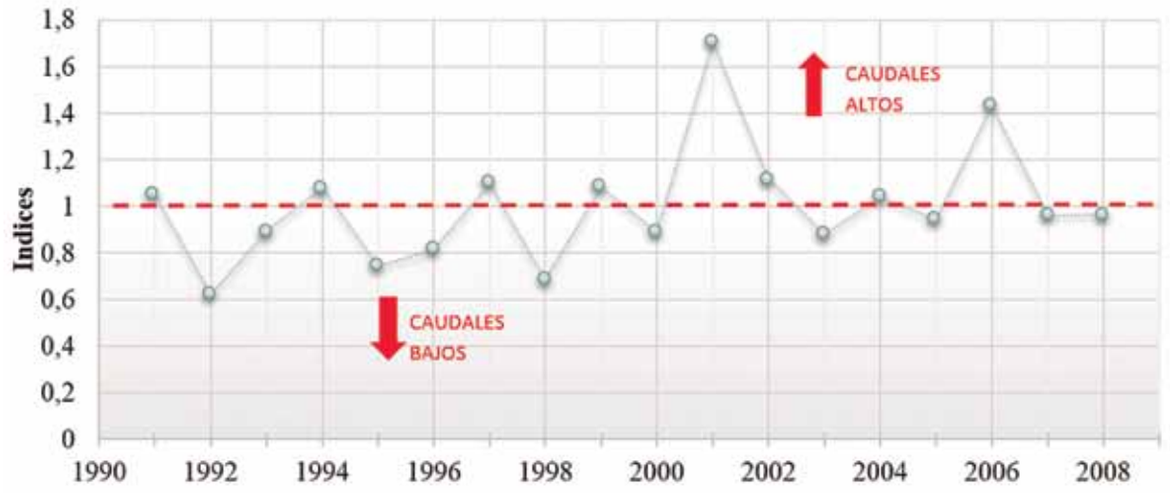


Figura II-23. Índices anuales Río Caquena. Periodo 1991 – 2008

RÍO DESAGUADERO

Se presenta entre los años 1991-2000 un periodo seco muy marcado, coincidente hasta el año 2000 con el periodo seco del río Mauri, que termina el año 2001 correspondiente a un año Niña. En general los años más húmedo son 2004 y 2006, el más seco es 1998 año Niño. A partir del año 2007 a 2014 se observa un periodo seco con un incremento significativo el año 2012 (Ver Figura II-24).

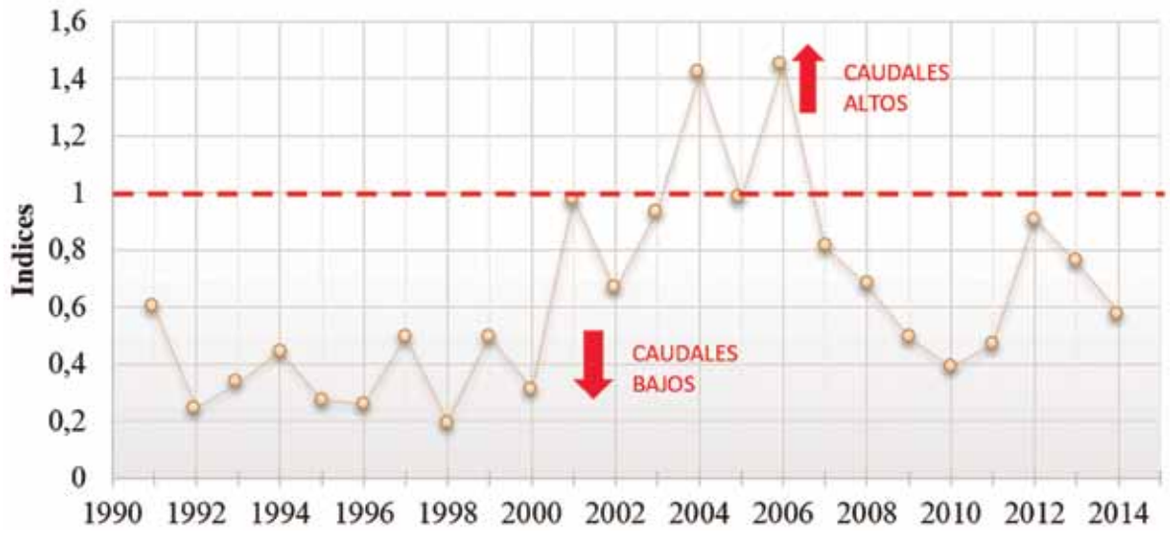


Figura II-24. Índices anuales Río Desaguadero Periodo 1991 – 2014

De los resultados de los ríos que conforman la Cuenca del río Mauri-Desaguadero (presentados anteriormente) se tiene que los valores extremos (valores más altos o bajos según el caso) del río Desaguadero se presentaron en 1998 (año Niño), y en 1986 el más húmedo. Se presentan dos periodos secos, el primero entre los años 1965-1973 coincidente hasta el año 1970 con el periodo seco del río Mauri. El segundo periodo seco durante los años 1990-2003 coincide hasta el año 2000 con el periodo seco del río Mauri (tal como se mencionó anteriormente). Se observa también un periodo húmedo coincidente entre ambos ríos durante los años 1984-1986. Y el año 1983 corresponde a un año Niño, que es el año más seco en el río Mauri (Ver Figura II-25).

Los valores extremos de la cuenca Desaguadero son muchos mayores (o menores según el caso) que los de la cuenca Mauri. Estas diferencias pueden ser explicadas, al menos en parte, por el hecho de que el río Desaguadero es la salida del lago Titicaca y que el caudal que aporta el lago está controlado por los niveles de agua de ese lago. En cambio, la cuenca del río Mauri responde a las lluvias o precipitación y cuenta con importantes acuíferos (Molina y Cruz, 2008), que contribuyen a regular estacional e interanualmente el escurrimiento.

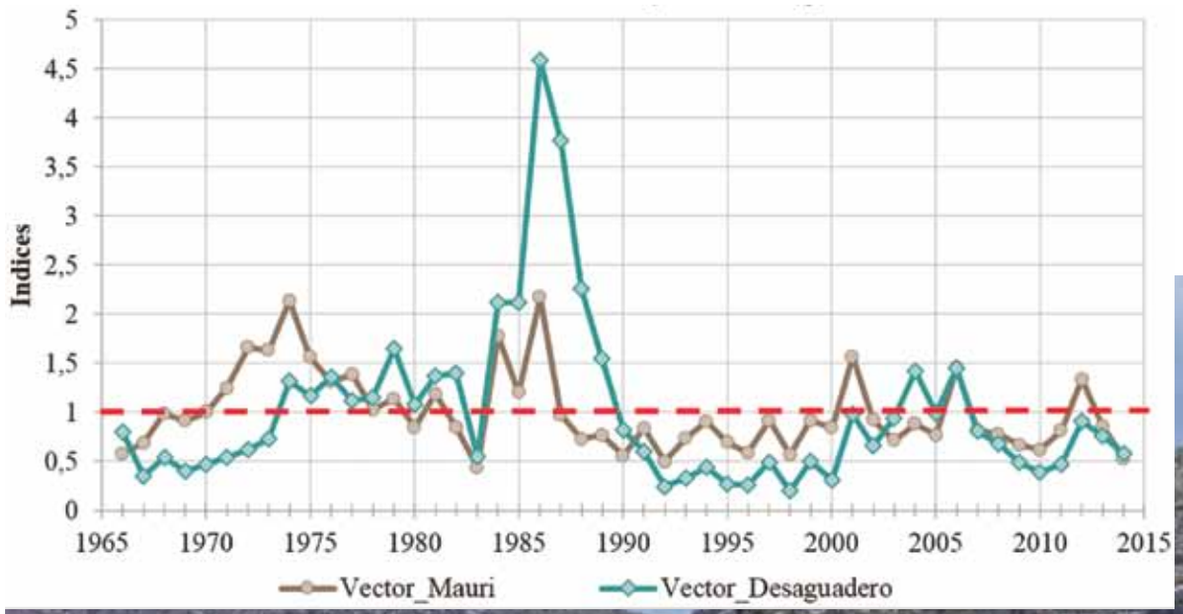


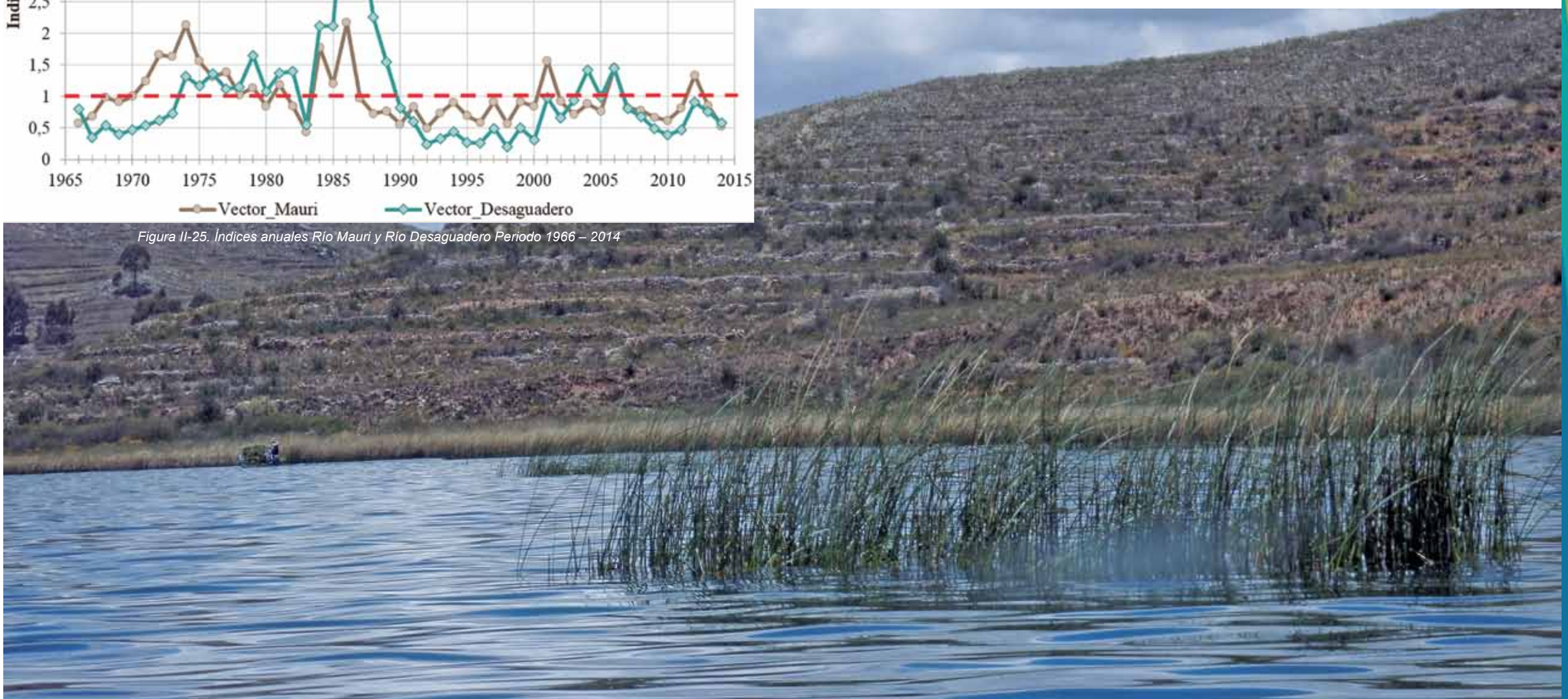
Figura II-25. Índices anuales Río Mauri y Río Desaguadero Periodo 1966 – 2014

EPISODIOS EXTREMOS EN EL LAGO TITICACA (Escoma, Huancané y Ramis)

Si bien se observa que algunos episodios extremos (como 1982-83 y 1985-86) se manifestaron de la misma forma en todo el sistema TDPS, existen otros años en que cada región se comportó en forma diferente. Esto se observa en años como 1972 que fue año húmedo en la cuenca Mauri y seco en las cuencas Desaguadero y lago Titicaca. El año 1977 fue un año húmedo en la cuenca Mauri y Desaguadero, pero año seco en la cuenca del lago Titicaca. Durante el periodo 1990-2012 los años 1994 y 1997 fueron años húmedos en la cuenca del lago Titicaca y años secos en las cuencas Mauri y Desaguadero. Por otra parte, el año 1990 que es el año más seco del vector de la cuenca del lago Titicaca, se presenta como año seco en el vector del río Mauri, y como año seco moderado en el vector del río Desaguadero.

El año 2003, en que se presentó un Niño moderado, destaca por las grandes diferencias en el comportamiento hidrológico de los tres grupos:

- En el departamento de La Paz más propiamente en el sector del Lago Titicaca las precipitaciones estuvieron por encima de sus normales en un 25%, en la parte suroeste del departamento de Oruro y noroeste del departamento de Potosí las precipitaciones fueron superiores al 40% de sus normales.
- En el sector de Charaña se registraron precipitaciones por debajo del 50% con respecto a sus normales, y en las provincias Omasuyos, Ingavi, Los Andes y parte de Aroma y Pacajes las precipitaciones registradas estuvieron por debajo de sus normales en un 15% a 40% o más; en el resto de la región no presentaron precipitaciones importantes. (Fuente: SENAMHI – Bolivia).



BALANCE HÍDRICO EN EL SISTEMA TDPS

El balance hídrico realizado para 54 estaciones dentro del sistema TDPS, muestran que toda la región Sur del sistema (grupos regionales A, B y C) presentan un déficit hídrico durante todo el año, con un déficit de alrededor de 1000 mm/año (Figura II-26 h, d, g). Todo lo contrario ocurre en la región norte del sistema (grupos regionales d, e, f, g y h) donde el déficit hídrico se reduce mientras más al norte se ubique la estación, permitiendo recuperar las reservas de agua en el suelo tras la parálisis estival, por lo general en los meses de Enero y Febrero (época de lluvias) (Yuque, 2012).

Región	Grupo regional	Déficit hidrico
Norte	D, E, F, G, H	<1000 mm/año
Sur	A, B y C	1000 mm/año

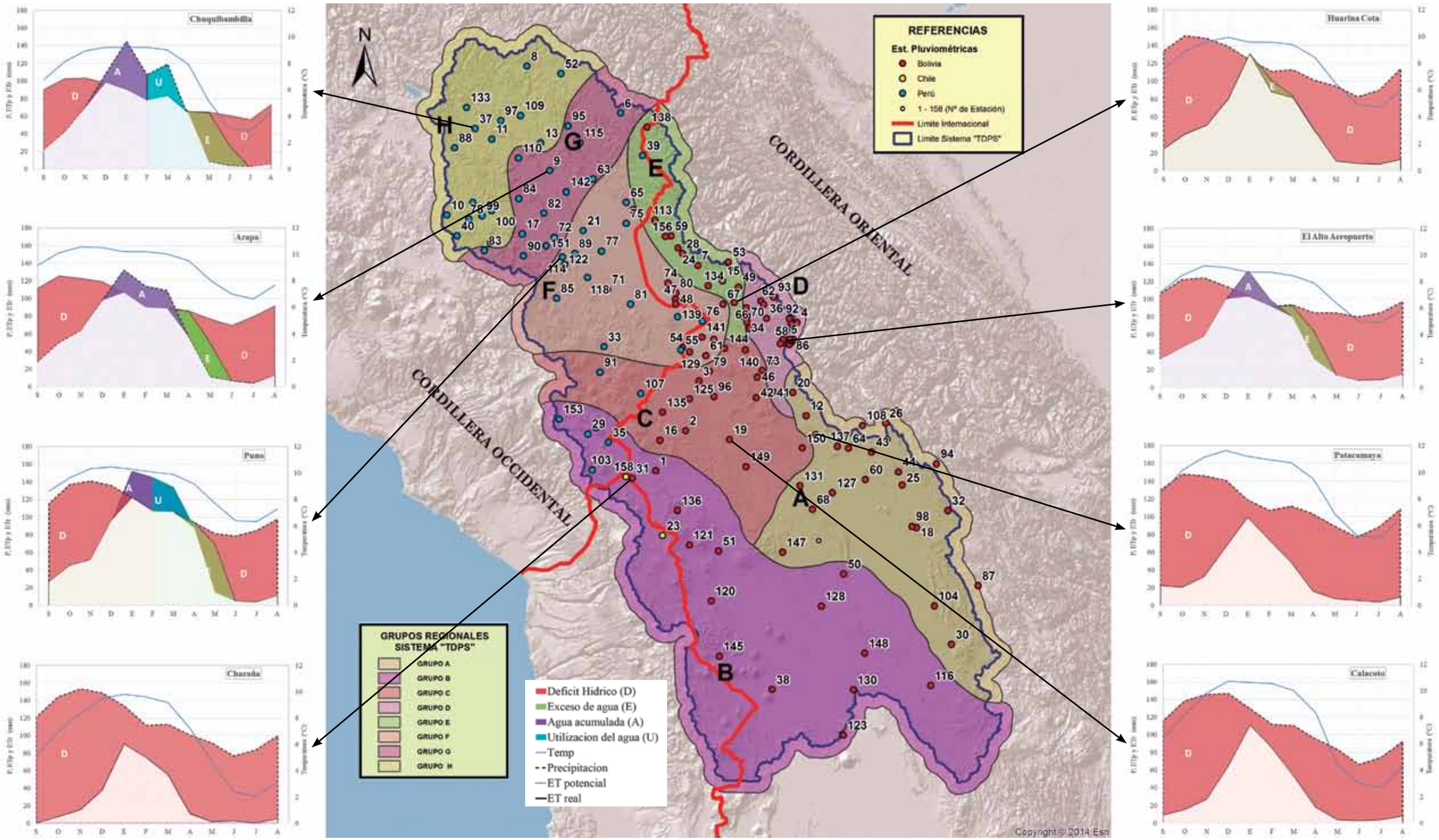


Figura II-26. Balance Hídrico en las 8 regiones pluviométricas homogéneas (Yuque, 2012)

1.2.2. Demanda de agua actual y futura

La demanda de agua para riego define las necesidades de agua para el ciclo vegetativo, cuyos resultados permiten cuantificar el volumen total requerido que necesitan los cultivos y Bofedales para obtener un rendimiento óptimo, asumiendo que no existen factores bióticos adversos (Ej: plagas y enfermedades).

DEMANDA ACTUAL

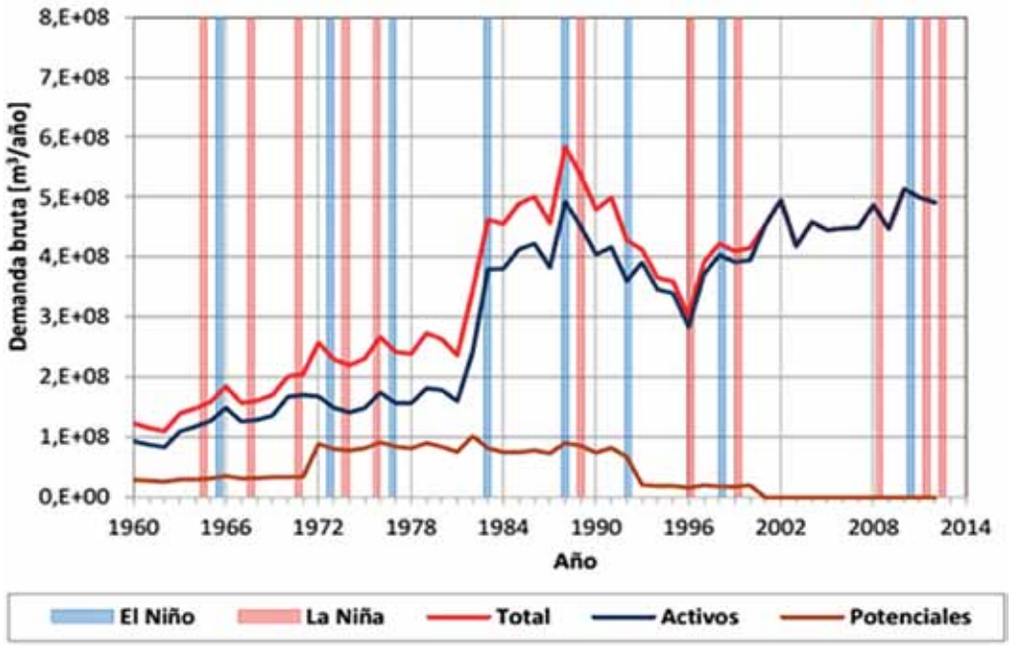
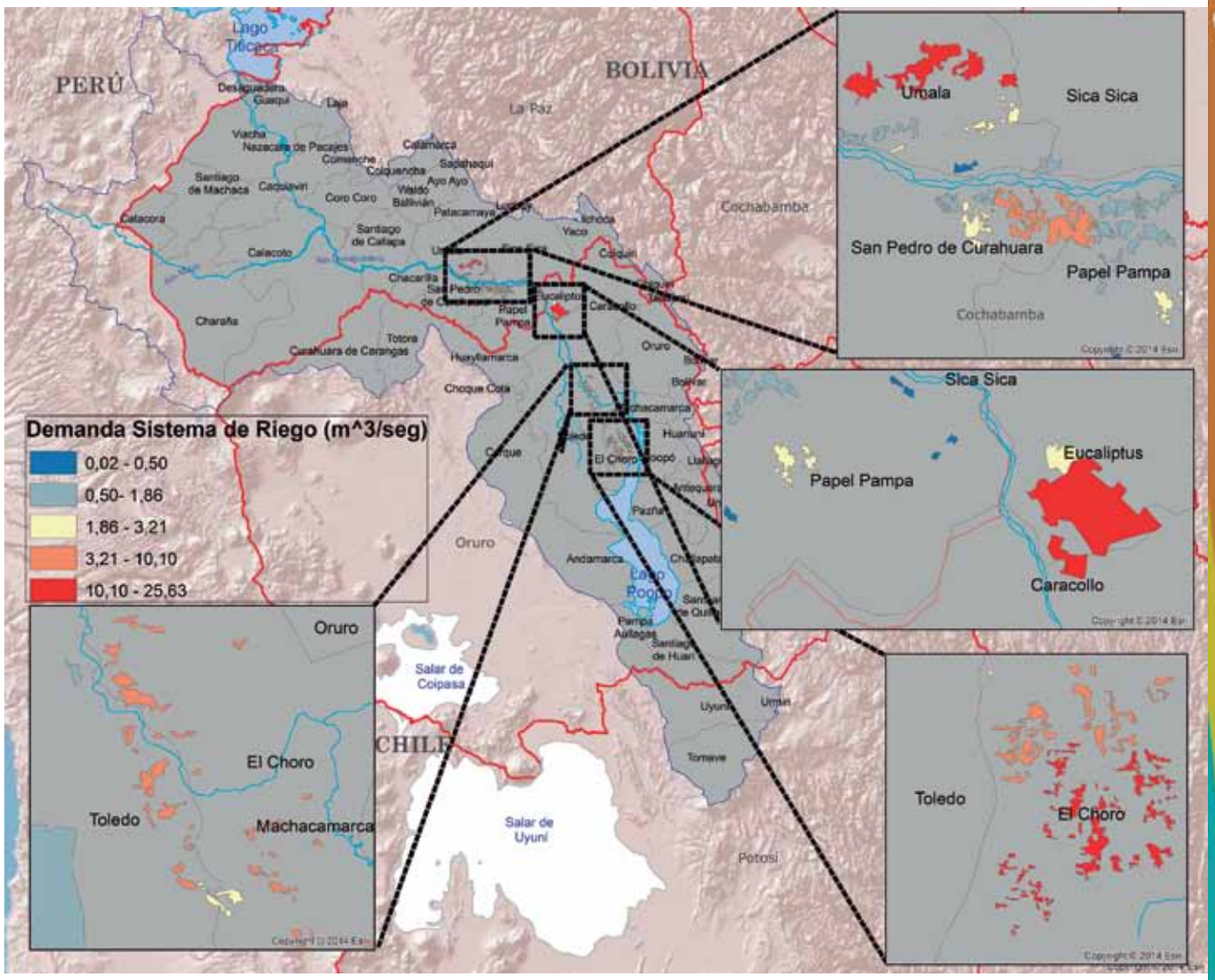


Figura II-27. Demanda total de sistemas de riego activos y potenciales (m^3/s por año) del río Desaguadero desde el año 1965 hasta el año 2013, y ocurrencia de eventos NIÑO y NIÑA en el mismo periodo.

Desde la década de los 80 hasta el 2013 se observa un incremento de la demanda de agua de los sistemas de riego de Oruro y La Paz, debido posiblemente a las sequias provocadas por efectos del fenómeno de El Niño, cambio climático y variabilidad climática (Figura II-27) cuya respuesta fue la ampliación de canales en los sistemas de riego.

Una de las causas de la crecida de la demanda en sistemas de riego del río Desaguadero podría ser las sequías recurrentes que se intensificaron por efecto del fenómeno del Niño (Maldonado y Calle. 1998), fenómeno que ocurrió en nueve oportunidades desde 1960 hasta el 2014. Otra de las posibles razones es el incremento de la ETo a partir de la década de los 90, debido al incremento de la temperatura, según García (2013) la ETo muestra una tendencia ascendente en todo el Altiplano con una tasa de incremento de entre 1 a 2 mm/año, debido al incremento de la temperatura máxima y las variaciones de la temperatura mínima, ya que la ETo expresa la demanda atmosférica de vapor de agua, el incremento en su valor determinará una mayor aridez, el comportamiento estable de la precipitación no compensa a la mayor demanda atmosférica de vapor de agua.

El requerimiento de riego de los bofedales permanentes de la cuenca del río Mauri Desaguadero es mayor en la época seca, sin embargo el de los bofedales permanentes incrementa en la época húmeda debido a que alcanza su máximo desarrollo.



Mapa II-22. Demanda de agua de los sistemas de riego

El requerimiento de riego de los bofedales permanentes de la cuenca del río Mauri Desaguadero es mayor en la época seca, sin embargo el de los bofedales permanentes incrementa en la época húmeda debido a que alcanza su máximo desarrollo.

Según la Figura II-28, la mayor demanda de agua para riego, en bofedales, se da en los meses de Octubre y Noviembre, esto se debe especialmente a que en esta época aún no se ha iniciado la época de lluvias y los cultivos están en el ciclo vegetativo con mayor requerimiento del agua.

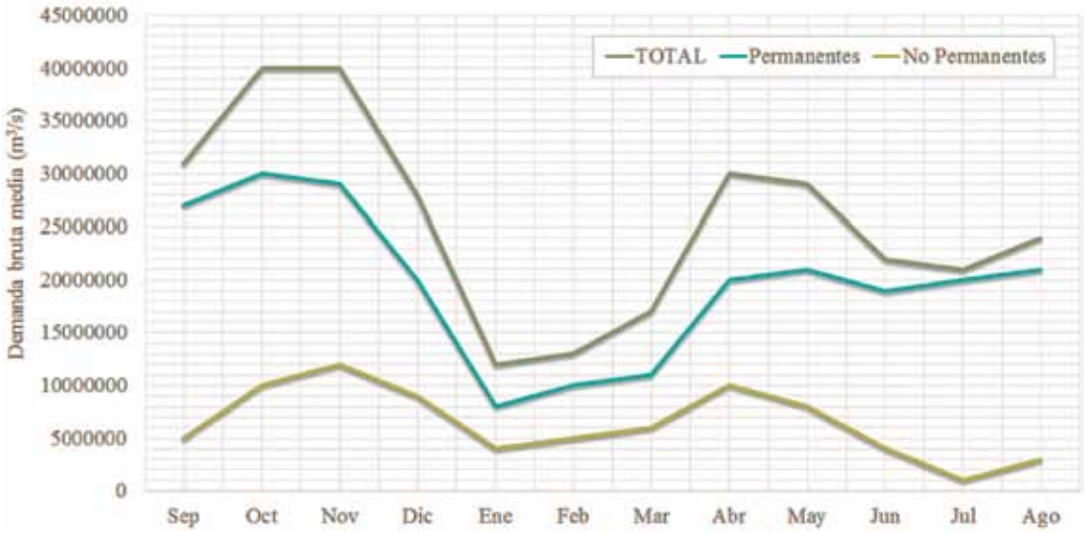


Figura II-28. Variación mensual de la demanda de agua para riego en bofedales (m³/mes), periodo de 1965 a 2014

DEMANDA FUTURA

La demanda máxima mensual se presenta en octubre y noviembre, coincidiendo con la máxima ETP y la época de riego. En 6 de 8 escenarios climáticos la demanda media anual se incrementa con respecto a la Línea Base. Este comportamiento está asociado a los cambios en la precipitación y evapotranspiración que prevén los modelos climaticos Globales MCG.

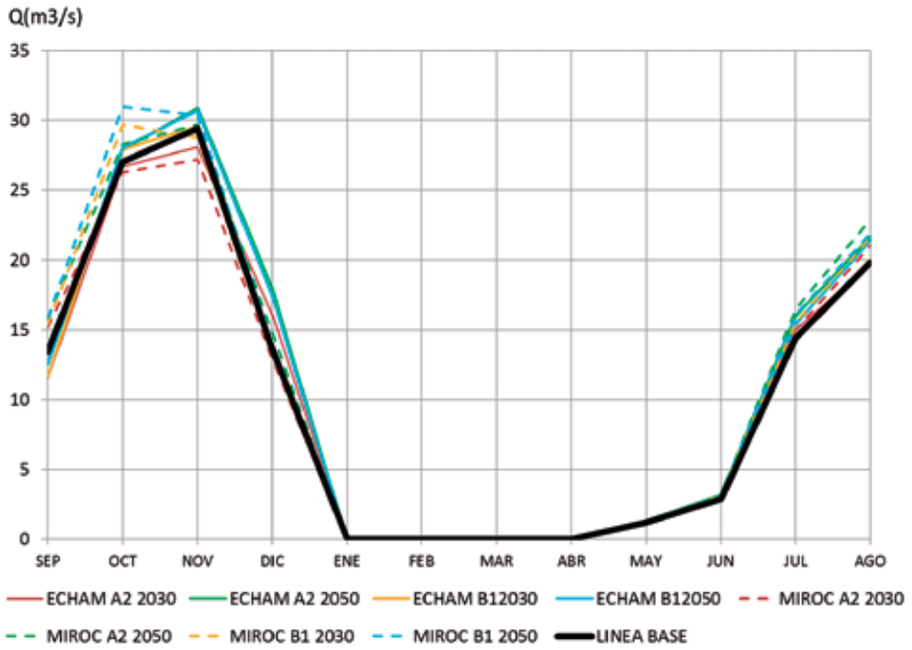


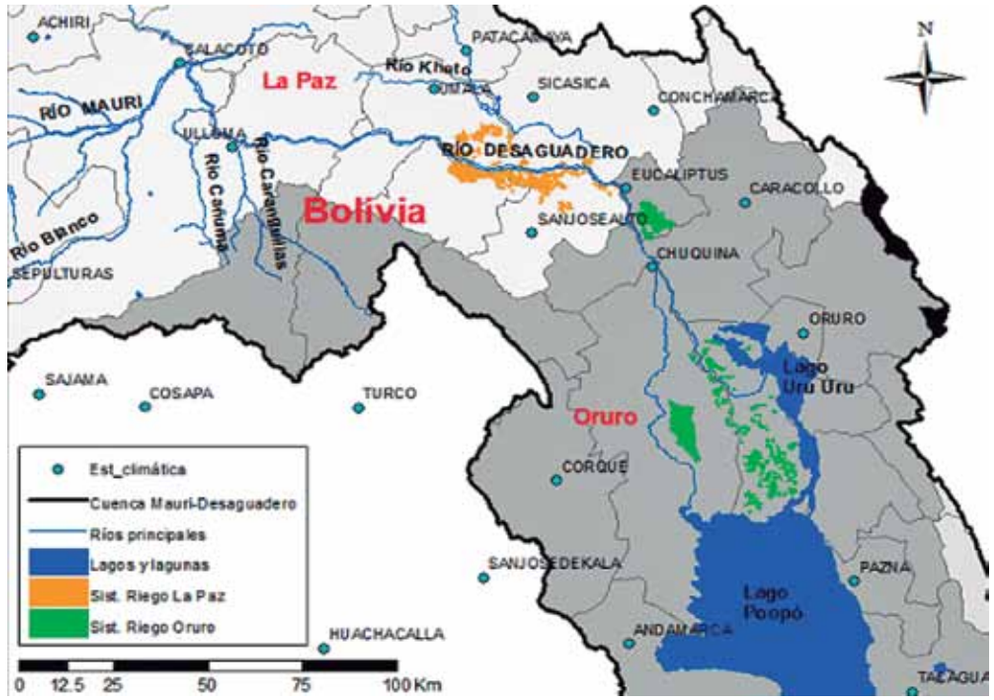
Figura II-29. Demanda media mensual de todos los sistemas de riego del río Desaguadero para la línea base y escenarios SR12 ECHAM 5 y MIROC3.2

1.2.3. Derechos locales del uso del agua

El Mapeo de Derechos es una metodología desarrollada para entender la gestión del agua que realizan los usuarios de una cuenca, las reglas de acceso a las fuentes, los derechos consuetudinarios y las características técnicas de los sistemas de acceso y distribución del agua, tanto de riego como de uso doméstico.

En la Mapa II-23 se observa los sistemas de riego que se han identificado a lo largo de la cuenca Mauri-Desaguadero.

Los derechos de agua para riego se dividen en derechos a nivel colectivo (relacionados con el acceso a la fuente) y derechos a nivel familiar (relacionados con el acceso a un determinado tiempo de riego al interior de los sistemas). Existen también en algunos casos niveles organizativos colectivos intermedios como canales, ramales o zonas de riego. En la Figura II-30 se esquematiza los tipos, sujetos y formas de expresión de los derechos de agua de forma general para los sistemas de riego del río Desaguadero.



Mapa II-23. Ubicación de los sistemas de riego en los departamentos de La Paz y Oruro en la cuenca del rio Mauri Desguadero (Villarroel y Perez, 2015a)

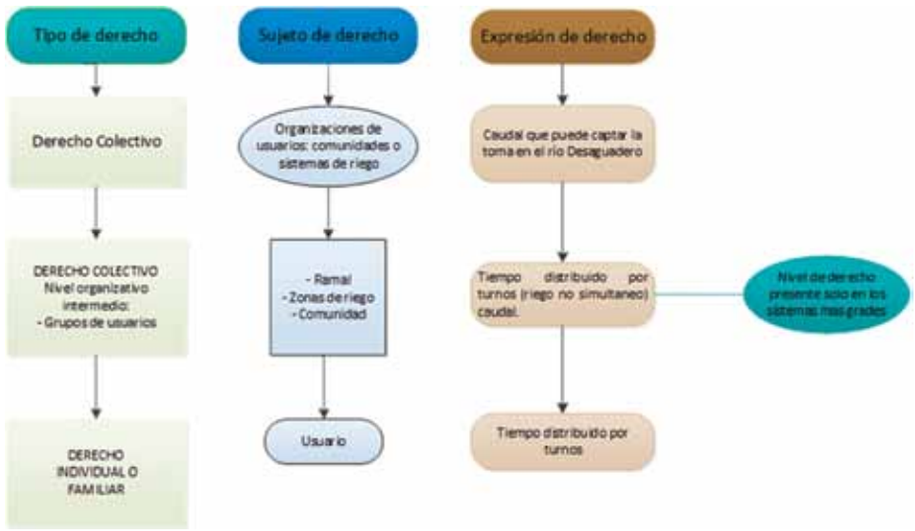


Figura II-30. Tipo, sujeto y expresión del derecho de agua de riego en el río Desaguadero

DERECHOS DE AGUA EN EL RÍO DESAGUADERO

En esta región existen derechos a nivel colectivo (relacionados con el acceso a la fuente, distribución de turnos de riego al interior del sistema) y derechos a nivel familiar (relacionados con el acceso a un determinado tiempo de riego asignado a una o dos familias). En aquellos sistemas que tienen gran cantidad de canales, ramales y zonas de riego, existen niveles organizativos colectivos intermedios.

Los derechos colectivos están referidos al acceso a la fuente (el río Desaguadero), esto implica que cualquier comunidad que se encuentre asentada a orillas del río puede tener acceso al uso de la fuente exclusivamente para riego, sin necesidad de requerir una autorización, mantener este derecho implica mantener la toma o reconstruirla según cada año cambie el curso del río. Aquellas comunidades que no limiten con las orillas del río tienen derecho al uso de agua para ganadería, pero para poder conducirla a través de canales a su comunidad deben realizar obras que vayan en beneficio colectivo para las comunidades asentadas en las orillas del río.

Mientras que la oferta de agua sea mayor que la demanda siempre se podrá abastecer las demandas de todos los sistemas, en la actualidad existen comunidades que han quedado sin acceso al agua por disminución del caudal de los ríos Mauri y Desaguadero, provocando que algunas tomas queden colgadas ya sea en época de estiaje o de manera continua, causa por la cual los usuarios del río Desaguadero expresan su preocupación por que el caudal disponible en el río ya no abastece sus necesidades.

USOS Y COSTUMBRES PARA EL USO DE AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MAURI

Las aguas en la cuenca del río Mauri son ampliamente usadas en territorio boliviano para consumo del ganado y el mantenimiento de los ecosistemas andinos (bofedales). Existen pocas bocatomas para riego de bofedales sobre el río principal, debido a la topografía.

RÍOS CAÑO, UCHUSUMA Y PUTANI

El río Caño o Khulla Uta tiene su origen en manantiales situados en Perú, al ingresar en Bolivia y desde hace muchos años las aguas de estos ríos han sido utilizadas para regar bofedales, mediante tomas rusticas y canales de tierra, actualmente en la zona existen varios manantiales ("ojos de agua") y vertientes que mantienen bofedales y se usan para consumo humano y animal. La ganadería es la principal actividad y medio de subsistencia, tanto en la cuenca del río Caño como en la del río Uchusuma, el desvío de aguas del último dejo sin agua a las comunidades de Taypicollo, Jiscojo, Llapallani, Vintilla, Challavilque y Umapalca; lo que obligó a los pobladores a trasladar su ganado a bofedales que se encuentren en otras cuencas.

El río Putani actualmente representa una fuente principal para las comunidades aledañas al sector de Charaña, a lo cual los pobladores de este sector indican que el caudal de la toma construida en el tramo chileno 3-5 Km de la frontera ha disminuido de manera drástica.

RÍO CAQUENA

Las aguas del río Caquena son aprovechadas por los Ayllus Sique y Copacati, mediante bocatomas para riego de bofedales, existe la percepción local de que existe una reducción en el caudal de mencionado río generando mayor presión sobre el recurso y conflictos entre usuarios, el impacto directo que conlleva esta disminución en el caudal es la reducción del área de los bofedales y como consecuencia la disminución de la disponibilidad del forraje que compromete directamente una gran cantidad de camélidos asentados en la región, siendo tema central considerando la dependencia socioeconómica de los pobladores hacia ese recurso.

ORGANIZACIÓN SOCIAL EN LA ZONA DE DESAGUADERO ALTO Y DESAGUADERO BAJO

Las diferencias ecosistémicas y geomorfológicas de las dos zonas resultan en diferencias organizativas y técnicas de los sistemas de riego de la cuenca. En la zona del Desaguadero Alto, el río se encuentra más encajonado. Las pampas no son tan extensas como en el sur y por tanto las superficies cultivadas bajo riego son mucho menores que las de la Zona Desaguadero Bajo. Así mismo, la topografía del terreno determina que las tomas para riego sean más numerosas y las superficies regadas por toma menores que las de la zona del Desaguadero Bajo, donde cada toma riega extensas superficies de pampas. Esto influye en la gestión y regulación de los derechos de acceso.

Las diferencias se reflejan también a nivel organizativo. La organización en el departamento de La Paz representaría la organización de la zona del Desaguadero Bajo (Figura II-31) y la de Oruro del Desaguadero Alto (Figura II-32). Se observa claramente una mayor aglutinación organizativa en el departamento de Oruro, mientras en La Paz se tienen un mayor número de sistemas de riego organizados independientemente. Así mismo, se observa que las comunidades tienen tres tipos de organización: sindical, originaria y organizaciones de riego. Los tres tipos de organización presentan un entrecruzamiento, sobre posición o articulación que matizan las características organizativas en toda una región o en alguna comunidad en particular. En el departamento de Oruro, la organización de regantes está directamente afiliada a la Federación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Oruro sin ninguna intermediación, lo que refleja el peso organizativo de los regantes.

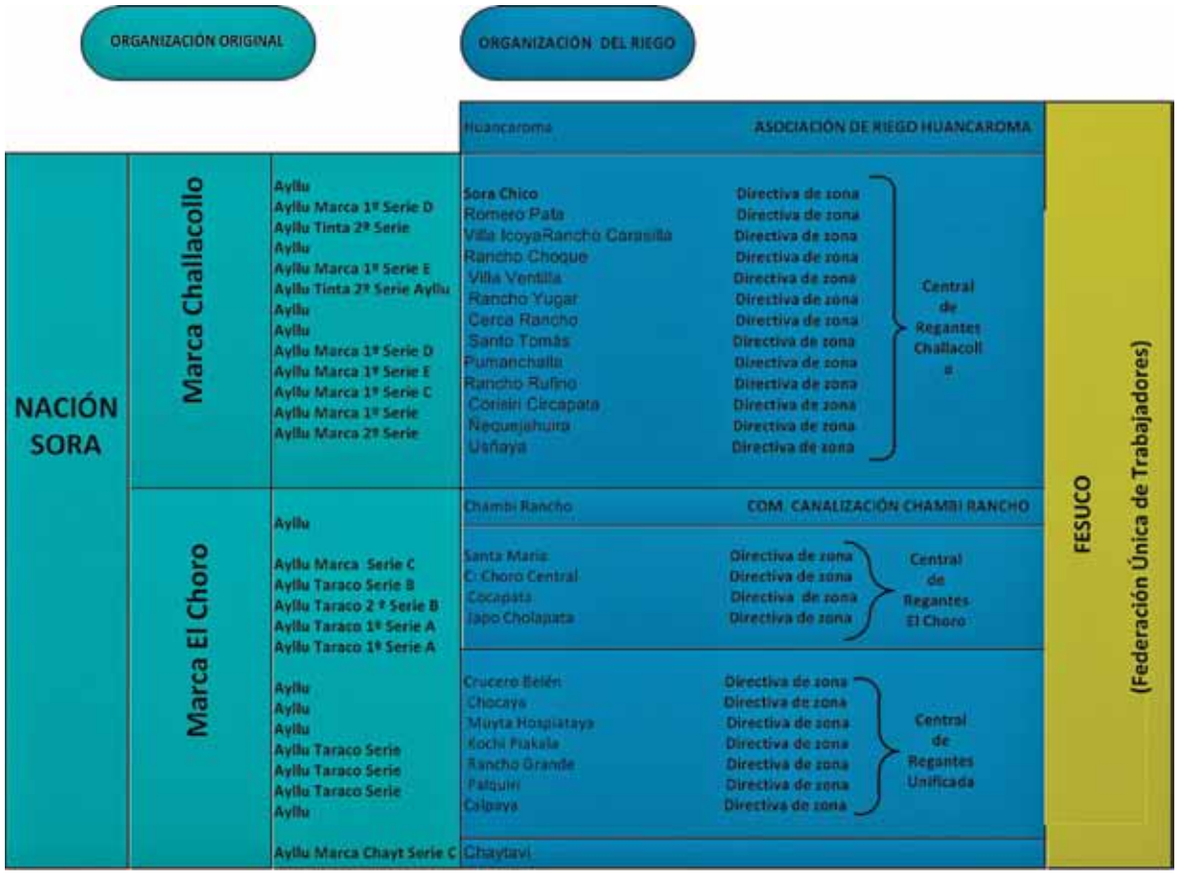


Figura II-31. Esquema organizativo de la Zona Desaguadero Bajo (Departamento de Oruro)

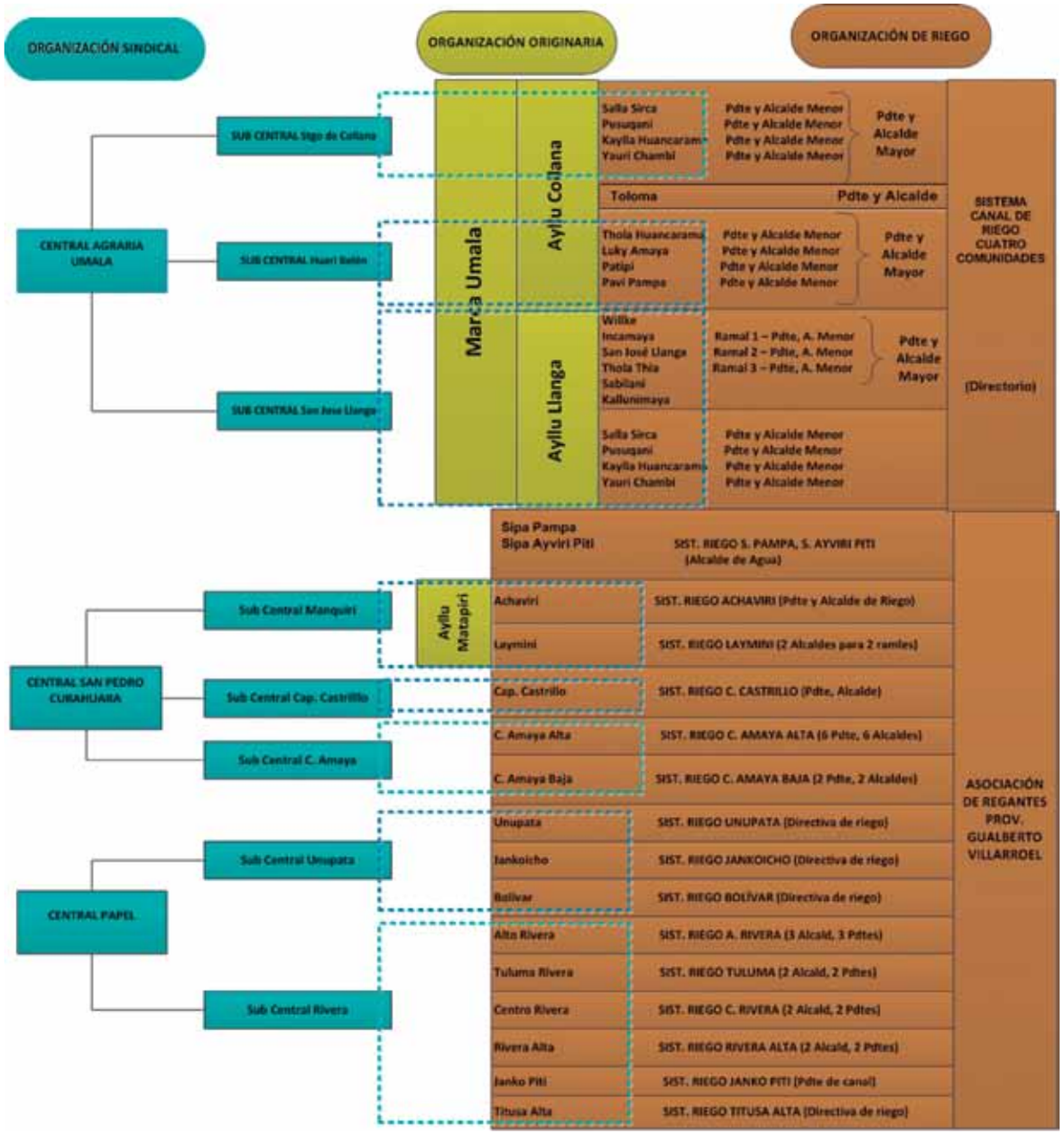


Figura II-32. Esquema organizativo de la Zona Desaguadero Alto (Departamento de La Paz)

Los mapeos del 2006, 2010 y 2013, permitieron identificar cambios en algunas variables de los sistemas en este lapso de tiempo. Por ejemplo, la superficie total cultivada bajo riego se incrementó desde 7.263 ha el 2006 a 17.954 ha el 2013. Este incremento se debió al incremento de la superficie cultivada por familia y a nuevos sistemas de riego. En mucho menor grado influyó el aumento del número de usuarios que no fue significativo.

El análisis de los derechos del uso del agua se ha realizado para los años 2006, 2010 y 2013. Primero se pudo identificar que la superficie de riego ha ido incrementando desde el 2006 al 2013 (Figura II-33).

Así mismo, en el Desaguadero Bajo, los conflictos entre usuarios que derivaron en divisiones y uniones nuevas no afectaron los derechos de acceso de ningún sistema, lo que muestra otro tipo de flexibilidad de la gestión del agua, capaz de atravesar conflictos sin alterar el objetivo principal que es el de acceder al agua de riego.

Los patrones de cultivo (relación porcentual) no cambiaron significativamente, manteniendo las características ganaderas de la zona pero se implementaron nuevos sistemas en la región de Desaguadero Alto. En el Desaguadero bajo solo hubo una ampliación en Cruz Choro Central.

Esto muestra la mayor estabilidad de los sistemas en esta última zona y se debe también a las características descritas: en el Desaguadero Alto los sistemas son muy grandes con una extensa red de canales y pocas tomas del río, en contraste con el Desaguadero bajo donde los sistemas son pequeños y por tanto la implementación de uno nuevo no requiere tanta inversión ni mano de obra. En esta zona los usuarios están acostumbrados a que algunas tomas queden fuera de funcionamiento y están listos para habilitar nuevas tomas. Por esta misma razón, los 6 sistemas en desuso registrados se encuentran en el Desaguadero Alto.

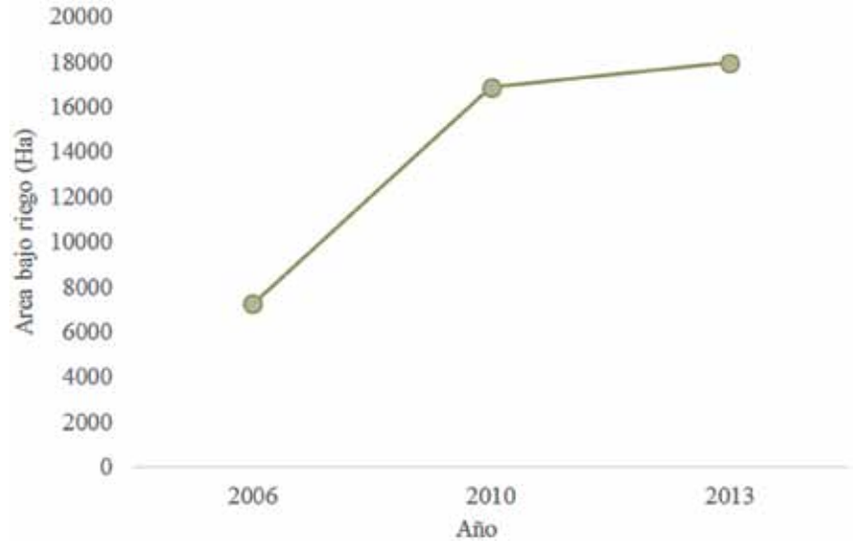
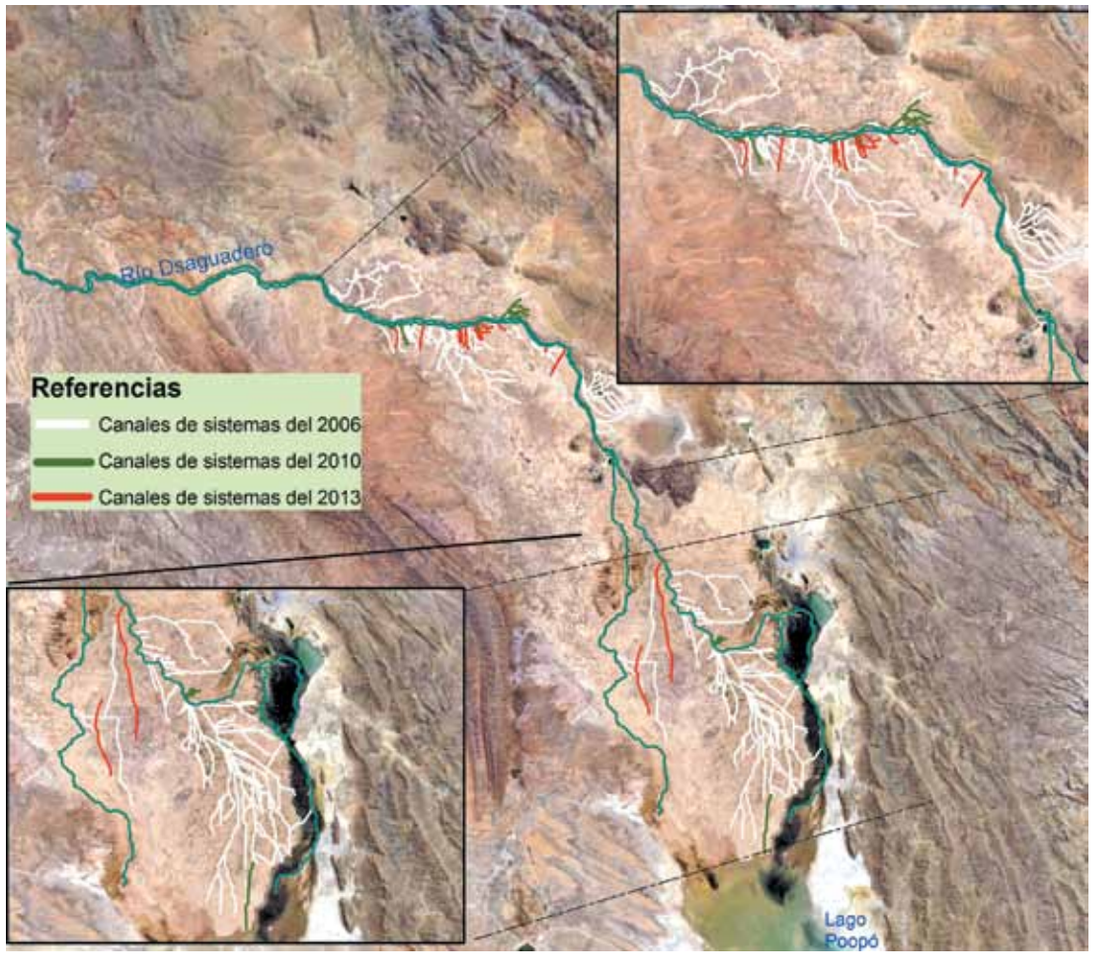


Figura II-33. Superficie anual bajo riego el año 2006, 2010 y 2013



Mapa II-24. Sistemas de riego para el año 2006, 2010 y 2013 en la cuenca Mauri Desaguadero (Villarroel y Perez, 2015a)

1.2.4. Modelo matemático de gestión de la Cuencas Mauri-Desaguadero

Para realizar la gestión de recursos hídricos en un entorno más amigable y además geográficamente referenciado, se implementó el modelo matemático de gestión Mike Basin. El modelo muestra esquemáticamente las subcuencas, los ríos y los diversos tipos de usuarios en la cuenca como bofedales, sistemas de riego, extracciones de trasvase (Figura II-35). La Figura II-34 muestra una representación simplificada de cómo trabaja un modelo matemático de gestión.

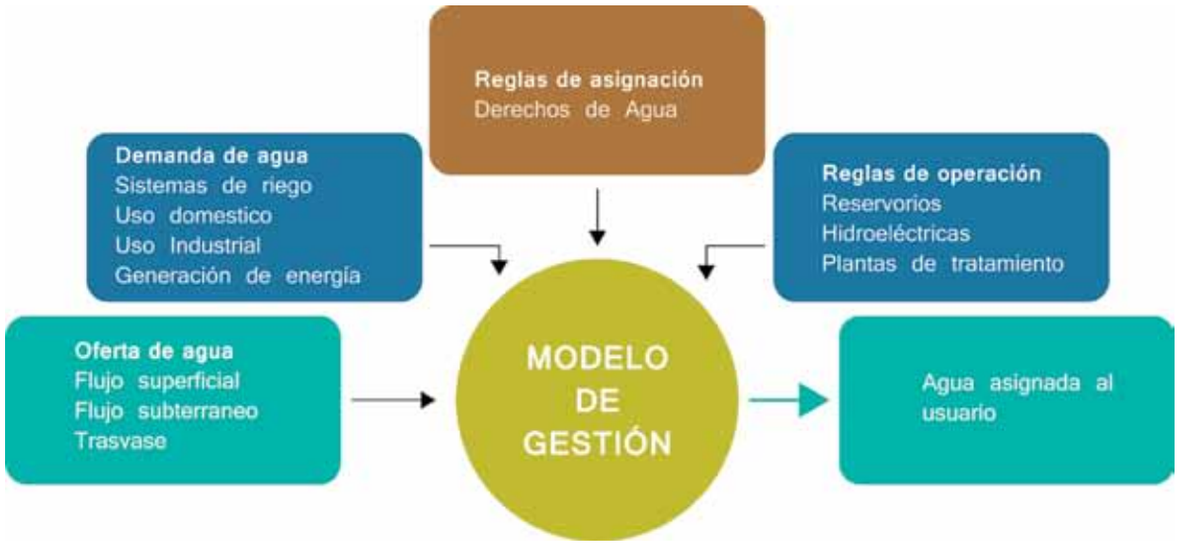


Figura II-34. Entradas y salidas de un modelo matemático de gestión del agua

ESQUEMA HÍDRICO

Se creó la red hídrica básica que consiste en una serie de ríos tributarios de las diversas subcuencas conectados por nodos. También se tienen representados los diversos usuarios de extracción en la cuenca, es decir bofedales, sistemas de riego y extracciones de trasvase, que están conectados a la red hídrica por medio de canales.

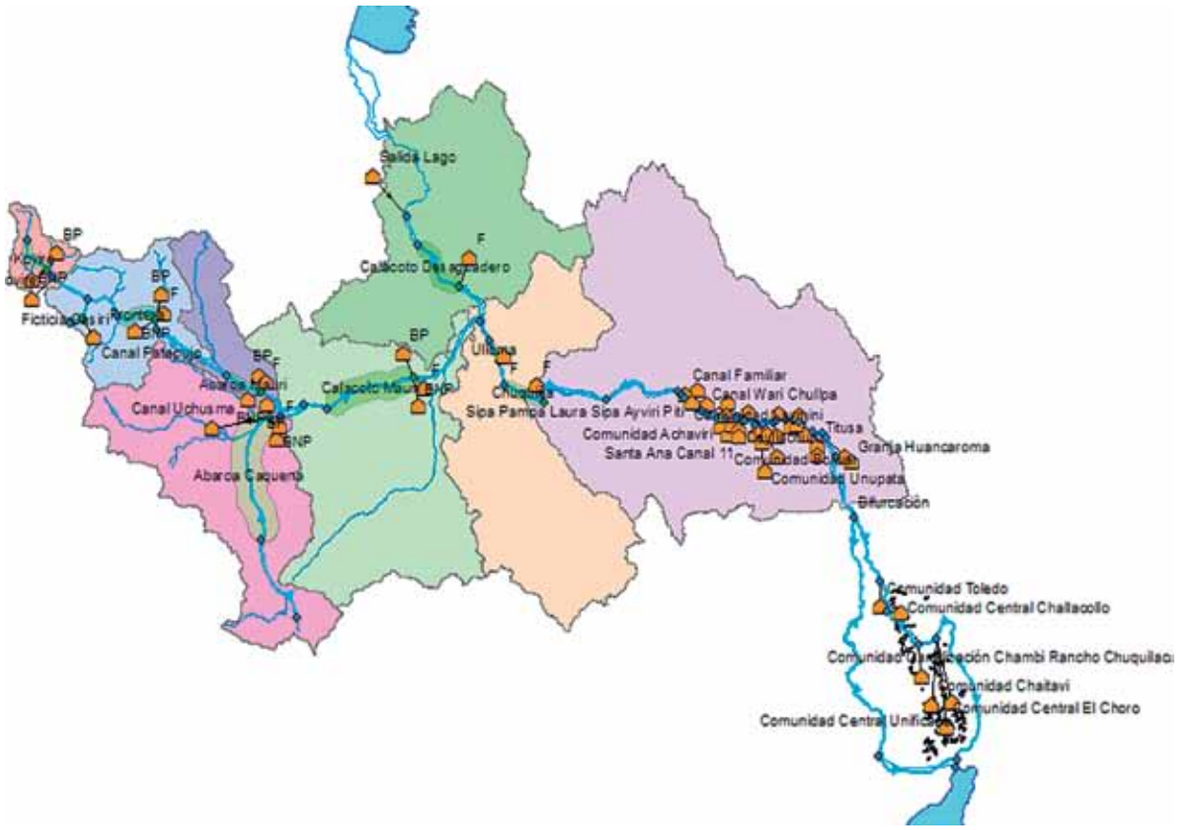
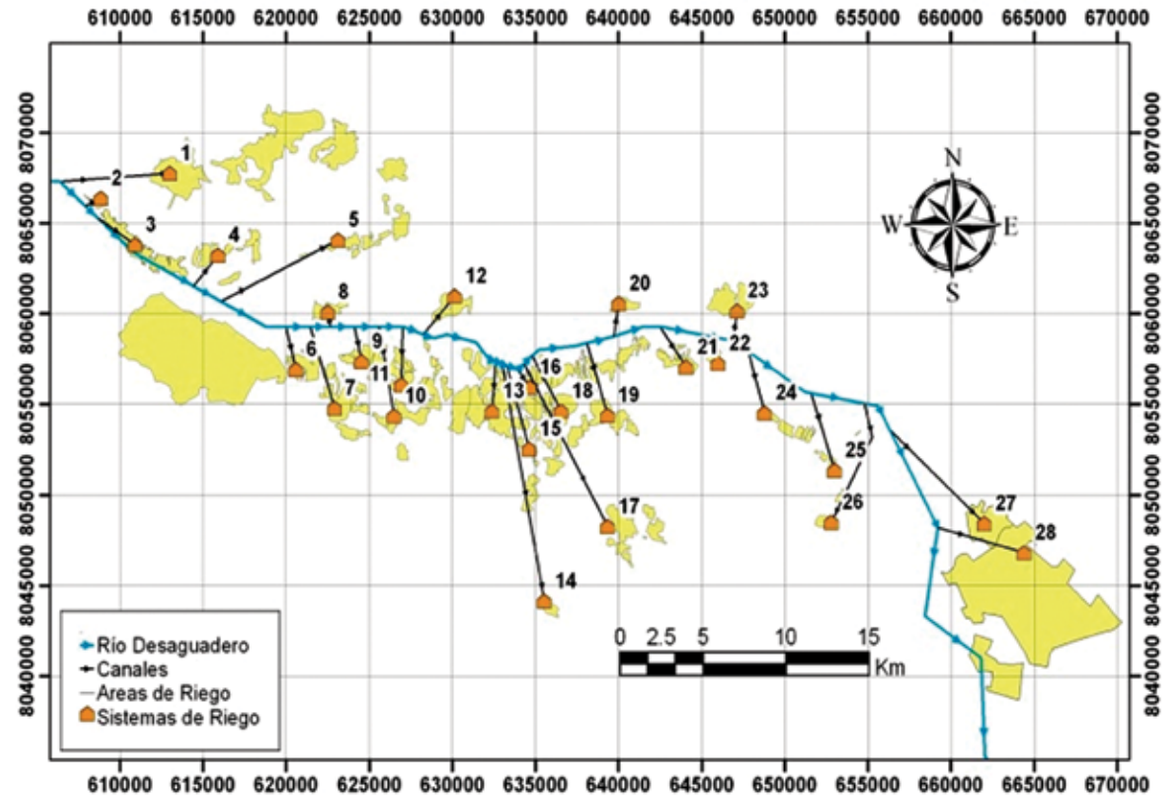


Figura II-35. Esquema del modelo matemático Mauri – Desaguadero

USUARIOS Y REGLAS DE ASIGNACIÓN EN EL MODELO PARA EL ESCENARIO HISTÓRICO

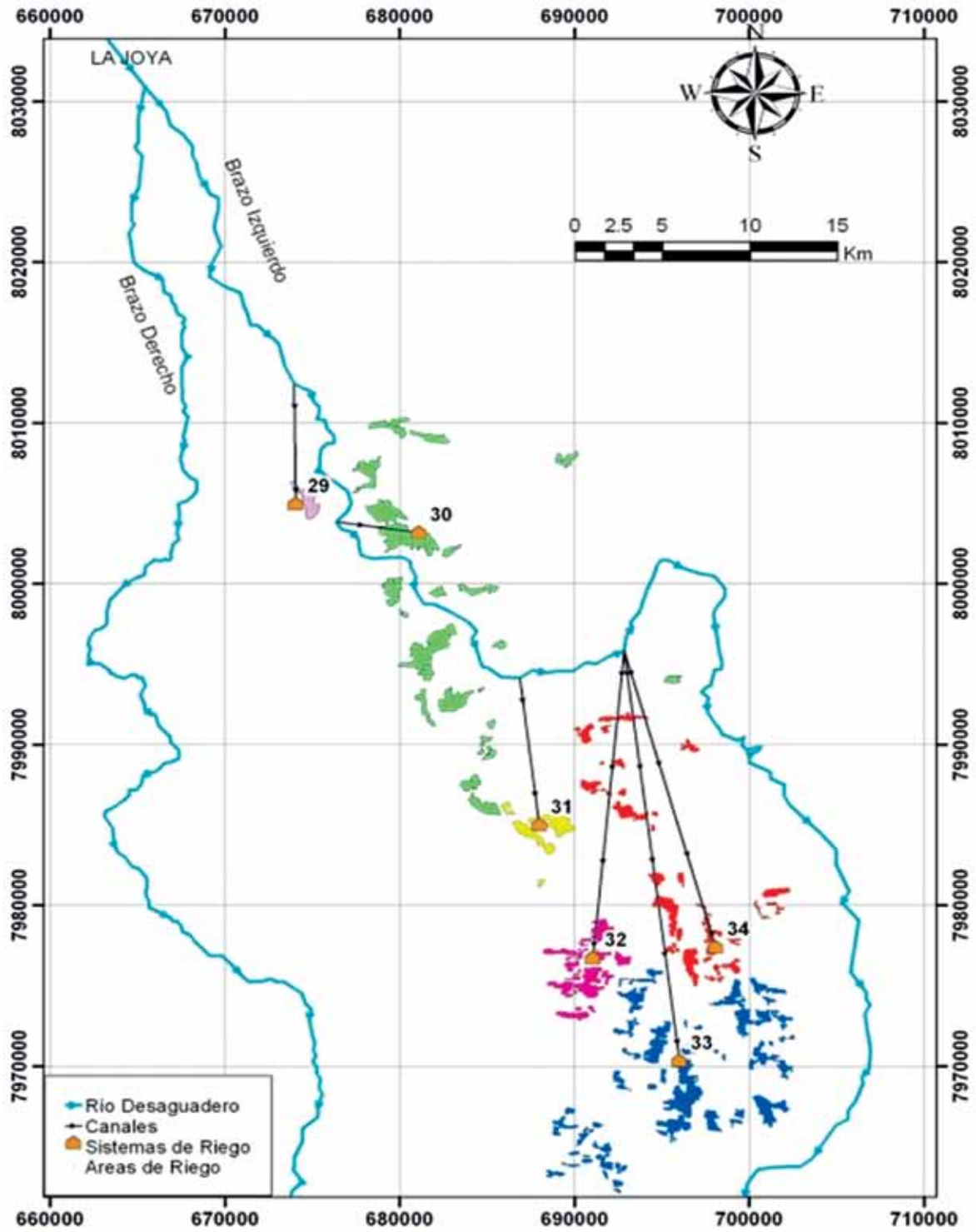
Se tienen tres tipos de usuarios en la cuenca de estudio: bofedales, extracciones de trasvase y sistemas de riego. Los valores de caudales de demanda tanto de los bofedales permanentes y no permanentes.

La Figura II-36 muestra los sistemas de riego antes de la bifurcación y la Figura II-37 después de la bifurcación. Se observan las áreas de riego del mapeo de derechos (Villarroel, 2010) y los sistemas de riego esquematizados como nodos conectados al río por canales.



1 Asociacion 4 comunidades Santiago de Collana
2 Canal Familiar
3 Sipa Pampa Laura Sipa Ayviri Piti
4 Canal Wari Chullpa
5 Asociacion Jaque Pequeña
6 Comunidad Achaviri
7 Comunidad Laymini
8 Comunidad Canal Chachi
9 Comunidad Cap. Castrillo
10 Santa Ana Canal 11
11 Comunidad Colque Amaya Alta
12 Comunidad Luky Amaya
13 Comunidad Colque Amaya Baja
14 Comunidad Unupata
15 Comunidad Bolivar
16 Comunidad Alto Rivera
17 Comunidad Janko Huicho
18 Comunidad Toloma Rivera
19 Comunidad Centro Rivera
20 Comunidad Milla Milla
21 Comunidad Rivera Alta
22 Comunidad San Miguel
23 Comunidad Flor de Alfa Alfita
24 Comunidad Janko Phitty
25 Comunidad Titusa
26 Comunidad Cayllachuro
27 Comunidad Huancaroma
28 Granja Huancaroma

Figura II-36. Esquema de los sistemas de riego aguas arriba de la bifurcación del río Desaguadero



29. Comunidad Toledo
30 Comunidad Challacollo
31 Comunidad Rancho Chambi Chuquilaca
32 Comunidad Chaitavi
33 Comunidad Central El Choro
34 Comunidad Unificada

Figura II-37. Esquema de los sistemas de riego aguas arriba después de la bifurcación del río Desaguadero

La Figura II-38 muestra la extracción de los sistemas de riego en el periodo 1966-2012. Se observa que el déficit es notable en los sistemas después de la bifurcación de la Joya sobre el brazo izquierdo del río Desaguadero, es decir en la cola del sistema.

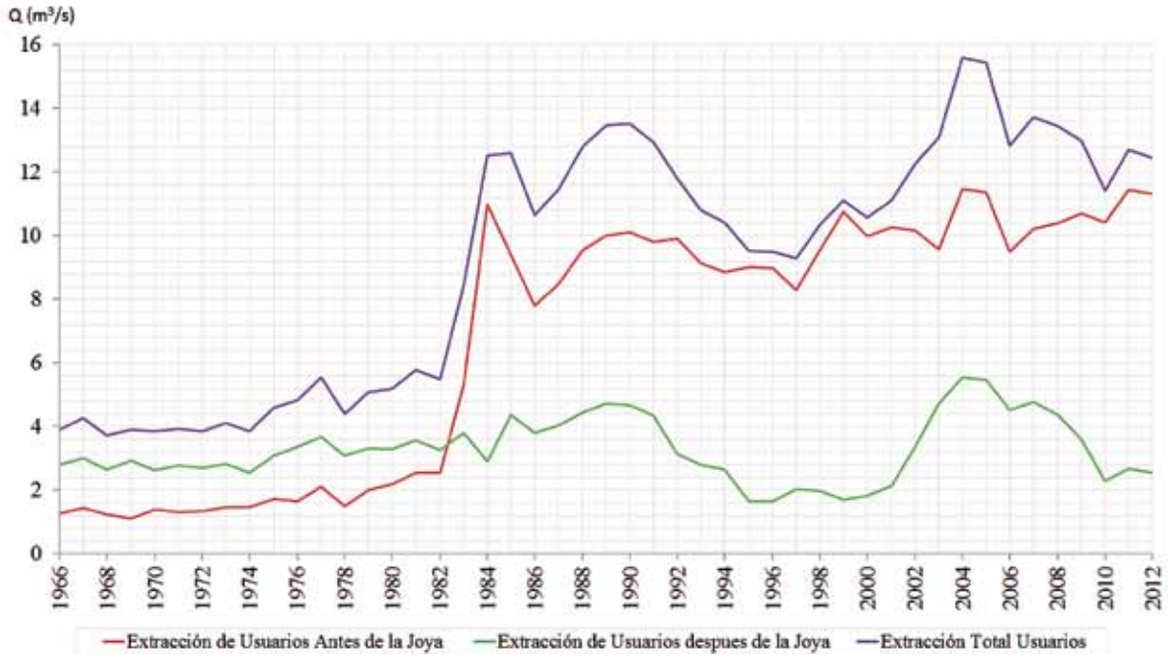


Figura II-38. Extracción media anual de los sistemas de riego – Esc. Histórico

La Figura II-39 muestra el caudal remanente en el río Desaguadero tanto en el brazo izquierdo como derecho y el total que sirve de aporte al lago Poopó para el período histórico. Los mayores aportes que recibe el lago, es en los meses de enero a marzo, alcanzando el máximo en febrero (meses de época húmeda). Por otro lado los meses con aportes menores son octubre y noviembre, que son los meses en que los sistemas de riego presentan mayor déficit.

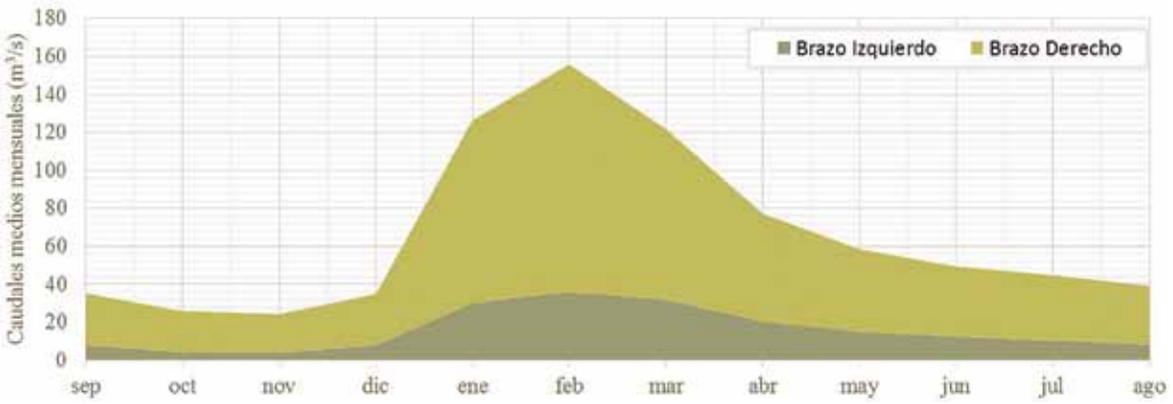


Figura II-39. Caudales medios mensuales de aporte del río Desaguadero al Lago Poopó (resultados del modelo Mike Basin)

Escenarios Futuros

Como ya se mencionó, los cambios en el caudal son consecuencia principalmente de los incrementos o decrementos de la precipitación que prevé el modelo para cada escenario. Desde el punto de vista hidrológico, los cambios de caudal están asociados a que ambos escenarios descritos anteriormente (B1 y A2) prevén un aumento de la concentración de gases de efecto invernadero y de la temperatura, por lo que para una misma región o lugar, cabría esperar cambios del mismo sentido en la precipitación, lo que no ocurre para este modelo (Gutierrez y Molina, 2015).

Para el modelo MIROC 3.2, existe un comportamiento que vale la pena resaltar en la mayoría de las cuencas y escenarios donde se observa que en el mes de noviembre existe un incremento significativo de los valores de caudal, consistente con los valores de precipitación. La explicación más probable es el aumento de la precipitación previsto por los modelos climáticos para ese mes, que como se explicó anteriormente se ve amplificado en el proceso precipitación-Escurrimiento. Este comportamiento para el mes de noviembre se observó en varia cuencas (Gutierrez y Molina, 2015).

El modelo ECHAM5 prevé una reducción del caudal medio y por tanto de la oferta de agua, en la mayoría de las cuencas y en la mayoría de los escenarios y horizontes, con la excepción de las cuencas Huancané, Ramis y Achacachi, que se encuentran en la zona norte y este del Lago Titicaca. La reducción es más fuerte en las cuencas del Río Mauri. Estos resultados coinciden con los datos de precipitación, donde el Modelo prevé una reducción de la precipitación al mismo tiempo que predice un aumento en la temperatura y por tanto en la Evapotranspiración, lo que en conjunto provoca un descenso del caudal. La Tabla II-5 muestra un resumen de la oferta, demanda, extracción y déficit para diferentes escenarios.

Tabla II-5. Resumen promedio de los meses de riego (Brazo izquierdo Desaguadero) LB y escenarios: ECHAM5 y MIROC3.2

Escenario	Oferta (m^3/s)	Demanda (m^3/s)	Extracción (m^3/s)	Déficit (m^3/s)	Déficit (%)
Linea Base	10.91	5.36	3.44	1.92	35.80
Echam A2 2030	20.08	5.32	4.12	1.20	22.51
Echam A2 2050	11.43	5.74	3.05	2.69	46.86
Echam B1 2030	11.52	5.23	2.92	2.31	44.10
Echam B1 2050	12.78	5.64	3.35	2.30	40.68
Miroc A2 2030	9.85	5.20	2.69	2.51	48.19
Miroc A2 2050	5.13	5.70	1.92	3.78	66.38
Miroc B1 2030	12.21	5.60	3.12	2.47	44.21
Miroc B1 2050	15.84	5.76	3.81	1.95	33.89

La Figura II-40 muestra los caudales medios mensuales de extracción. Estos, se reducen en los meses críticos para seis de los ocho escenarios estudiados. En general esta reducción en la extracción se debe a la falta de oferta de agua en especial en los meses de octubre y noviembre, generándose de esta manera diferentes magnitudes de déficit.

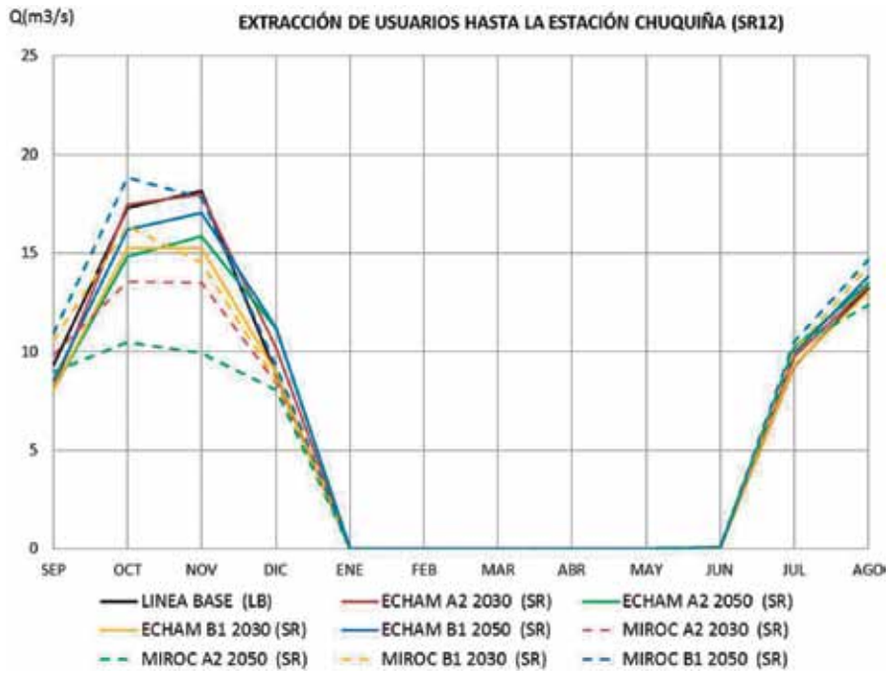


Figura II-40. Caudales medios mensuales de extracción (m^3/s)

La Tabla II-6 muestra los aportes de caudales medios mensuales que llegan al Lago Poopó según cada escenario estudiado. Se debe resaltar que estos aportes no toman en cuenta el aporte de la intercuenca Chuquiña – Poopó. Los valores se obtienen de la suma de caudales remanentes en el brazo izquierdo y derecho del río Desaguadero después de haber considerado todos los sistemas de riego. Se observa mayores aportes en escenarios húmedos (ECHAM A2 2030 y MIROC B1 2050) y aportes mínimos en el escenario más seco (MIROC A2 2050), resaltando los meses de Octubre y Noviembre con valores mínimos.

Tabla II-6. Tabla mensual de caudales según escenario de cambio climático para SR12

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Media	Mediana	#años debajo media
Historico	35.1	25.7	24.2	34.8	1265	155.9	121.7	77.1	58.4	49.3	44.6	39.0	66.0	38.5	29
Linea Base	31.1	19.6	18.4	30.7	126.2	155.4	121.0	76.6	58.1	48.6	40.1	33.2	63.3	35.3	31
ECHAM A2 2030	71.4	45.4	47.9	52.6	121.3	177.3	183.0	133.3	110.0	96.8	77.5	69.4	98.8	73.2	27
ECHAM A2 2050	39.6	22.3	23.2	24.4	89.7	163	125.8	88.7	68.9	58.7	43.0	33.0	66.0	33.6	11
ECHAM B1 2030	36.0	18.7	18.8	36.9	89.2	129.9	112.3	82.6	65.1	60.3	42.6	33.7	60.5	35.2	30
ECHAM B1 2050	41.1	27.6	29.9	34.1	106.3	142.3	115.4	88.1	69.9	62.5	46.4	35.7	66.6	40.1	32
MIROC A2 2030	23.4	16.3	43.8	41.6	139.3	189.0	98.6	73.6	55.1	46.1	32.4	24.5	66.3	33.0	32
MIROC A2 2050	11.2	5.4	14.5	12.0	60.4	119.7	100.1	92.9	33.9	25.7	14.4	100	41.7	14.7	32
MIROC B1 2030	31.5	17.9	15.5	52.1	149.0	198.3	127.9	95.0	73.6	62.5	45.8	34.2	75.3	42.7	28
MIROC B1 2050	46.0	14.0	29.2	51.2	161.2	267.2	171.7	120.5	96.8	84.0	64.9	31.4	97.5	55.4	26

La Figura II-41, muestra los hidrogramas medios de paso mensual a la salida del Lago Titicaca, de la cuenca Desaguadero hasta Chuquiña y el resultante de la suma de los dos anteriores, para diferentes escenarios. En la columna izquierda se encuentran los escenarios ECHAM 5 y en la columna derecha los escenarios MIROC 3.2. En la primera fila se muestra el escenario de Línea Base. Los resultados muestran que en la mayoría de los escenarios, los caudales disminuyen tanto para el 2030 como para el 2050.

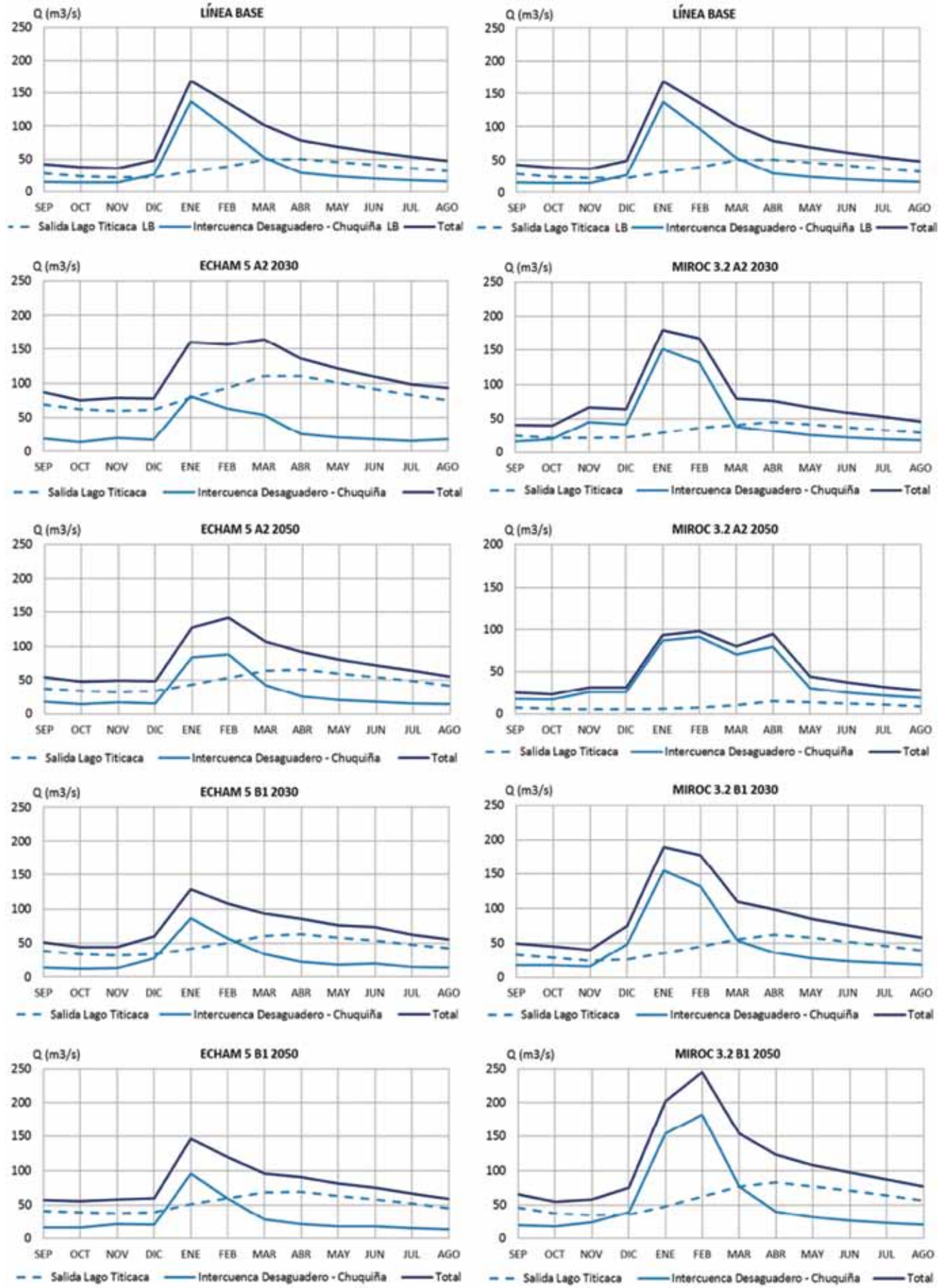
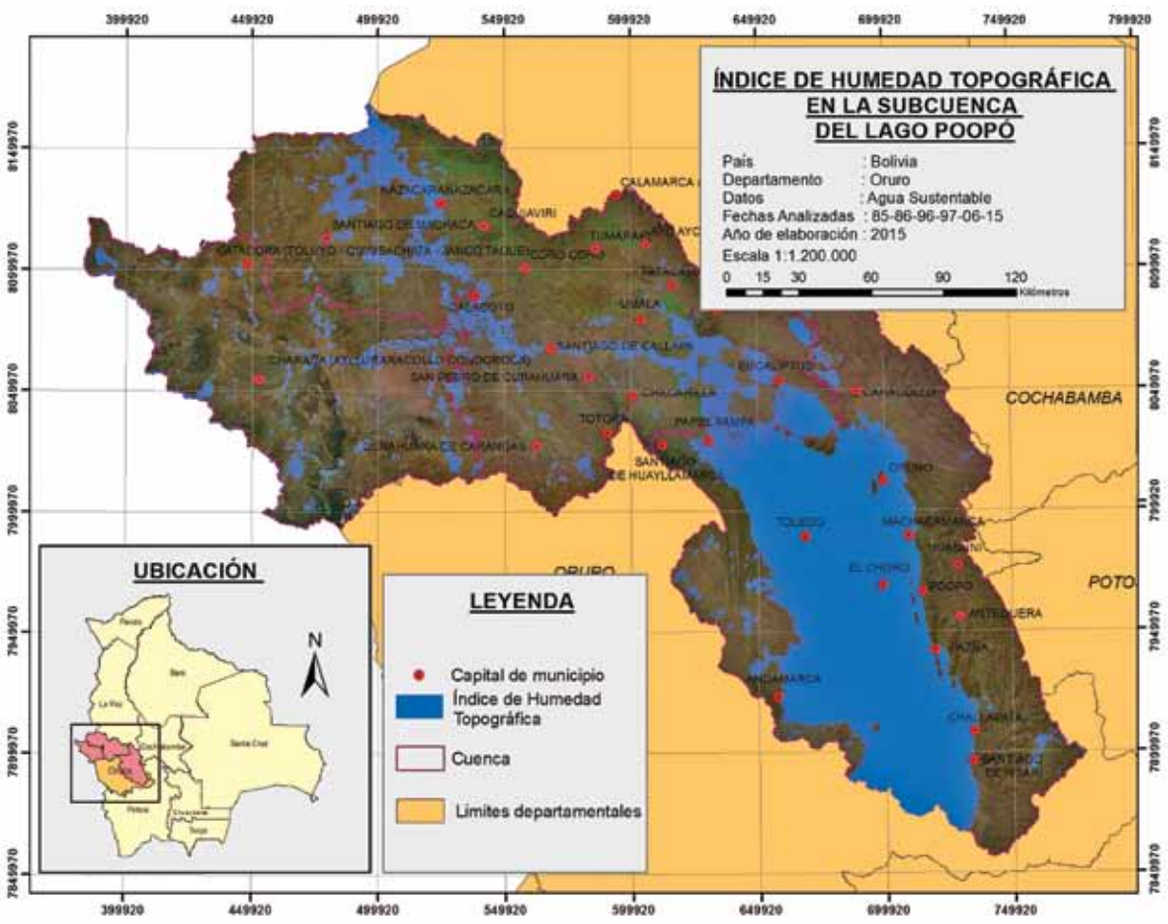


Figura II-41. Caudales medios mensuales de salida del Lago Titicaca y la intercuenca Chuquiña – Desaguadero, para los escenarios: ECHAM 5 y MIROC 3.2

1.2.5. Modelo de inundación

El Altiplano boliviano es caracterizado por ser una región árida. Sin embargo, los eventos de lluvia intensa especialmente en el mes de Febrero, causando inundaciones. El sur de la región, especialmente los municipios del Choro, Toledo y Oruro, son los que han registrado más afectación a este evento en el análisis de frecuencias (Mapa II-26).

Para el modelo de inundación de la cuenca se recurrió al método de análisis del índice de humedad topográfica (Mapa II-25), este índice nos permite conocer la exposición de una región a las inundaciones, por sus características topográficas. En este sentido, las zonas con pendientes más bajas son las más propensas a inundación.



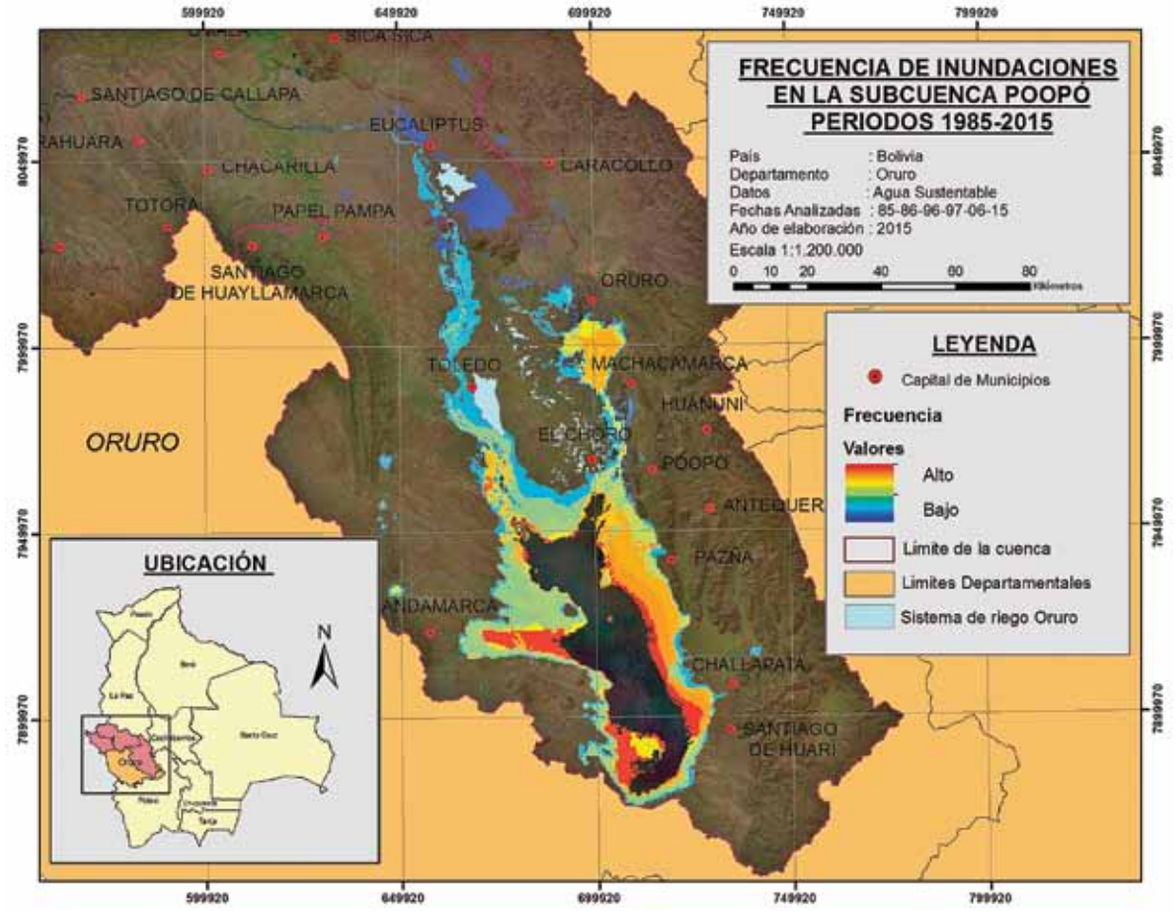
Mapa II-25. Índice de Humedad Topográfico de la Sub cuenca del Lago Poopó (Vargas, 2015)

Figura II-42. Áreas inundadas para los eventos con distintos periodos de retorno. Tr = Taza de retorno

Otra investigación realizada por Villazon (2014) generó un modelo físico con HEC-GeoRAS (desarrollado por US Army corps of Engineers) de las obras de bifurcación del río desaguadero la joya (1998). El análisis de escenarios está basado en cuatro eventos históricos febrero 1996, marzo 1997, febrero 2006 y febrero 2011. El modelo está basado en la serie continua de caudales y los eventos extremos.

El evento del año 2011 es el de mayor envergadura de la serie de observaciones, se asume que este evento podría ser comparable con el del año 1986 (del que no se tiene registro histórico). Se comparan el área de inundación derivadas de imágenes satelitales para el año 1986 con los resultados del modelo numérico para el evento del 2011 (Villazon, 2014).

Las áreas inundadas en la zona de modelación para los distintos periodos de retorno esta detallada en la Figura II-42. Se observa que para un periodo de retorno de 5 años se tiene 561.8 Km² de área inundada y alrededor de 683 Km² para 100 años de periodo de retorno. Con este modelo se pudo determinar la dimensión de las áreas de inundación en la cuenca (Figura II-43).



Mapa II-26. Frecuencia de inundaciones en la subcuenca Poopó (1985-2015)

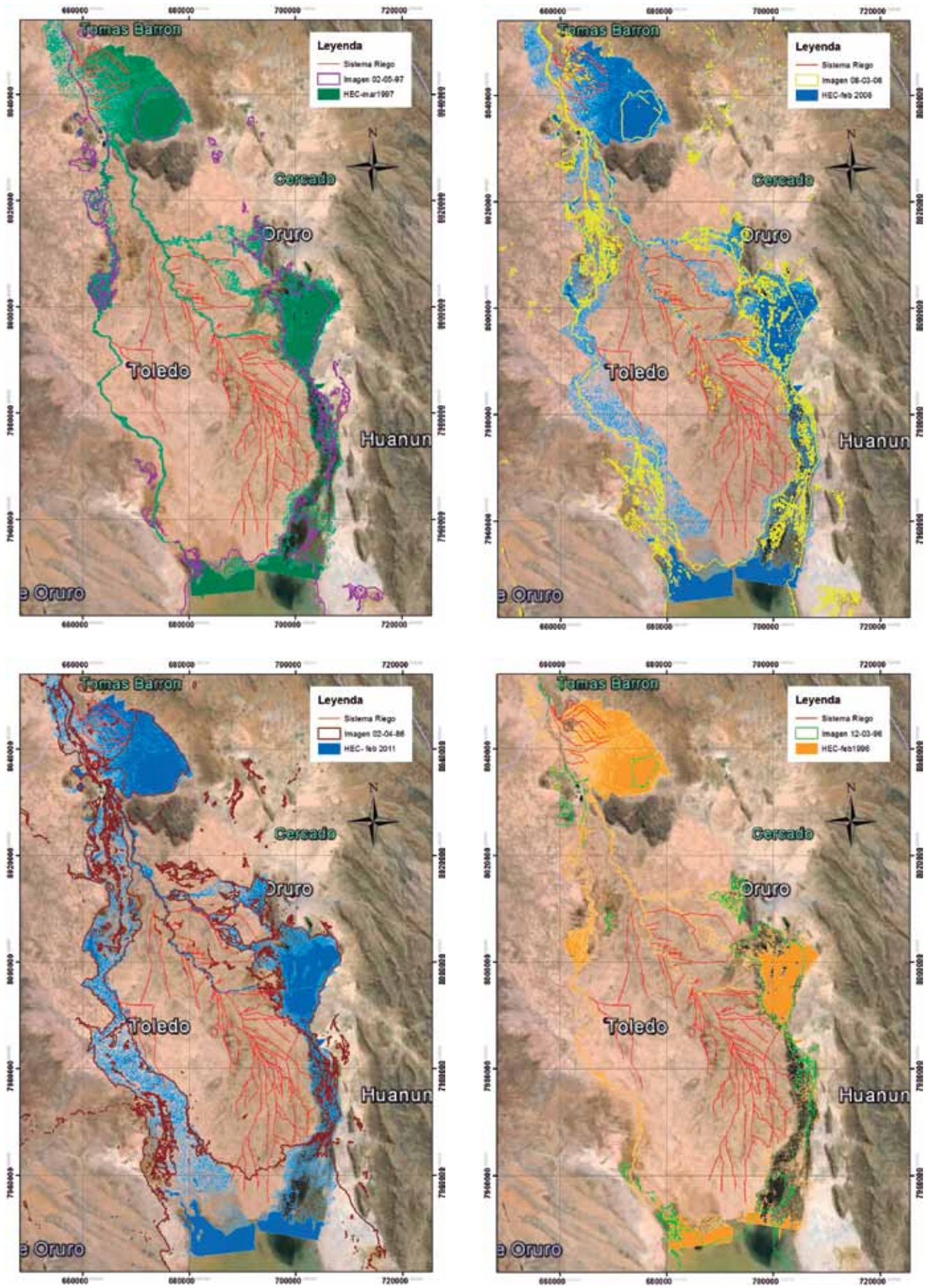


Figura II-43. Áreas inundadas para los años 1996, 1997, 2006 y 2011

1.3. HUMEDALES ALTOANDINOS

Los humedales incluyen a lagos, ríos y otros ecosistemas acuáticos que poseen suelos saturados con agua permanentemente o temporal y ricos en nutrientes. En base a la hidrología, los humedales se caracterizar como fluviales (asociada con ríos, riachuelos y canales), lacustre (lagos y represas) y palustre (pantanos, bofedales o ciénegas) (Beck et al., 2000). La vegetación de los humedales está compuesta mayormente por plantas acuáticas y palustres, adaptadas a los altos niveles de agua en el suelo. El tipo de vegetación, ya sea acuática o pantanosa, está determinada por la duración de la inundación. En la puna, existe una gran diversidad de humedales altoandinos. Los cuales se presentan en la Figura II-44.

Figura II-44. Tipos de humedales altoandinos (Navarro, 2012)

Los humedales cumplen importantes funciones ecosistémicas (Figura II-3), particularmente a nivel hídrico, incluyendo suministro de agua, regulación del caudal y recarga de acuíferos, control de inundaciones, retención y purificación de contaminantes. Los suelos de los humedales son también importantes fuentes de materia orgánica y nutriente y fijan el carbono atmosférico. Adicionalmente, constituyen un hábitat importante para aves, peces, anfibios y plantas y son áreas de anidamiento de flamencos y alimentación para vicuñas. Las comunidades indígenas dependen de los bofedales como zonas de pastoreo del ganado, en particular alpacas y llamas y son potencialmente áreas de interés para el turismo y recreación debido a la belleza escénica y existencia de una diversidad de aves (Figura II-45).

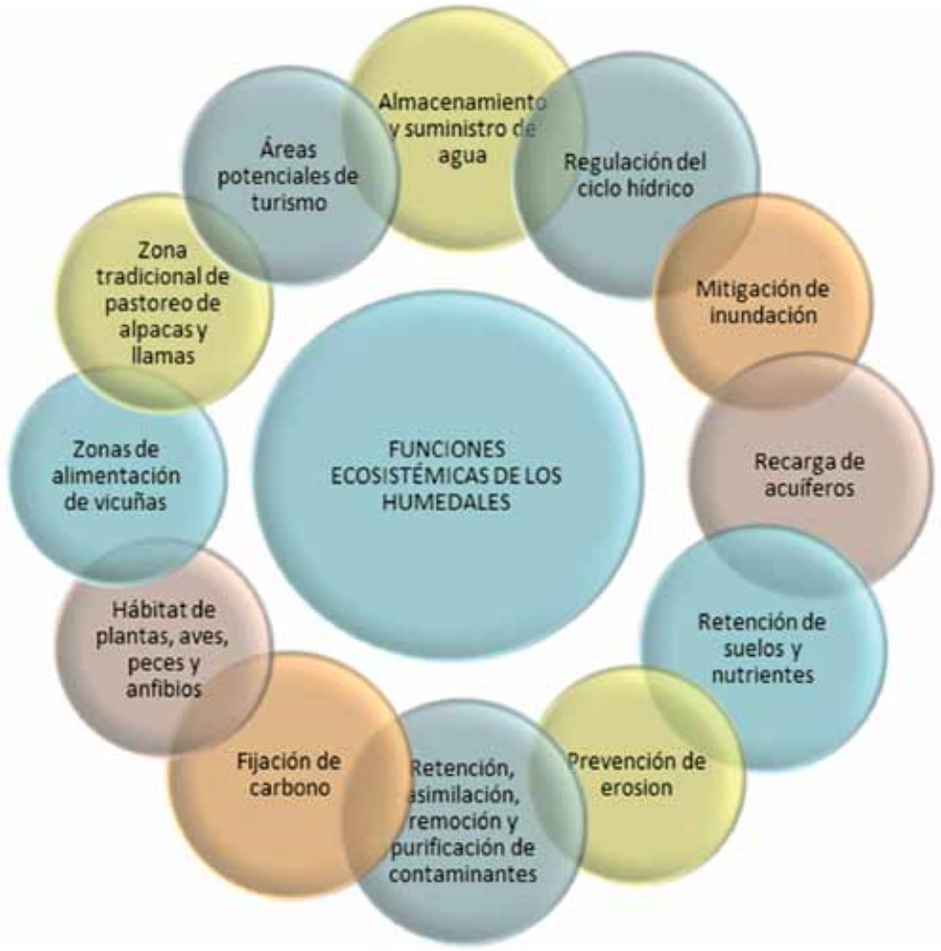


Figura II-45 Principales Funciones ecosistémicas que proveen los humedales andinos.

1.3.1. Convención de RAMSAR

La Convención de Ramsar es denominada formalmente la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional. Esta convención es un tratado intergubernamental y ofrece el marco para conservar y usar de forma sostenible los humedales. La convención fue adoptada por primera vez en la ciudad iraní de Ramsar en 1971 y entró en vigor en 1975. (RAMSAR, 2014). Hasta la fecha, en el mundo existen 2208 sitios RAMSAR en más de 160 Países (Partes Contratantes). Bolivia es el país con el mayor área de humedales designados como sitios RAMSAR. En total existen 11 sitios, tres ubicados en el altiplano (Lago Titicaca, Lago Poopó y lago Uru Uru y los Lípez), 1 en los valles (cuenca del Tajzara) y 7 en la Amazonía (Laguna Concepción, Bañados del Izozog del río Parapetí, Palmar de las Islas y las Salinas de San José, Pantanal Boliviano, Rio Blanco, Río Mattos y Río Yata).

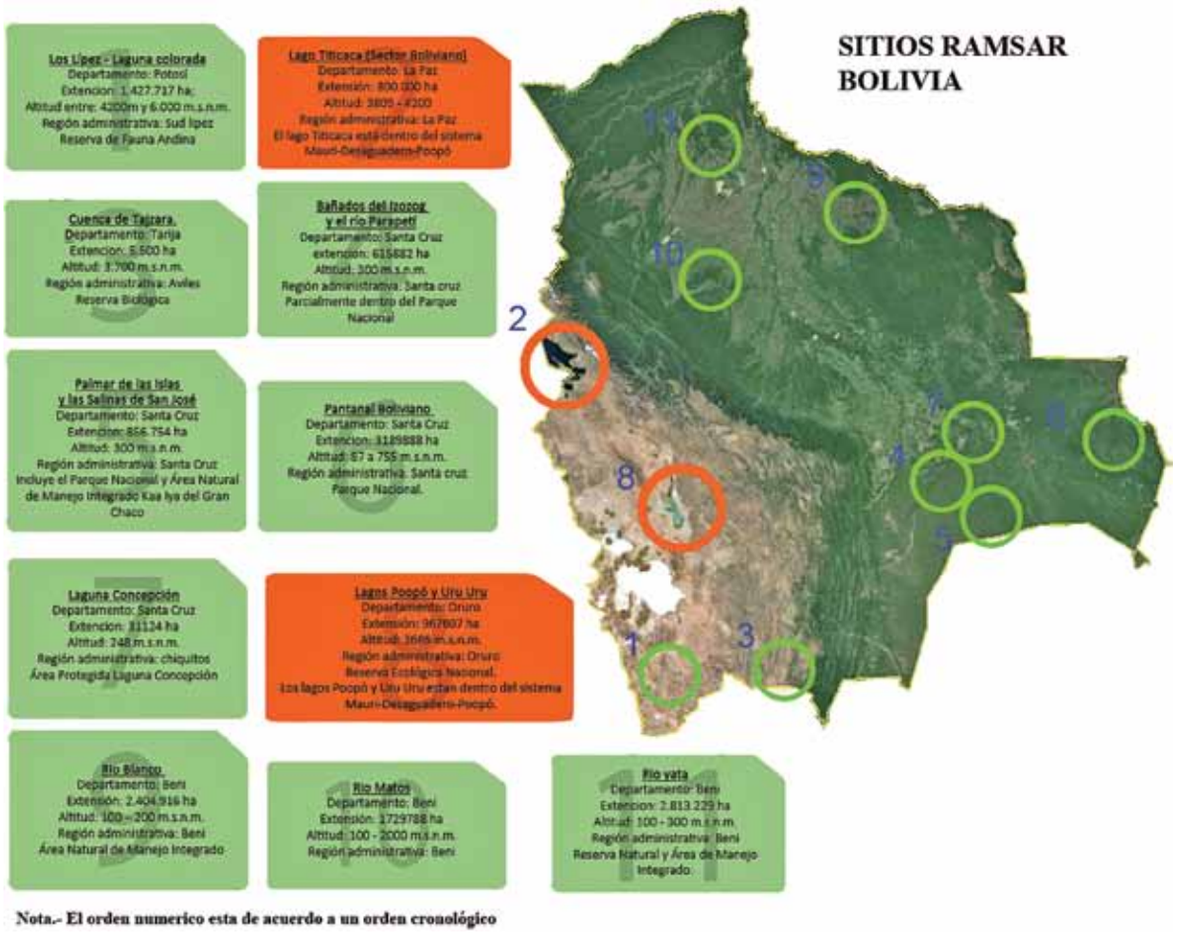


Figura II-46. Sitios RAMSAR en Bolivia

LAGO TITICACA

El lago Titicaca, es el hábitat de varias especies endémicas y amenazadas de peces, anfibios y aves. Entre las que se encuentran varias especies de carachis (*Orestias spp.*) y la rana gigante del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*), además, se encuentra la población más grande del zampullín del Titicaca (*Rollandia microptera*). Adicionalmente, las especies introducidas trucha y pejerrey han derivado en la extinción de la boga y la disminución de las poblaciones de ispis y carachis.

LAGO POOPÓ Y URU URU

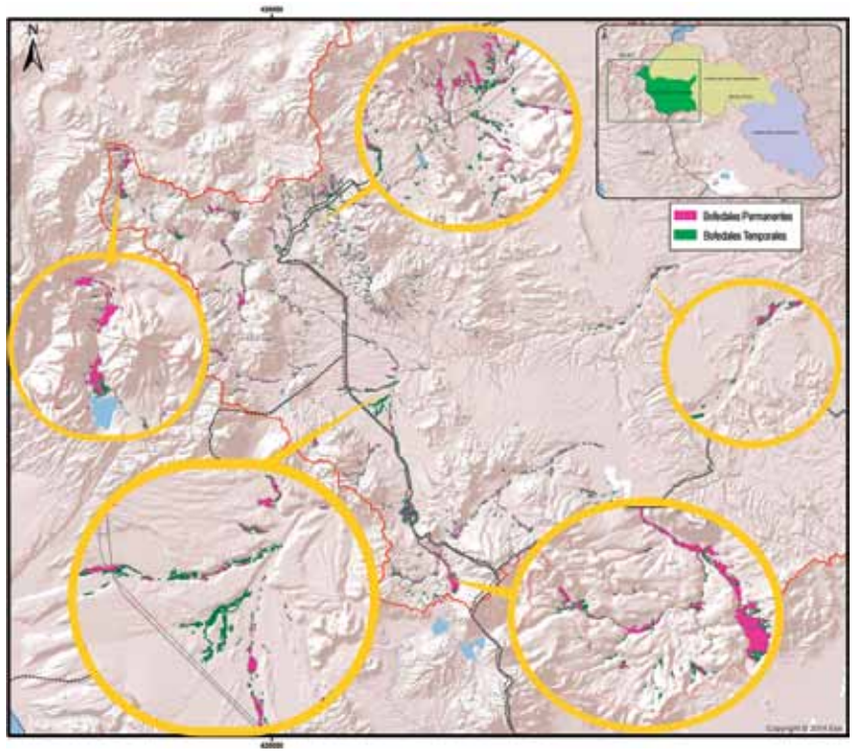
Ambos lagos son importantes para la avifauna altoandina, especialmente para las poblaciones de flamencos (Phoenicopterus chilensis, Phoenicoparrus andinus y Phoenicoparrus jamesi), los cuales migran del sur de los Andes durante la época seca. El Poopó solía ser una importante hábitat para peces como el mauri (*Trichomycterus*), carachis (*Orestias spp.*) y una diversidad de aves acuáticas, incluyendo flamencos. El lago Poopó ha perdido drásticamente su superficie durante los últimos 25 años, hasta que en diciembre del 2015, fue declarado en alto peligro de desaparición. Entre las principales causas se encuentran el cambio climático, que produjo una combinación de condiciones hidrológicas (altas tasas de evaporación, disminución de la precipitación, y de la recarga de los ríos tributarios, el eventos climático de El Niño y la diversión del agua de los ríos tributarios para minería y agricultura. La pérdida del lago tiene impactos fuertes sobre la biodiversidad, debido a la pérdida del hábitat e incremento de la salinidad en el suelo y para la económica de los pobladores locales que han perdido un medio de vida y fuente de alimentos.

1.3.2. Bofedales altoandinos de la cuenca del río Mauri

Los bofedales son un tipo de humedales que se encuentran distribuidos únicamente en los Andes. Estos, se caracterizan por formar praderas que se encuentran en zonas saturadas con agua permanente o estacional. En Bolivia, los bofedales puneños se encuentran distribuidos entre 3600 y 4100 msnm y los bofedales altoandinos se ubican por encima de los 4100 msnm.

Los bofedales tienen una distribución dispersa y fragmentada, ubicados mayormente en valles y ocasionalmente en laderas de montañas con una leve pendiente. El paisaje de los bofedales se caracteriza por un mosaico de cojines abombados y en placa y una red de arroyos y ojos de agua. La permanencia de los bofedales en el tiempo está asociada estrechamente con el agua, la cual puede provenir de cuerpos de agua como arroyos y lagos, agua subterránea y de deshiele de glaciares y precipitación local.

La vegetación está compuesta mayormente por pequeñas hierbas siempreverdes (familias Asteraceae, Juncaceae y Cyperaceae), que forman cojines duros con forma de almohadilla o planos, entremezclados usualmente con césped en parches o dispersos. La composición de las especies está asociada con características ambientales, incluyendo topografía y clima, en particular la profundidad de la capa freática, humedad ambiente y temperaturas bajas.

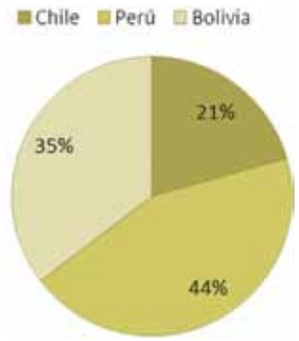


Mapa II-27. Distribución de Bofedales en la Cuenca del Río Mauri - Molina, 2007 (Jimenez, 2014)

Los bofedales de la cuenca del río Mauri, se caracterizan por estar ubicados en las riberas de los ríos tributarios del río (Caño, Caquena y Putani), aunque en algunos casos dependen de pequeños ojos de agua que posiblemente proviene de agua subterránea. Los bofedales reciben agua de forma permanente durante todo el año pero cambios estacionales en el caudal de los ríos producen variaciones en la contribución del agua que reciben estos ecosistemas. Durante la época seca, la disminución de la precipitación y el incremento de la evaporación reducen el aporte de agua que llega a los bofedales aledaños. En consecuencia, reduce drásticamente la cantidad de agua existente en el suelo y expone a la vegetación a condiciones de sequía. Las áreas del bofedal que permanecen con agua todo el año son denominadas permanentemente húmedas, mientras que las que sufren de la variación estacional del nivel del agua son llamadas temporalmente secas.

País	Área (ha)
Chile	2449
Perú	5222
Bolivia	4202
TOTAL	11873

Figura II-47. Área de bofedales en la cuenca del Mauri



Para fines de estudio, se eligieron tres zonas como casos específicos en la cuenca, la Tabla II-7 y Figura II-48 muestran las características de los bofedales estudiados.

Tabla II-7. Características de bofedales estudiados

	Kurajpucho	Jalaru	Putani
Coordenadas	69°23'24.8''S 17°29'58.3''O	69°26'36''S 17°28'12''O	69°24'25.5''S 17°36'10.7''O
Elevación (msnm)	4038 msnm	4060 msnm	4030 msnm
Área (ha)	4	10	4
Características generales	El agua del bofedal proviene de ojos de agua. Es utilizado para el pastoreo de camélidos domésticos, mayormente llamas y en menor cantidad alpacas. El bofedal pertenece a dos familias pero en la actualidad sólo una de las familias lo utiliza como zona de pastoreo para camélidos domésticos	Recibe aguas del río Caño y está ubicado en la frontera con el Perú. Es utilizado para la cría de ganado camélido por cinco familias y para la cría de truchas en una pequeña poza. El bofedal es manejado por canales que sirven para el riego y expansión del área inundada de los bofedales.	Recibe aguas del río Putani, tributario de la cuenca del río Mauri. El bofedal es el más degradado de todos, porque existe una alta carga animal, especialmente de alpacas y llamas y sobrepastoreo asociado con el ramoneo de cojines de plantas. Se utiliza como zona de pastoreo para 200 llamas y 150 alpacas.
Especies dominantes de plantas	Baccharis acaulis, Agrostis tolucensis, Deyeuxia rigescens y Carex cf. Marítima (Domic 2014).	Lilaeopsis macloviana, Lobelia oligophylla, Juncus stipulatus y Werneria pygmaea	Cotula mexicana, Deyeuxia rigenscens, Aciachne pulvinata y Cuatrecasaciella argentina.
Llama	**100**	**0**	**200**
Alpaca	**50**	**500**	**150**
Carga Animal (camélidos/ha)	**37.5**	**50**	**87.5**

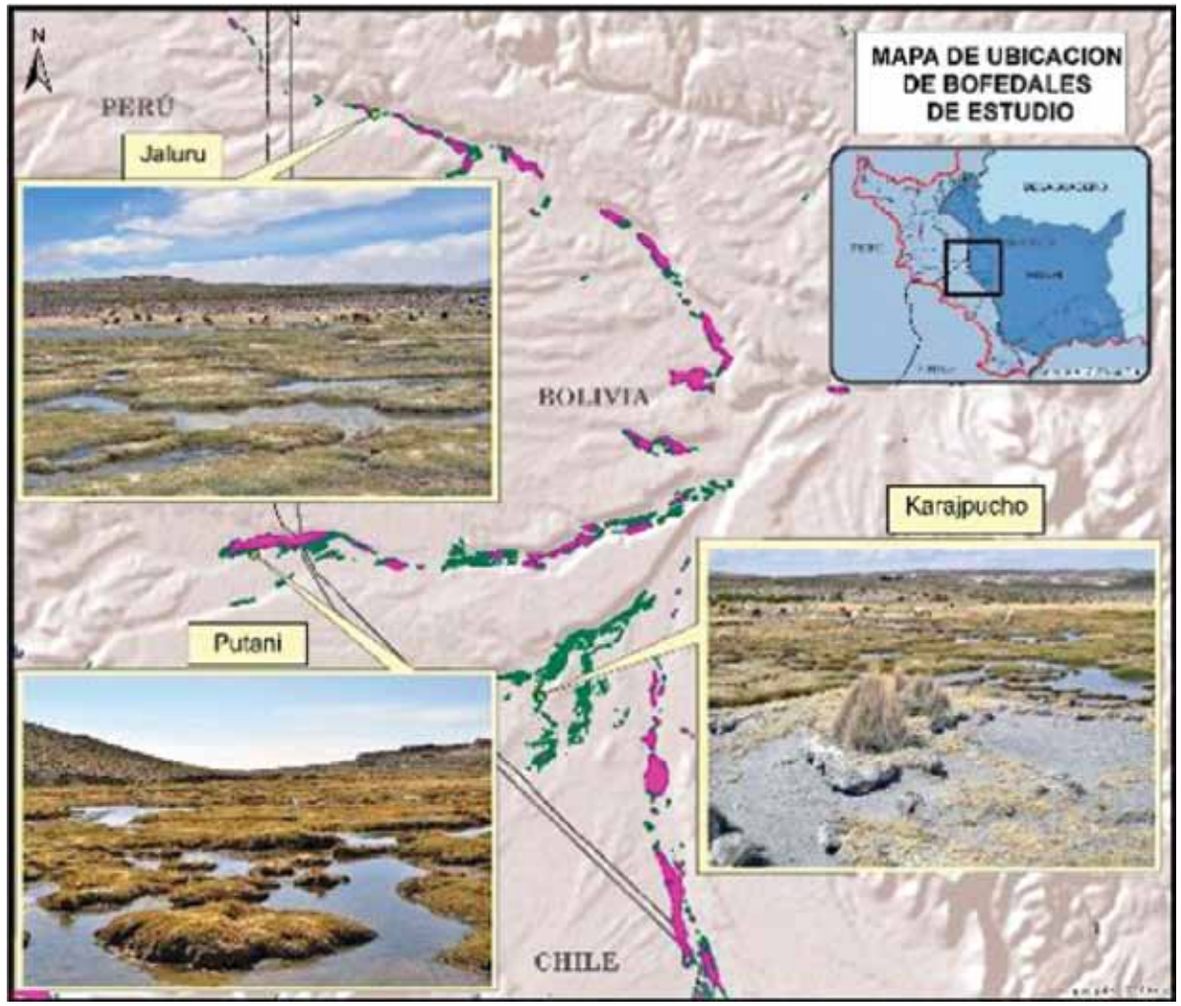
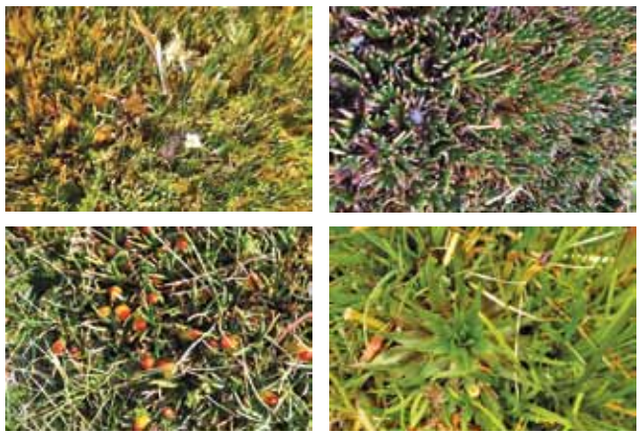


Figura II-48. Distribución de los tres bofedales altoandinos utilizados como casos de estudio (Jimenez, 2014)

1.3.3. Vegetación

Los bofedales altoandinos de la cuenca del Mauri se caracterizan por estar dominados por unas pocas especies de plantas, una gran mayoría son poco comunes o raras. Se encuentran alrededor de 43 especies. Estos, están dominados por pequeñas hierbas y algunos pastos y en menor cantidad musgos y algas. *Oxychloe andina* y *Distichia muscoides* forman cojines abombados compactos, mientras que Plantago tubulosa forma cojines aplanados. A lo largo de los canales y ojos de agua, es común encontrar pequeñas hierbas semisumergidas como Lilaeopsis macloviana y otras acuáticas como Ranunculus. En los ojos de agua se encuentran la alga verde Nostoc.



Distichia muscoides

Oxycloe andina Philloscirpus deserticola Plantago tubulosa

Fotos: Palabral, A. y Domic, A.

La vegetación muestra una marcada diferenciación en especies según la estacionalidad del área del bofedal. Las zonas que se mantienen permanentemente húmedas están compuestas mayormente por especies típicas de los bofedales como O. Andina, D. Muscoides, Agrostis tolucensis, Baccharis acaulis y Cotula mexicana. Por el otro lado, las zonas temporalmente inundadas poseen especies típicas de los pastizales como Deyeuxia rigescens, Distichlis humilis y Festuca rigescens. Algunas plantas generalistas, como Philloscirpus deserticola y Plantago tubulosa, se encuentran en ambos sitios (Domic 2014).

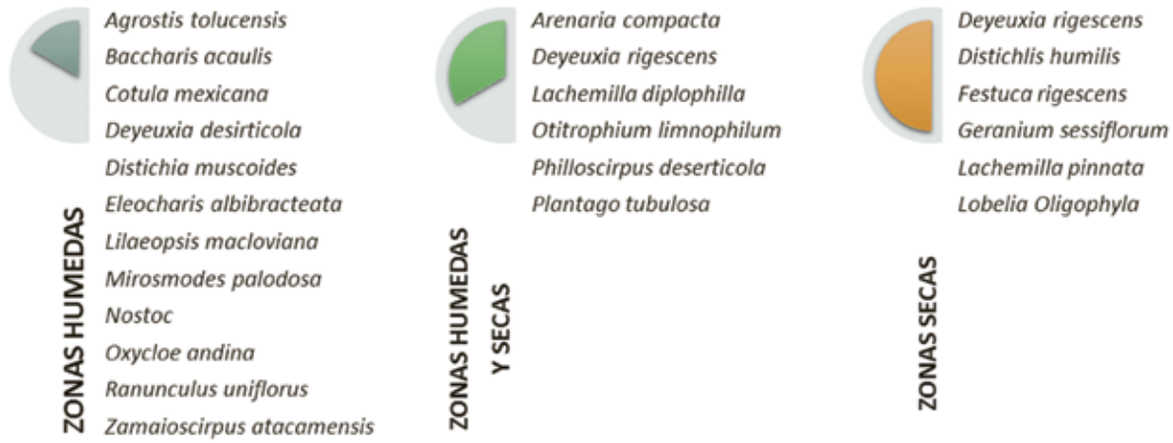
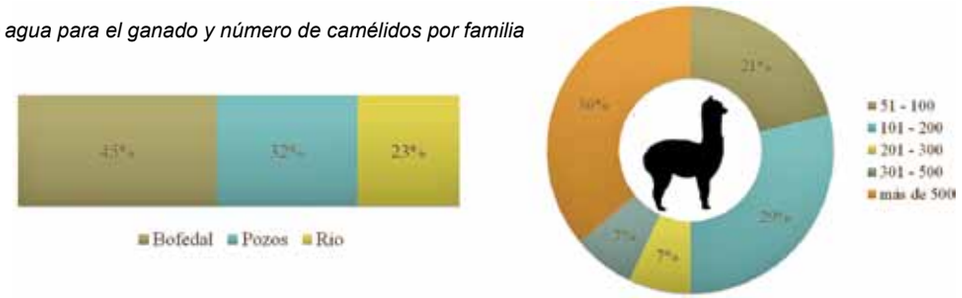


Figura II-49. Especies que habitan los bofedales altoandinos de la cuenca del Río Mauri (Domic 2014)

USO TRADICIONAL DE LOS BOFEDALES EN LA CUENCA MAURI

Estos bofedales, son utilizados por las comunidades locales como áreas para el pastoreo de camélidos domésticos (Melo 2014), manejados por las familias, las que mantienen un número variable de ganado camélido, dominando las alpacas. Los bofedales son importantes para la cría de ganado porque son una fuente importante de plantas forrajeras silvestres, ricas en proteína vegetal. Casi el 50% de las personas utilizan agua de los bofedales para dar de beber a sus animales, seguido de pozos y ríos.

Fuente de agua para el ganado y número de camélidos por familia



Efectos del sobrepastoreo de ganado en los bofedales

1.3.4. Hidrogeología de los bofedales

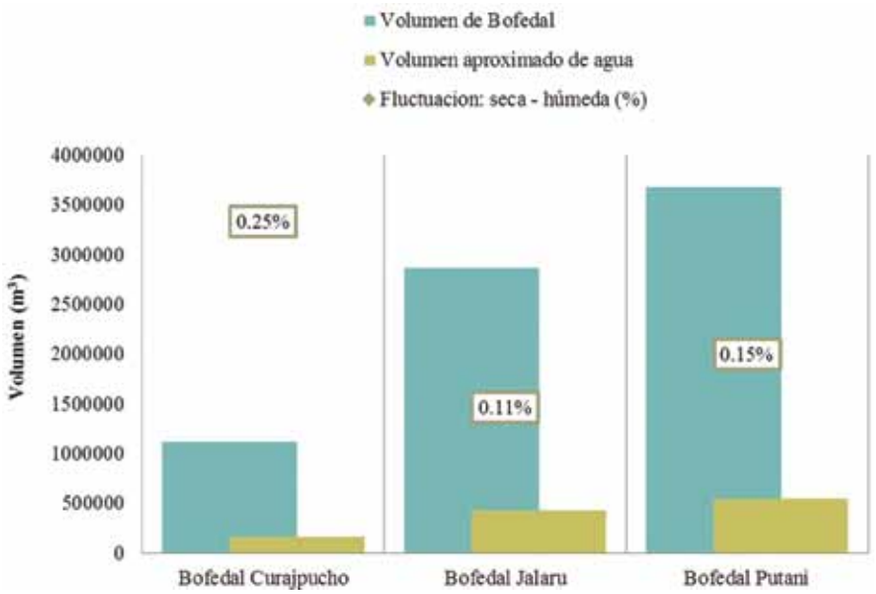


Figura II-50. Volumen del bofedal y fluctuación del volumen entre la época seca y humeda

Los bofedales altoandinos de la cuenca del río Mauri se formaron por acumulaciones de sedimento poroso por acción del viento en depresiones topográficas alimentadas por infiltración del agua de superficie. La máxima profundidad de los acuíferos en los bofedales fluctúa entre 21.9 y 52.8 m y el volumen de los acuíferos varía entre 1122852.72 m^3 y 36767941.2 m^3. Con el fin de entender la fluctuación de la capa freática se instalaron 12 piezómetros en los tres bofedales estudiados, estos fueron monitoreados por 7 meses (Octubre 2013 a Julio 2014). Comparaciones entre los tres bofedales muestran que el bofedal Kurajpucho fue el que registró los niveles freáticos más altos durante el monitoreo, mientras que el bofedal Jalaru fue el que registró los valores más bajos (Figura II-50). Es posible que Kurajpucho posea niveles más altos en el nivel freático porque recibe agua de ojos de agua permanentes a comparación de Putani y Jalaru que reciben agua de los ríos adyacentes. Los niveles más altos en el nivel freático fueron observados entre durante la época húmeda, en particular entre febrero y marzo (nivel freático promedio: 0.35 m). En comparación, el nivel freático durante la época seca, junio y julio, fue de 0.25 m. Sin embargo, es importante mencionar que la época de lluvias (Noviembre 2013 – Marzo 2014) fue particularmente seca porque sólo llovió hasta el mes de enero y en consecuencia es probable que la recarga de los acuíferos haya sido menor (Domic 2014). En base a la información base, se realizaron mapas de los niveles de agua subterránea para la época húmeda y seca. Los estudios muestran que la dirección del flujo de agua se mantiene para ambas estaciones del año en los tres bofedales. Los hidrogramas muestran adicionalmente que existe una relación directa entre la cantidad de agua precipitada y la recarga de la capa freática de los bofedales y que la fluctuación anual del nivel del agua es menor a los 70 cm.

Adicionalmente, existen dos eventos de clara recarga, uno durante la época húmeda y otra durante la época seca, cuando usualmente se producen nevadas. El estudio geofísico de los suelos de los tres bofedales realizado por Jimenez (2014) mostró la presencia de arena mezclada con grava, limo y arcilla en las capas superiores y por debajo una capa de roca tobácea. La roca tobácea juega un rol importante para portar y consecuentemente alimentar con agua al bofedal. Si bien el río aledaño al bofedal es el principal agente contribuidor de agua, la capa de roca tobácea posiblemente está saturada con agua subterránea que es liberada eventualmente hacia el bofedal. La cantidad de agua almacenada en los bofedales fue de Kurajpucho (1392237.81 m^3), Jalaru (595262.6 m^3) y Putani (788924.57 m^3) (Jimenez 2014).

Los suelos de los bofedales son ricos en materia orgánica y poseen están comunmente saturados con agua. En la cuenca del Mauri, los suelos de los bofedales estudiados poseen en promedo 185% de humedad gravimétrica. Sin embargo, los suelos provenientes de las zonas permanentemente inudadas poseen seis veces más humedad (345%) que los suelos de las zonas temporalmente secas (55%) (Domic 2014). El contenido de humedad gravimétrica en los suelos de los bofedales del Mauri fue 50% menor al de los suelos de los bofedales del Sajama (Palabral 2011). Esta diferencia está asociada probablemente con el bajo contenido de humedad en las zonas secas.

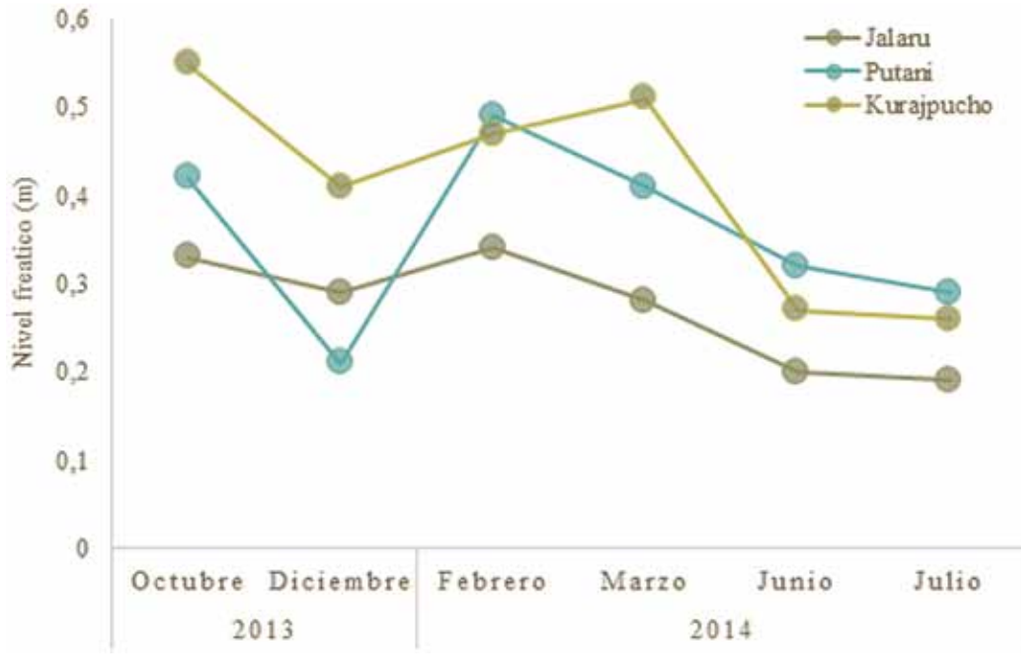


Figura II-51. Variación en el nivel freático (m) en tres bofedales altoandinos de la cuenca del rio Mauri (Domic, 2014)

1.3.5. Análisis multitemporal de los bofedales

Se realizó un análisis de imágenes satelitales LANDSAT desde 1986 hasta 2014 para evaluar cambios en el área de los bofedales altoandinos entre años y entre temporadas húmeda y seca. El estudio mostró que las áreas temporalmente secas disminuyeron con un cambio neto promedio de -16,1 km^2, (de 105 a 48 km^2). Sin embargo, el cambio del área cubierta por cada tipo de bofedal no varió de forma lineal a través del tiempo sino se observaron variaciones entre años. En la mayoría de los años analizados (1996, 2006 y 2014), la tasa de cambio neta fue negativa (Castel 2015).

Para poder evaluar el impacto de eventos climáticos extremos se comparó la superficie de los bofedales durante El Niño del 1998 y se comparó con la época húmeda de 1997, que se caracterizó por ser un año húmedo. Como consecuencia del déficit de lluvia presentado el año 1998, la vegetación de los bofedales presenta una importante reducción de su superficie en comparación con el año 1997. En 1998, el área de los bofedales se redujo en un 25% en comparación a 1997 (Castel 2015).

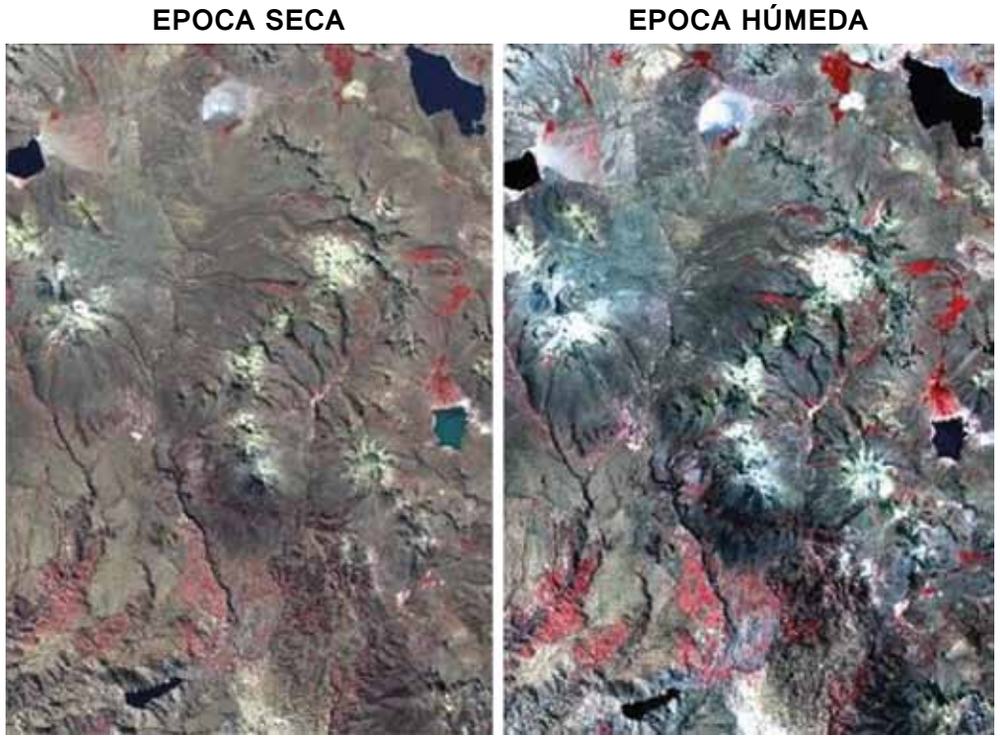


Figura II-52. Comparación en combinación RGB 4, 3, 2 para resaltar la vegetación (rojo) entre época húmeda y seca

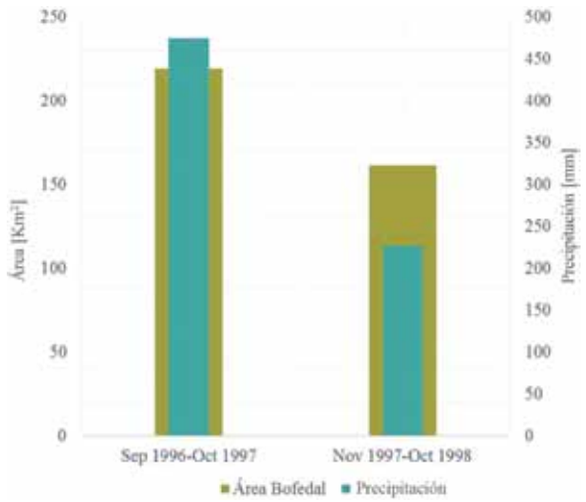


Figura II-53. Cambios en el área de los bofedales en la Cuenca del Mauri en Octubre de 1997 y 1998 y la precipitación total mensual en septiembre de 1996 y noviembre de 1997.

1.3.6. Impactos del cambio climático en los bofedales altoandinos

Cambios en el clima afectan significativamente a todos los ecosistemas. Pero los humedales altoandinos son particularmente sensibles y por lo tanto vulnerables al cambio climático (Squeo et al. 2006, Anderson et al. 2011) (Figura II-54). Su sencibilidad se debe a que estos ecosistemas son dependientes al agua y se espera que la reducción en la disponibilidad del agua pueda afectar negativamente, produciendo su paulatina reducción y desecamiento. Anderson y colaboradores (2011) sugieren que sequías más largas y frecuentes podrían alterar el régimen hídrico de estos ecosistemas, disminuyendo su capacidad de absorción de carbono.

La disminución de la disponibilidad de agua y el incremento de las temperaturas también podrían generar una serie de efectos negativos en la biodiversidad. Por ejemplo, la migración y extinción de especies especialmente aquellas sensibles al desecamiento, produciendo cambios en la composición de las comunidades. Así como cambios en las funciones ecosistémicas que cumplen, incluyendo la capacidad de recarga de acuíferos y fijación de carbono atmosférico.

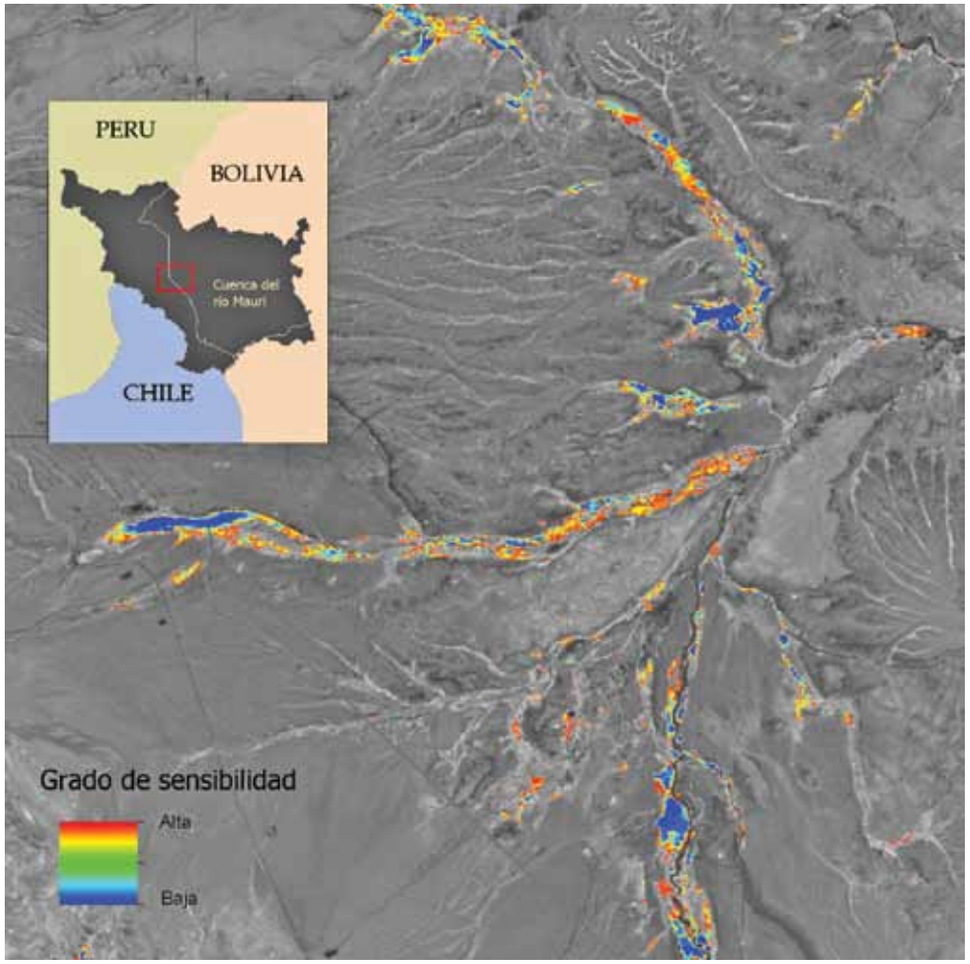
Figura II-54. Efectos del cambio climático en humedales y paramos de la región andina de Sudamérica (Squeo et al. 2006; Anderson y colaboradores 2011; Buytaert et al. 2011)

La percepción local sobre cambios temporales de los bofedales altoandinos en la cuenca sugiere importantes cambios en los bofedales. Muchos pastores coinciden con que los bofedales solían tener más agua y eran más grandes y verdes.

Figura II-55. Percepción local sobre cambios temporales de los bofedales altoandinos en la cuenca del río Mauri

1.3.7. Análisis de sensibilidad de los bofedales

La sensibilidad de los bofedales de la cuenca del río Mauri se determinó en base a la clasificación de imágenes satelitales anual para el periodo 1986-2014. En este análisis los bofedales menos sensibles fueron aquellos que mostraron la menor fluctuación de vigor (NDVI) en el tiempo. Los resultados muestran que el 46% del área total de los bofedales altoandinos fluctuaron significativamente entre 1986 y 2014. Las zonas más sensibles fueron las temporalmente húmedas los cuales sufrieron cambios drásticos especialmente en épocas secas (Castel 2015).



Mapa II-28. Nivel de sensibilidad de los bofedales

1.3.8. Demanda de riego de bofedales

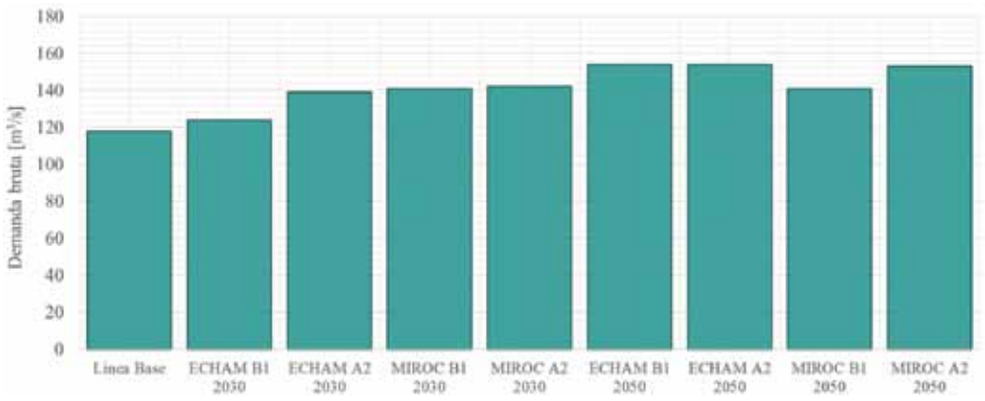


Figura II-56. Demanda actual y futura de los bofedales

Las proyecciones para el 2030 y 2050, sugieren que la demanda de agua potencial de los bofedales incrementará desde 158 m^3/s por año hasta 203 y 204 m^3/s por año para tres escenarios (ECHAM A2 y B1 y MIROC A2). Se espera que la demanda de total de bofedales permanentes y temporales aumentará durante la época seca (julio a noviembre) y en especial durante octubre y noviembre cuando se produce las mayores tasas de evaporación y baja precipitación (Veizaga, 2014c).

1.3.9. Contaminación por arsénico y boro en los bofedales

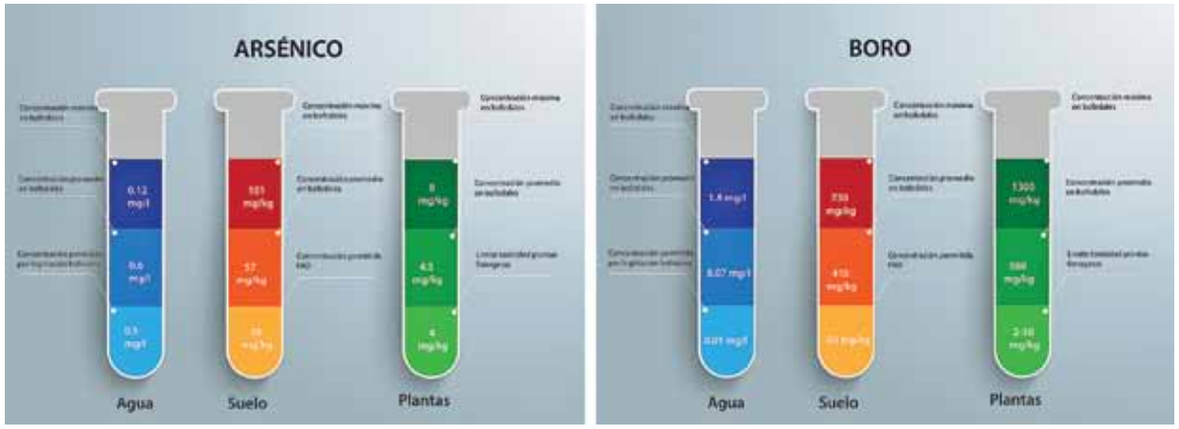


Figura II-57. Concentración de arsénico y boro en agua, suelo y plantas de bofedales altoandinos de la cuenca del río Mauri, se presentan adicionalmente los límites permisibles como referencia. (Fuente: Domic 2014).

El arsénico y boro son contaminantes con origen natural en la cuenca del Río Mauri. Estos compuestos están presentes en el agua producto de la meteorización de las rocas volcánicas que se encuentran en zonas adyacentes a los ríos, especialmente en las nacientes de la cuenca en el Perú. Ambos compuestos son arrastrados hacia las aguas de los ríos por erosión hídrica o por la filtración subterránea (Domic, Castel, & Meneses, 2014).

En el caso del arsénico, el agua y los suelos poseen concentraciones promedio que están levemente por encima de los límites permisibles por la legislación boliviana y la FAO. En ambos casos, las concentraciones máximas son el doble del límite permitido para agua de riego y suelos agrícolas, respectivamente. Los niveles de arsénico también son elevados en las plantas y se encuentran por encima de aquellos considerados como tóxicos para plantas forrajeras, llegando incluso a ser el doble.

Los estudios también mostraron que los niveles de boro son elevados y que son mucho más altos que el arsénico. Las concentraciones promedio de boro en el agua y suelo fueron de siete y ocho veces mayores al límite establecido por la legislación boliviana pero además se encontraron concentraciones de hasta 14 y 18 veces mayores al límite permisible. Finalmente, las plantas fueron las que mostraron las concentraciones más altas de boro, llegando hasta 58 veces más por encima del nivel de tolerancia a la toxicidad del boro.

Comparaciones entre las concentraciones de agua, suelo y plantas sugieren que los bofedales tienen la capacidad de retener ambos compuestos pesados. Las concentraciones de arsénico fueron mayores en el suelo en relación al agua y las plantas. Por otro lado, las plantas presentaron las concentraciones más altas de boro sugiriendo que estas son capaces de asimilar y acumular el compuesto en sus tejidos. Si bien el estudio demuestra que los bofedales cumplen una importante función ecosistémica, también sugiere que los altos niveles de ambos compuestos tóxicos podrían estar afectando negativamente al ganado y los habitantes locales. Debido a que los camélidos pastorean durante todo el año en estos bofedales, ellos podrían estar asimilando parcialmente ambos compuestos en los músculos y fibra. Sin embargo, todavía existe un vacío de información y es necesario realizar estudios específicos que permitan dilucidar la transferencia de ambos contaminantes a través de la cadena trófica.

1.4. MAPEO DE VULNERABILIDADES

"La vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos (IPCC, 2000).

En este contexto, la vulnerabilidad está directamente ligada con la adaptación al cambio climático, vinculándose directamente con la reducción de la vulnerabilidad en las poblaciones, que se presenta no solo por la exposición a los peligros generados o acrecentados por el proceso de cambio climático, sino también por la sensibilidad de los recursos y la capacidad de resilencia de las comunidades. Por ello, la vulnerabilidad es una función del carácter, la magnitud y tasa de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación, que es definida por la siguiente relación:

Vulnerabilidad = Exposición + Sensibilidad - Capacidad adaptativa

Exposición, naturaleza y grado en que un sistema está expuesto a las variaciones climáticas significativas. Se evaluó la exposición utilizando la información de los registros históricos de los peligros relacionados con el clima que consideramos exposición a los riesgos climáticos en el pasado como el mejor indicador disponible de los riesgos climáticos futuros. Se obtuvieron mapas de riesgos para cuatro riesgos relacionados con el clima: inundaciones, heladas, granizadas, sequías.

Sensibilidad, es el grado en que un sistema se ve afectado ya sea de manera negativa o positiva, de forma directa o indirecta por estímulos relacionados con el clima. Además del aspecto humano, también la sensibilidad ecológica.

Capacidad de Adaptación, capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los extremos) para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades, o para hacer frente a las consecuencias. Se construyó un índice de capacidad de adaptación en función a factores socioeconómicos de los municipios, institucionalidad y otros.

Con base a la información descrita, se construyó un índice de vulnerabilidad para los municipios de la cuenca. El índice nos provee un indicador de priorización de áreas más sensibles ante los impactos del cambio y la variabilidad climática. Para la conformación de estos componentes que definen la vulnerabilidad se consideró varios indicadores sociales, económicos ambientales que reflejan en diferentes formas la sensibilidad exposición y capacidad adaptativa del sistema.

Antes de comenzar a desarrollar el análisis de vulnerabilidad es necesario definir estos dos conceptos:

Ponderación, es la asignación de pesos a una cobertura según su grado de importancia a través de un criterio sobre el cual son evaluadas por un equipo multidisciplinario, en cuenta a actores clave o talleres.

Combinación es la utilización de herramientas, técnicas y procesos de análisis espacial que permiten integrar la información, en este caso utilizando Sistemas de Información geográfica SIG.

Adicionalmente, se utilizó SIG para la conversión de formatos (shape a raster y viceversa) para la homogenización de la información y el uso de técnicas como el álgebra de mapas para generar coberturas de información para el análisis de la vulnerabilidad

1.4.1. Exposición

En primer lugar, se obtuvieron mapas sobre frecuencia de sequías, inundaciones, granizos y heladas en los últimos años. La información fue obtenida del Ministerio de Defensa del Estado Plurinacional de Bolivia, la red de prevención de desastres "DesInventar" y los Planes de Desarrollo Municipal. Los indicadores utilizados se muestran a continuación.

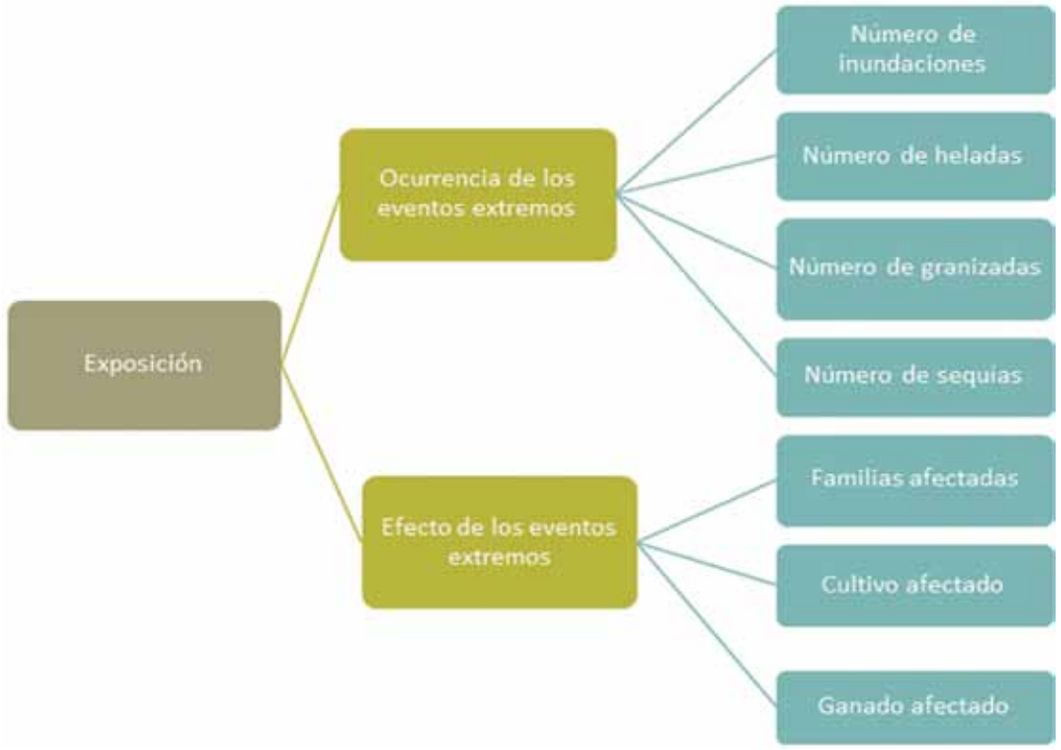


Figura II-58. Indicadores de exposición a la vulnerabilidad

El cambio climático conduce a cambios en la frecuencia, intensidad, extensión espacial, duración y momento de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos (IPCC, 2012). Algunos fenómenos climáticos extremos (por ejemplo, sequías) pueden ser el resultado de una acumulación de fenómenos meteorológicos o climáticos, los cuales, no son extremos cuando se consideran de manera independiente. Sin embargo, es importante resaltar que la variabilidad natural también es un factor importante en la formación de extremos especialmente en la región del Altiplano Boliviano. Las razones expuestas, justifican la utilización de información sobre eventos extremos y sus impactos para determinar el nivel de exposición.

OCURRENCIA DE LOS EVENTOS EXTREMOS

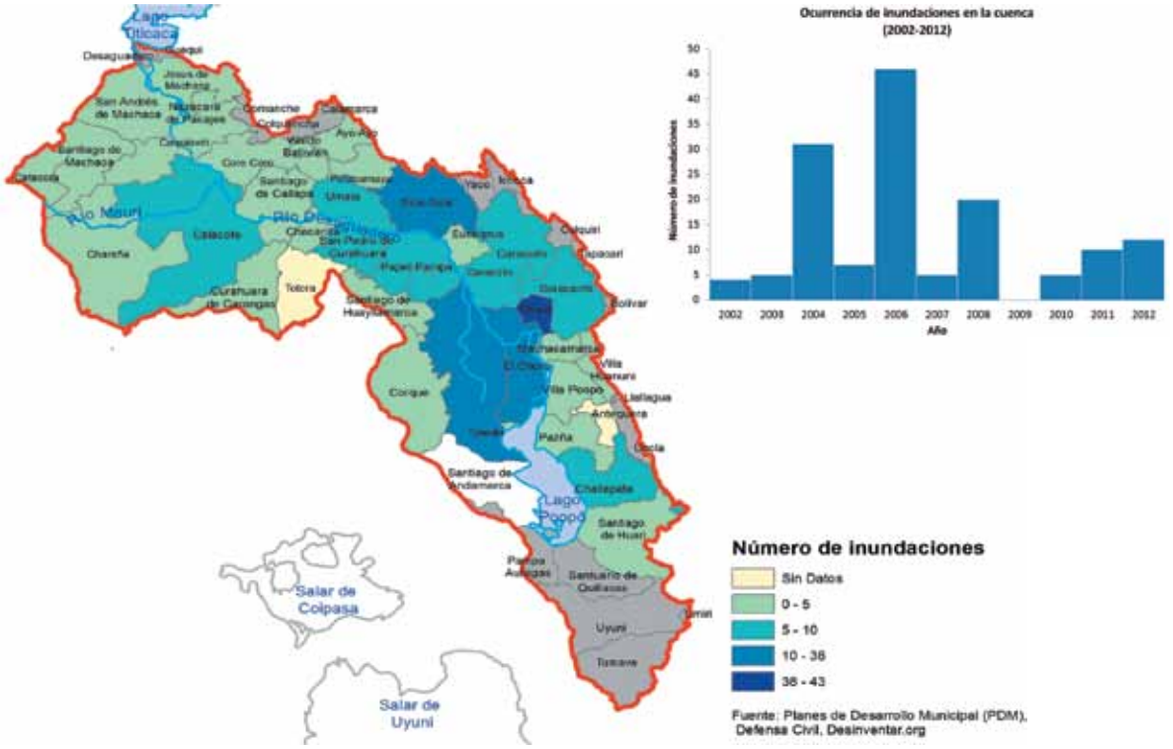
La ponderación otorgada para desarrollar el indicador ocurrencia de eventos extremos fue desarrollada y el resultado es el siguiente:

$$OEE = (I*0,194) + (H*0,297) + (S*0,421) + (G*0,088)$$

Dónde:
OEE =Ocurrencia de eventos extremos
I= Número de Inundaciones
H= Número de Heladas
S= Número de Sequias
G= Número de Granizadas

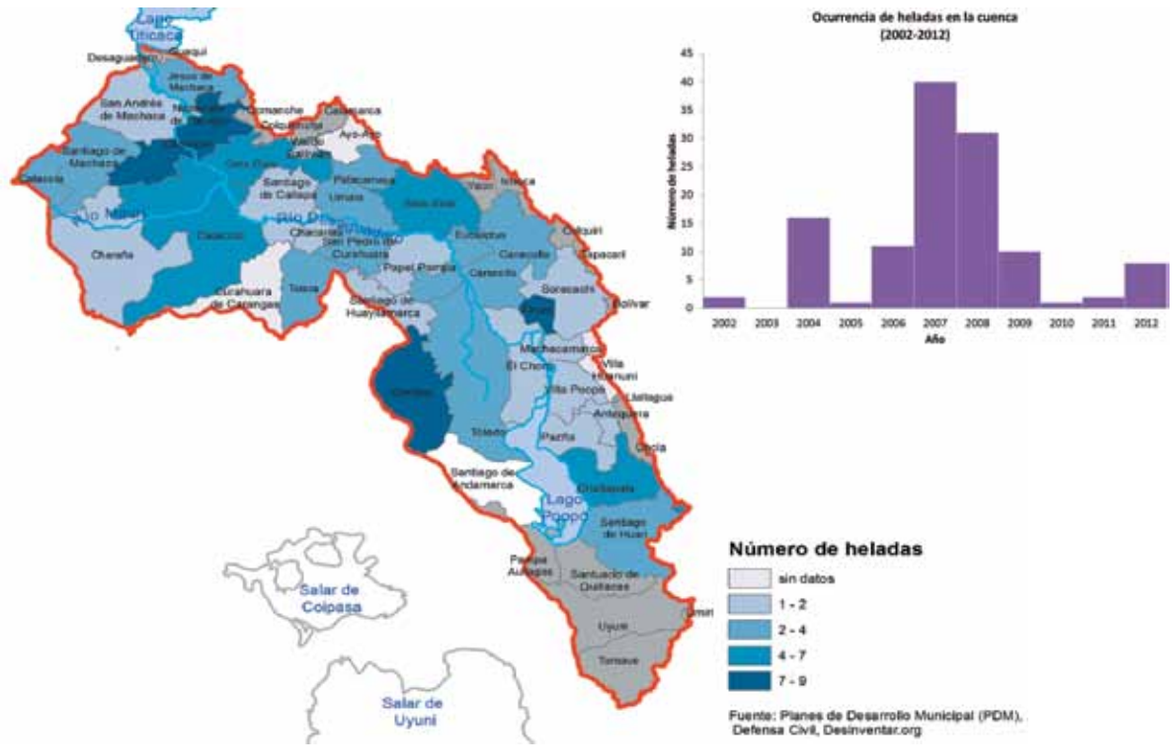
La suma de todos los indicadores da como resultado 1. El resultado de la ponderación y combinación de los subindicadores, se ve reflejado en el mapa de ocurrencia de eventos extremos. La incertidumbre de la información está dada por los reportes enviados por los municipios. Los reportes de un evento se genera a partir de si el evento causó algún impacto sobre los medios de vida de una comunidad.

Número de inundaciones: Dato Municipal de frecuencia de inundaciones reportadas, los municipios más afectados son Oruro, Toledo, El Choro y Sica Sica, que se encuentran en la parte baja del sistema.



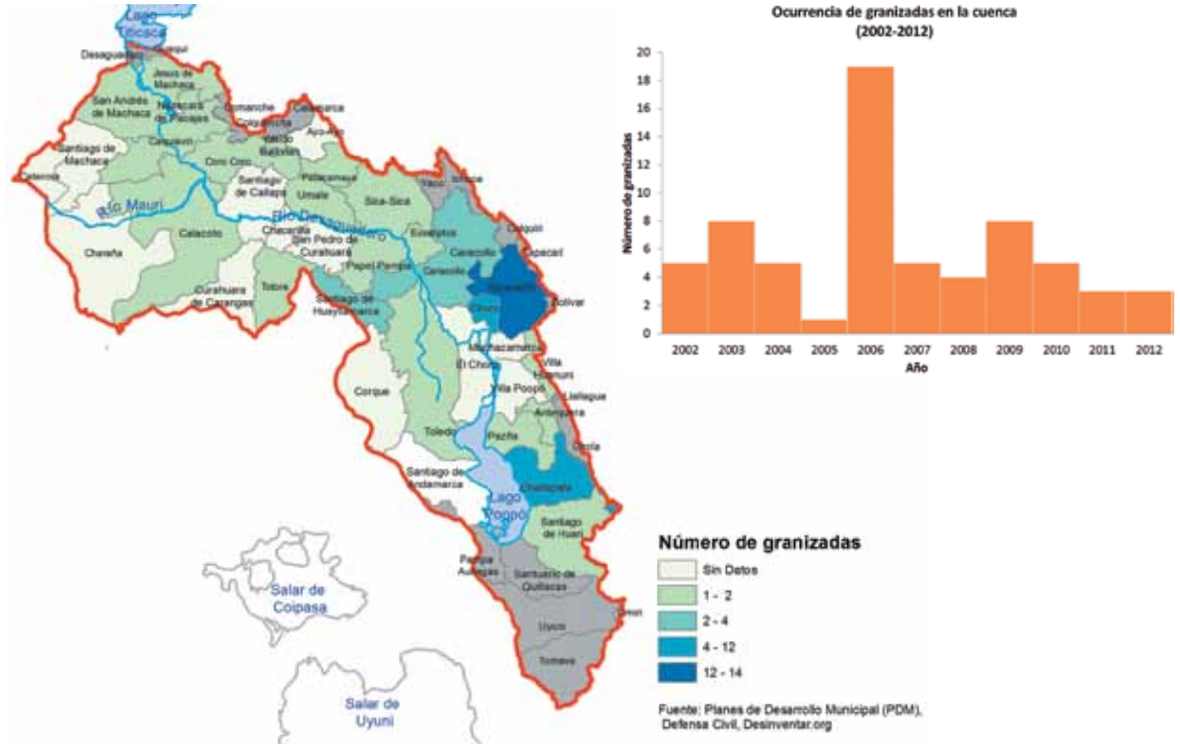
Mapa II-29. Número de inundaciones reportadas en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Número de heladas: Dato Municipal de frecuencia de heladas reportadas, donde el mayor número reportado fue en los municipios de Oruro, Calacoto y Caquiaviri



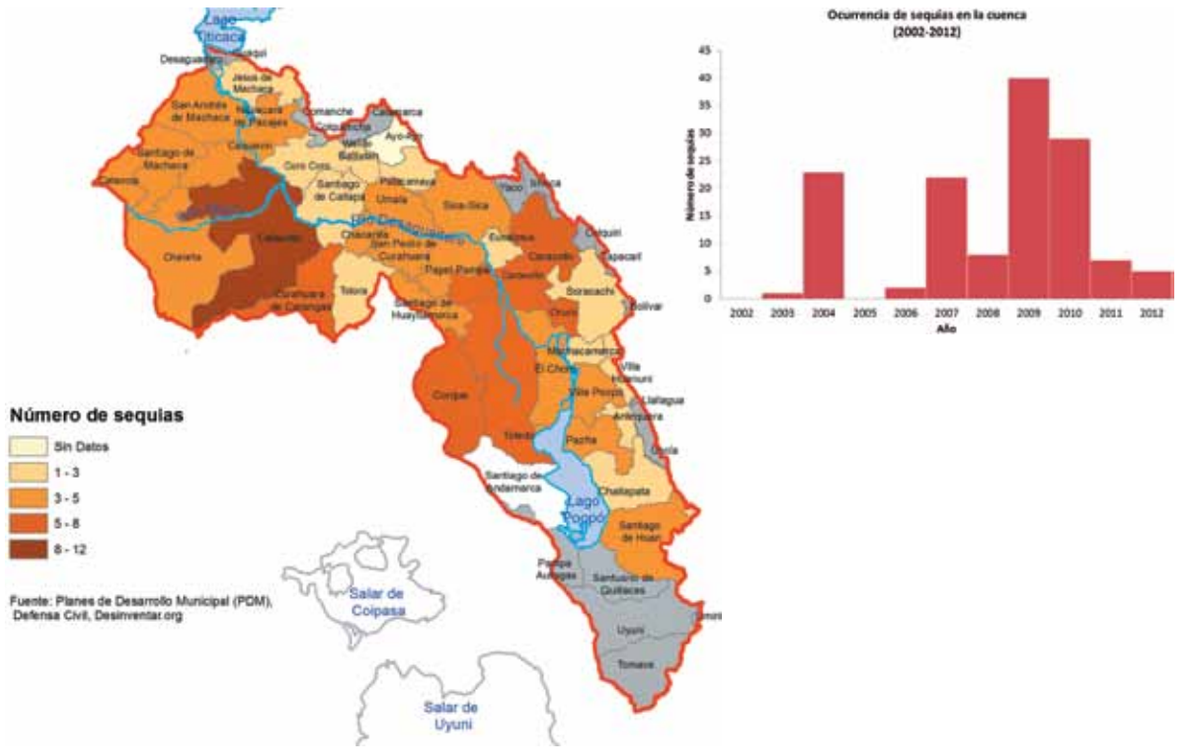
Mapa II-30. Número de heladas reportadas en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Número de granizadas: Dato Municipal de frecuencia de granizadas reportadas, el municipio que mayor número de granizada ha resportado es el Municipio de Soracachi.

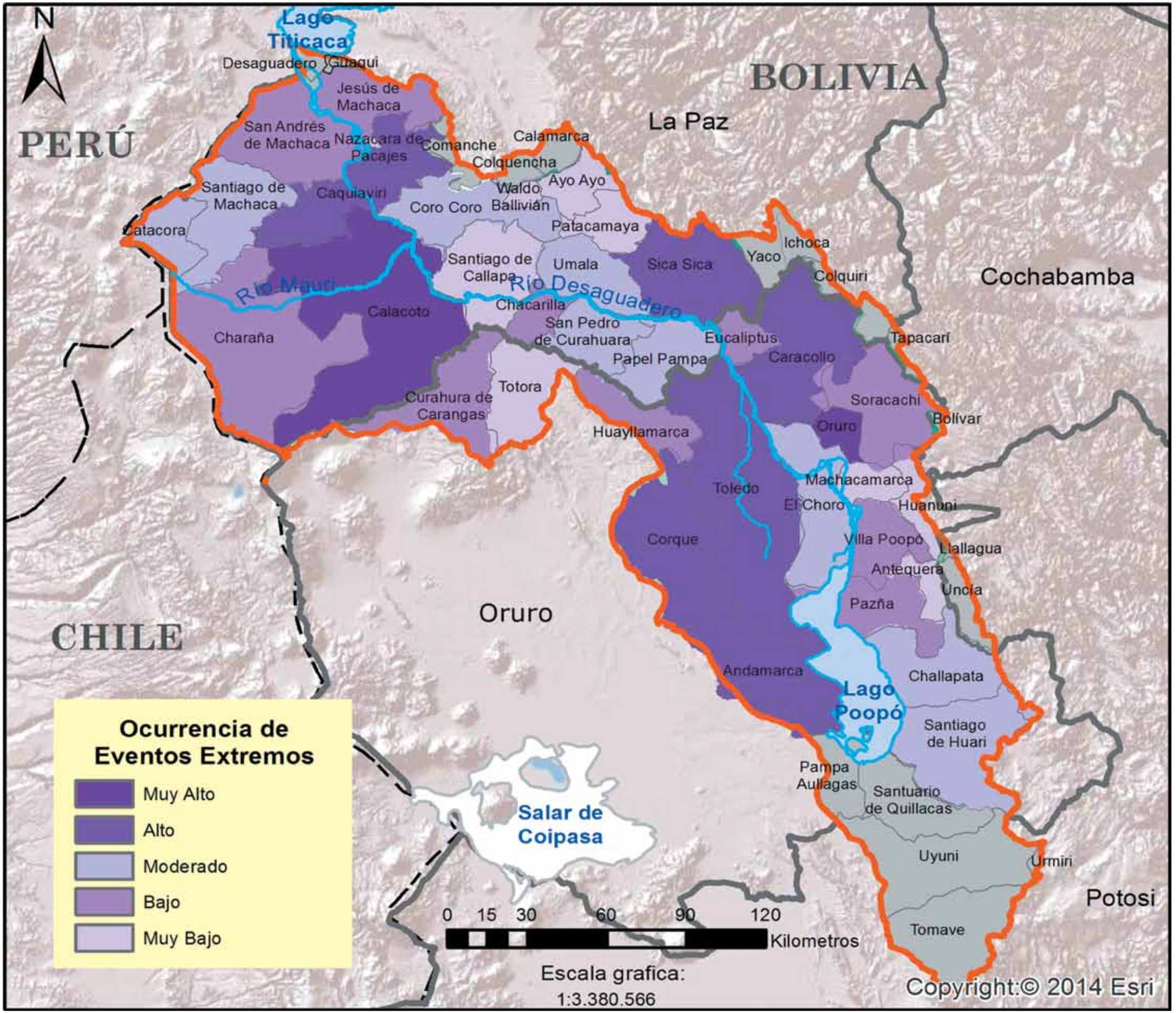


Mapa II-31. Número de granizadas reportadas en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Número de sequías: Dato Municipal de frecuencia de sequías, donde el municipio con mayor número de sequías registradas es el de Calacoto.



Mapa II-32. Número de sequias reportadas en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó



Mapa II-33. Ocurrencia de eventos extremos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

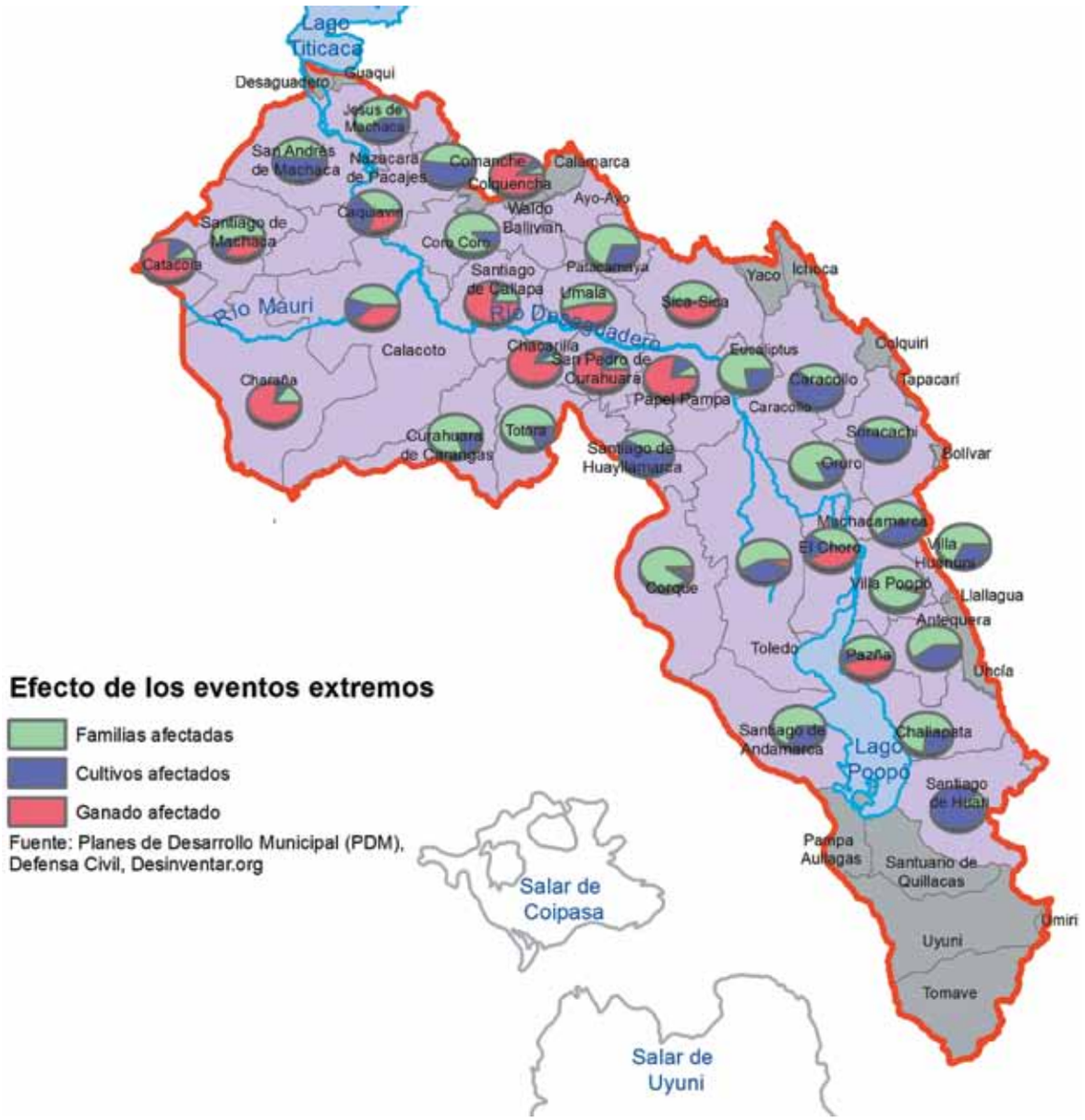
EFECTO DE LOS EVENTOS EXTREMOS

La exposición y la vulnerabilidad son determinantes clave para para determinación de riesgo e impactos (IPCC, 2012). Por ejemplo, en caso de una severa granizada, puede tener diferentes impactos para la agricultura dependiendo el lugar y la fecha en la que ocurre. En el caso de la ilustración presentada en el Mapa II-34, el número de familias afectadas, cultivos afectados o ganado afectado es información reportada por los Municipios al Ministerio de defensa. Toda esta información de reportes locales, se ha integrado en una base de datos para construir el mapa.

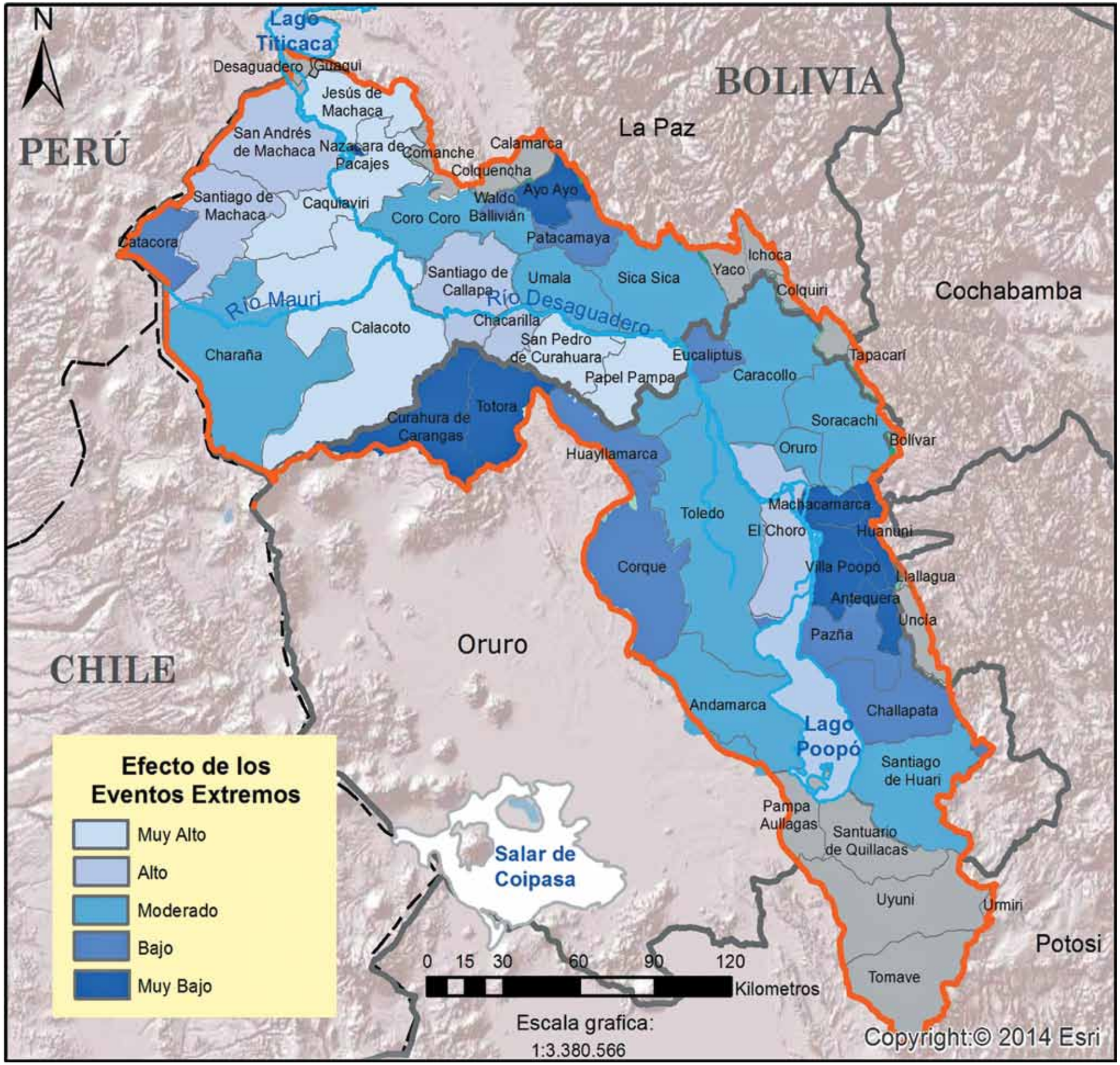
Familias afectadas: Los resultados muestran los municios cuya pobración a nivel familiar ha sido afectada por eventos extremos.

Cultivos afectados: La segunda variable es la superficie de cultivo afectado, es un dato municipal de área de cultivo (riego y secano) afectado durante la ocurrencia de eventos extremos.

Número de Ganado Afectado: Se considera como una muestra del efecto de los eventos extremos reportados sobre el ganado nivel municipal.



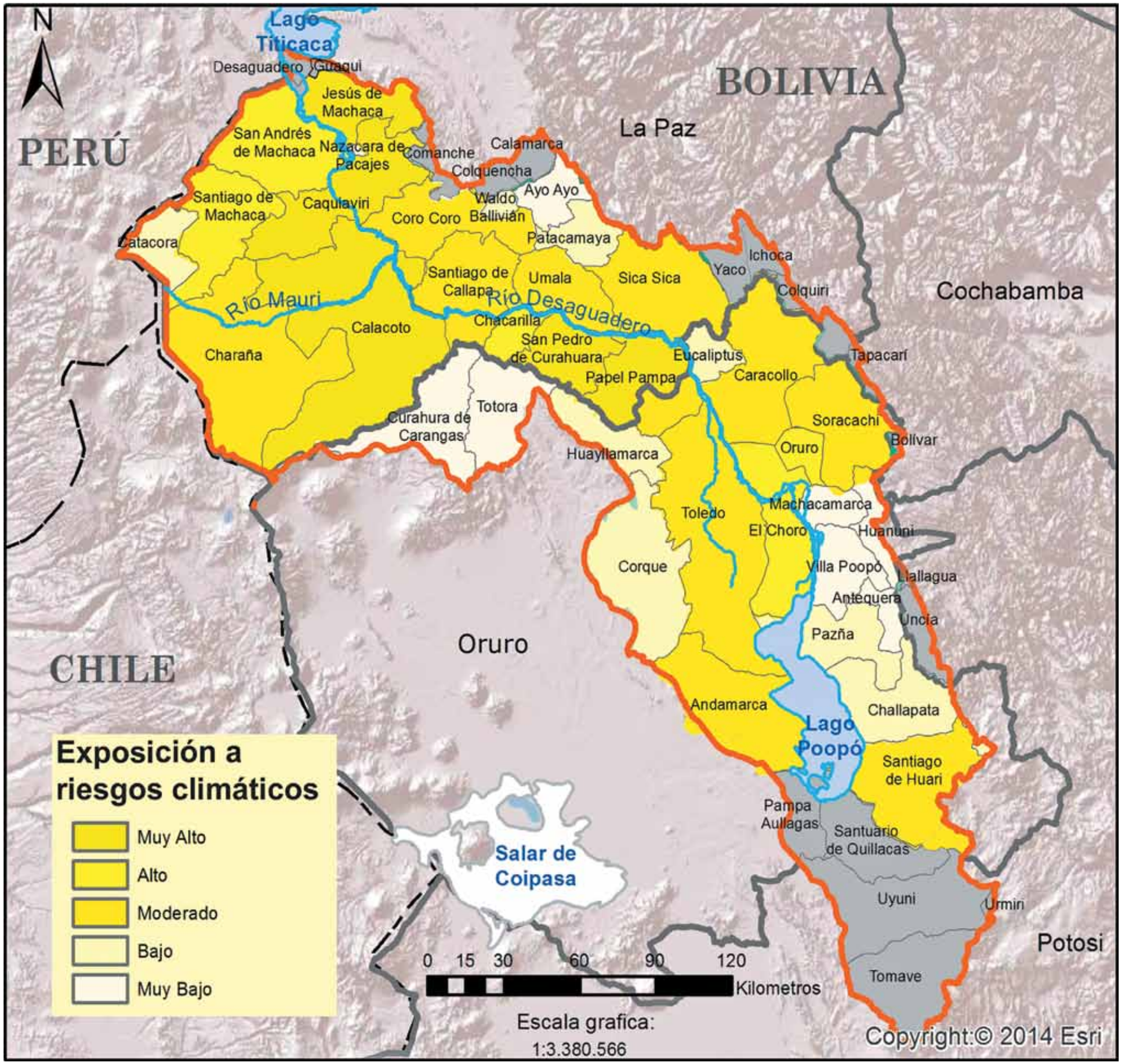
Mapa II-34. Efecto de los eventos extremos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó



Mapa II-35. Efecto de los eventos extremos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

El resultado de la ponderación y combinación de los subindicadores, se ve reflejado en el mapa de efectos de los eventos extremos, mostrando un Muy Alto grado a los municipios de Calacoto, Caquiaviri, Jesús de Machaca, San Pedro de Curahuara, Papel Pampa, que podría derivarse tanto de la sensibilidad ambiental como la capacidad de adaptación de la población ante efectos del cambio y variabilidad climática.

El mapa de exposición general construido a partir de la combinación de los riesgos relacionados con el clima (sequía, granizo, inundación helada) y la afectación reportada desde los municipios.



Mapa II-36.Exposición a riesgos climáticos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

1.4.2. Sensibilidad

Este componente de sensibilidad ha sido analizado mediante los indicadores sensibilidad ambiental y sensibilidad socioeconómica, ya que son condiciones humanas y ambientales que pueden verse afectadas por el efecto de un fenómeno determinado.

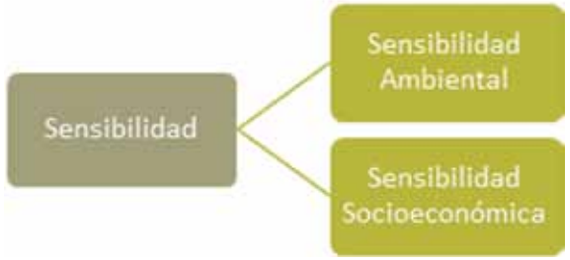


Figura II-59. Componentes de sensibilidad a la vulnerabilidad

SENSIBILIDAD AMBIENTAL

Se refiere a los espacios o medios biológicos-físicos-geográfico críticos en el área que se ven afectados por estímulos relacionados con el clima, se tomaron en cuenta los siguientes subindicadores:

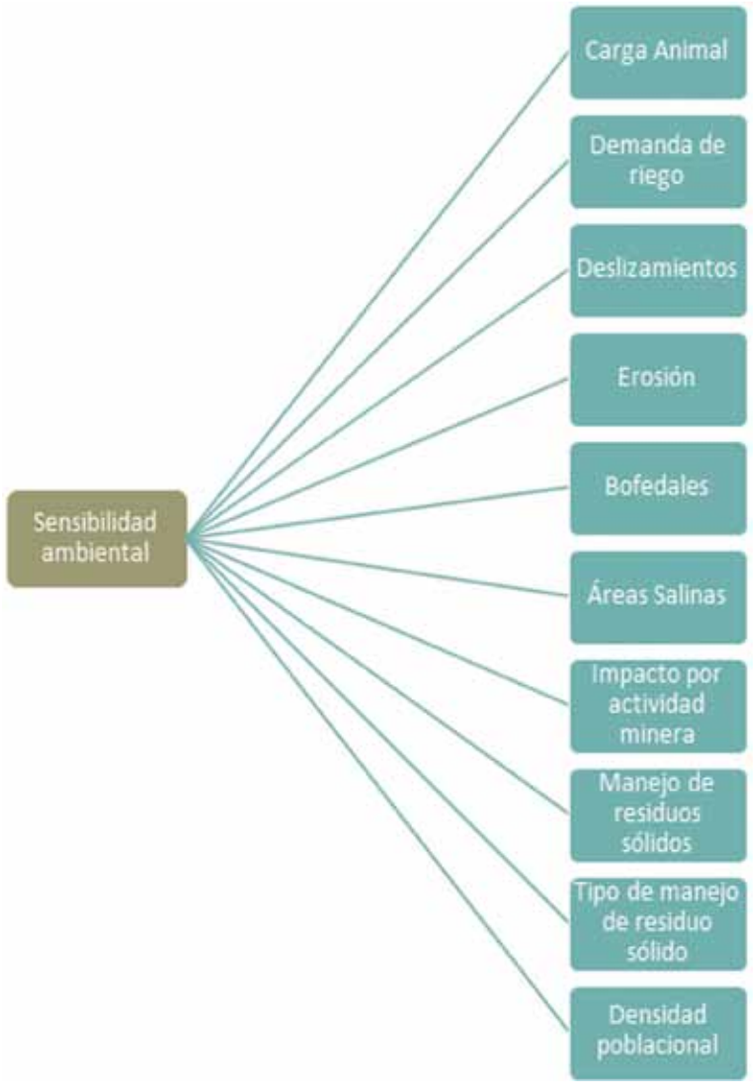
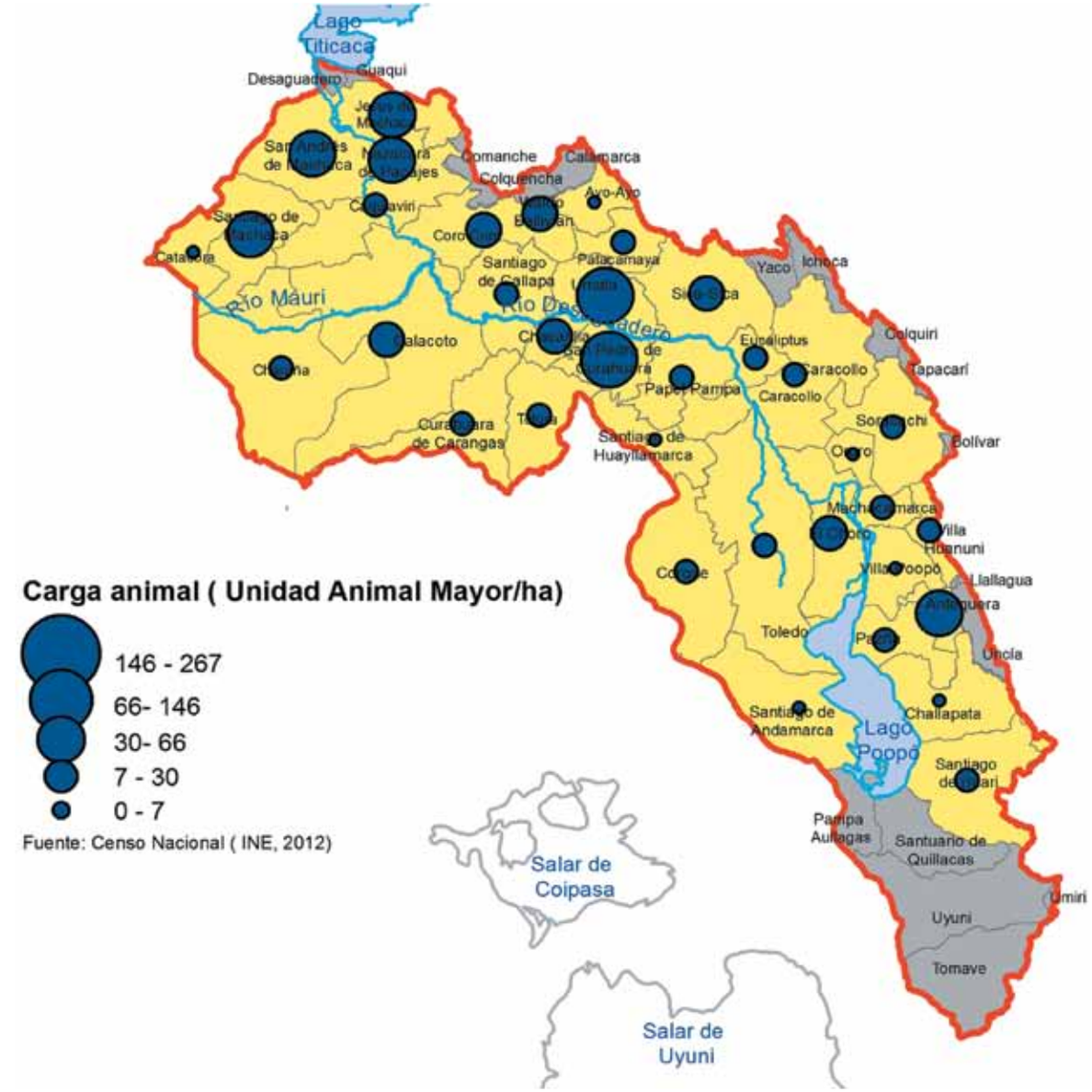


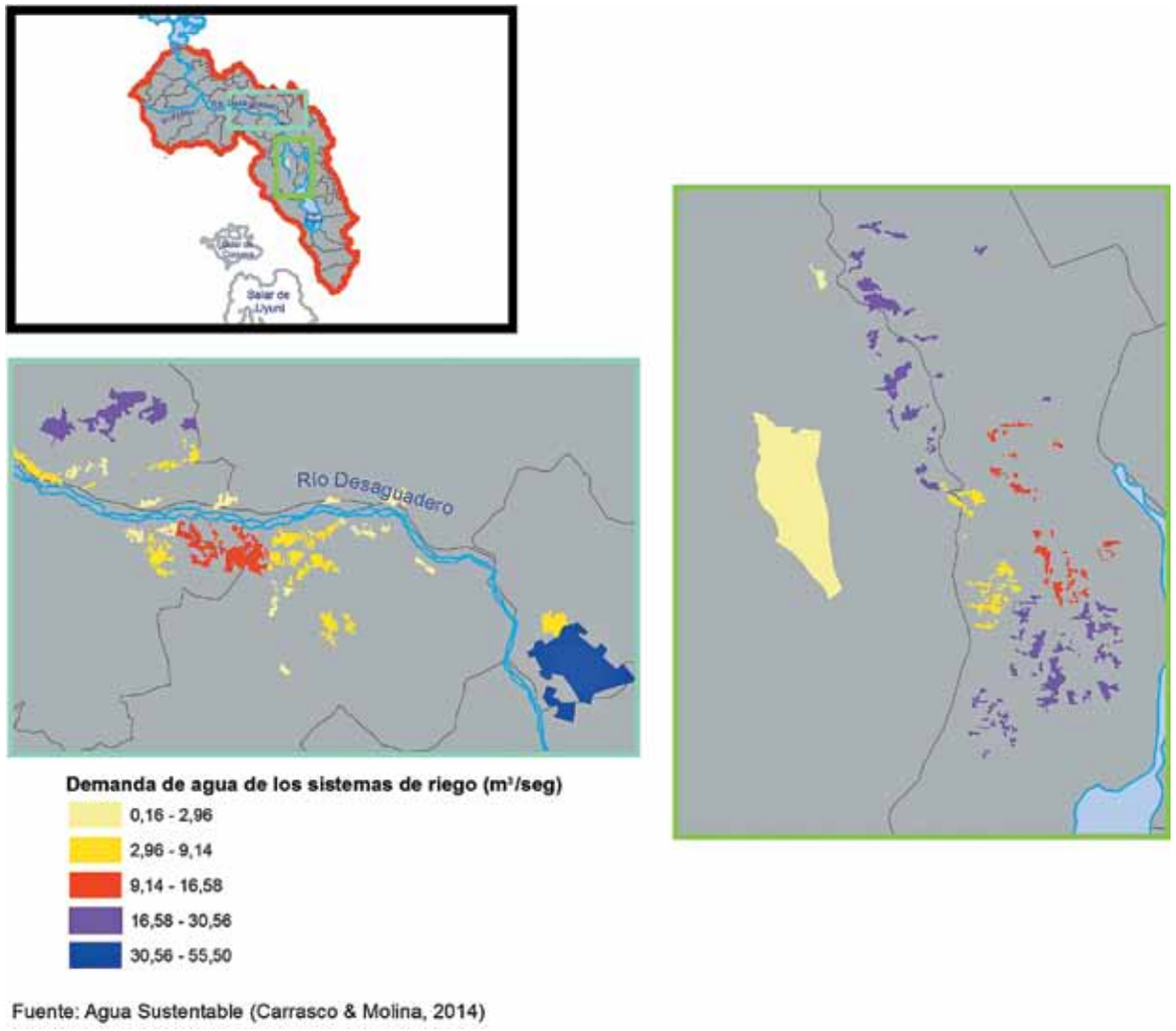
Figura II-60. Subindicadores de la sensibilidad ambiental a la vulnerabilidad

Carga Animal: Refleja la unidad animal mayor (UAM) sobre hectárea, hay que mencionar que para la realización de este mapa los datos cubrían distintas especies, las cuales fueron transformadas por equivalencias a cabezas de ganado vacuno, los datos recabados para la elaboración del mismo fueron recopilados a partir de la base de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE).Se considera que son más sensibles aquellas áreas donde se refleja una mayor cantidad de unidad animal mayor y menos sensible aquellos que tengan menor unidad animal mayor



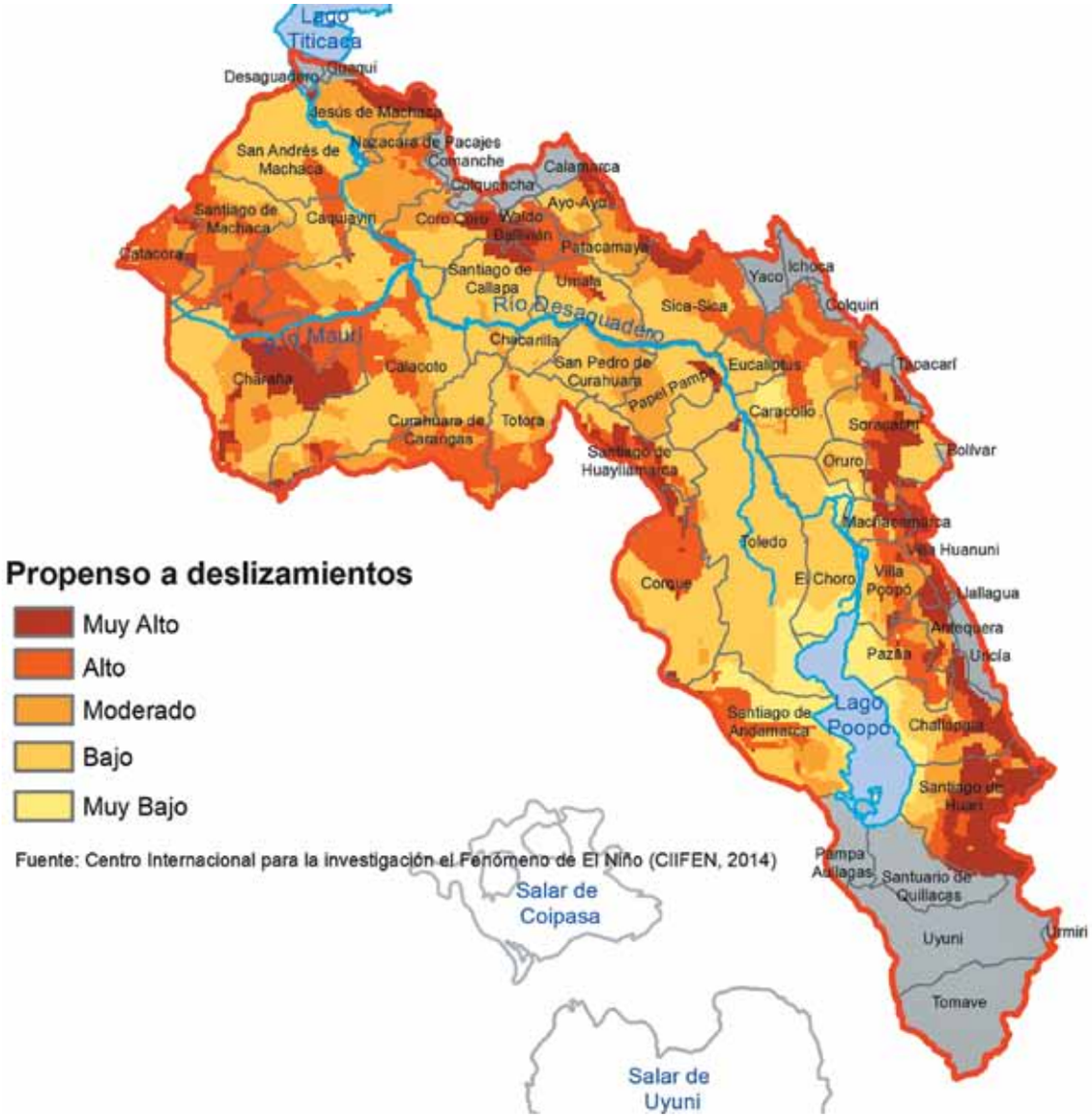
Mapa II-37. Carga animal en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Demanda de riego: Refleja la demanda de los recursos hídricos en el Sistema sobre la disponibilidad de agua superficial. En este caso, se consideran más sensibles los sistemas de riego cuya demanda es muy alta en función a la disponibilidad real del agua.



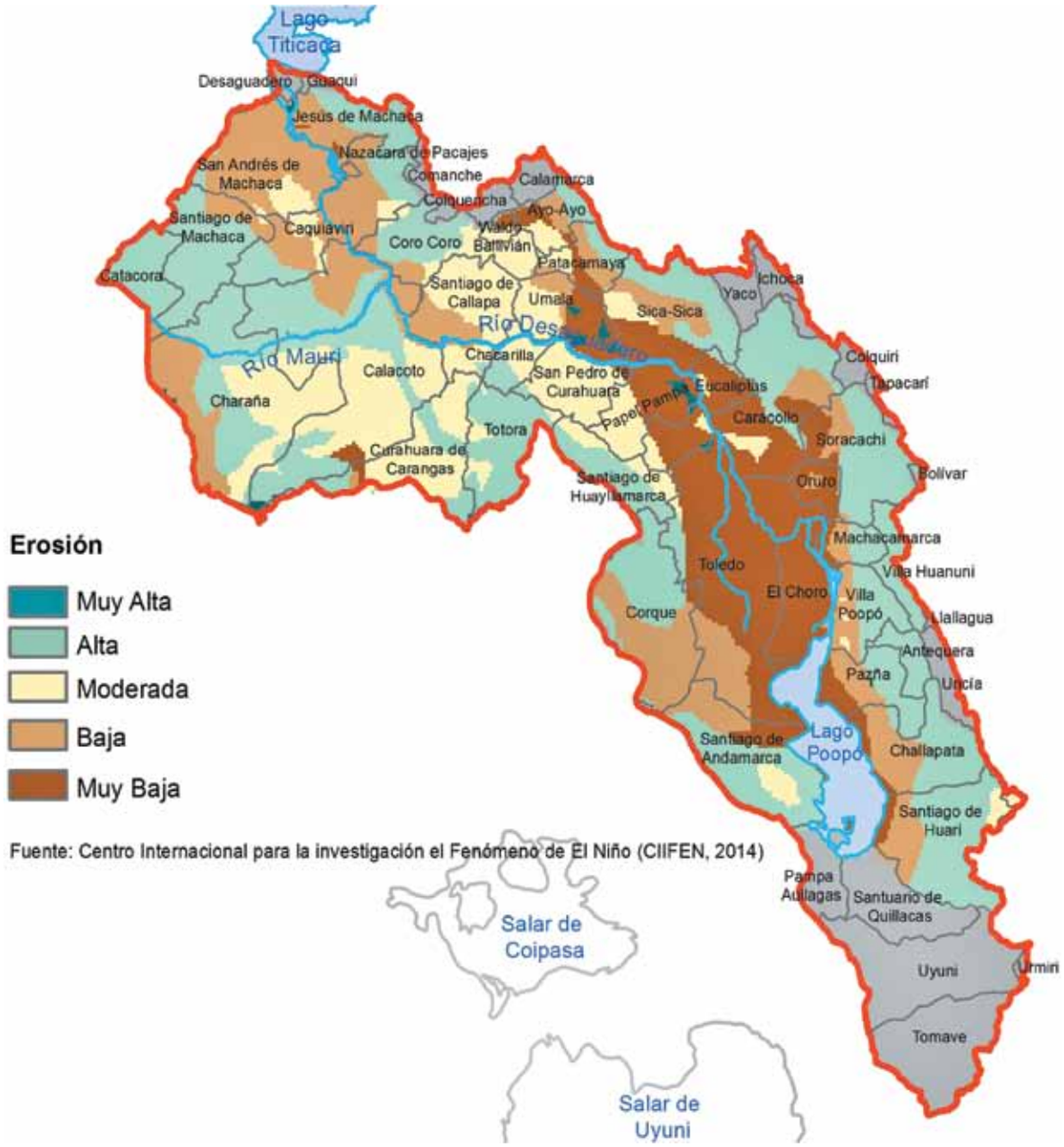
Mapa II-38. Demanda de agua de los sistemas de riego en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Deslizamientos: Áreas definidas a partir de las características de pendiente – geología – tipo de suelo que al ser afectadas por las alteraciones del clima pueden provocar deslizamientos. La información utilizada para el desarrollo de este subindicador fue proporcionada por el CIFEN (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño). Las áreas más sensibles son aquellas que son más propensas a la ocurrencia de un deslizamiento y viceversa.



Mapa II-39. Municipios Propensos a deslizamientos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

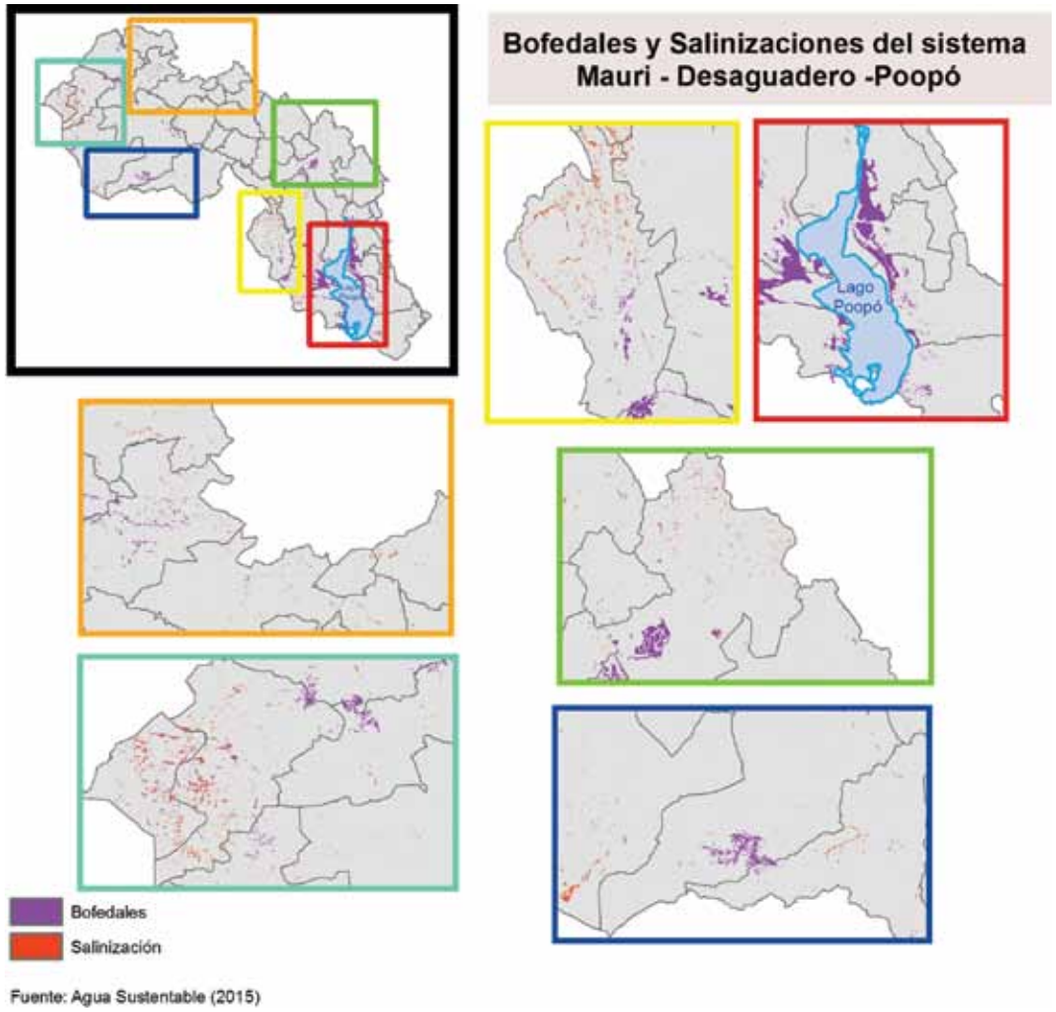
Erosión: En la parte Sureste de la cuenca, se observa una alta susceptibilidad de erosión La información utilizada es parte de la base de datos del CIFEN (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño). Se consideró para el estudio que las áreas con mayor presencia de erosión son más sensibles que las áreas que no presentan erosión.



Mapa II-40. Erosión en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Bofedales: Representa a los bofedales naturales y bajo manejo localizadas en el sistema. La información utilizada se ha generado mediante procesamiento de imágenes satelitales. Se consideran a las áreas que cuentan con vegetación propia de humedales altoandinos como más resilientes ante los cambios y la variabilidad climática.

Áreas Salinas: Representa los suelos salinos localizados en el sistema. La información utilizada se ha generado mediante procesamiento de imágenes satelitales. Las suelos salinos, se consideran como sensibles ambientalmente debido a que tienen más tendencia a erosionarse y tampoco son suelos aptos aptos para cultivos.

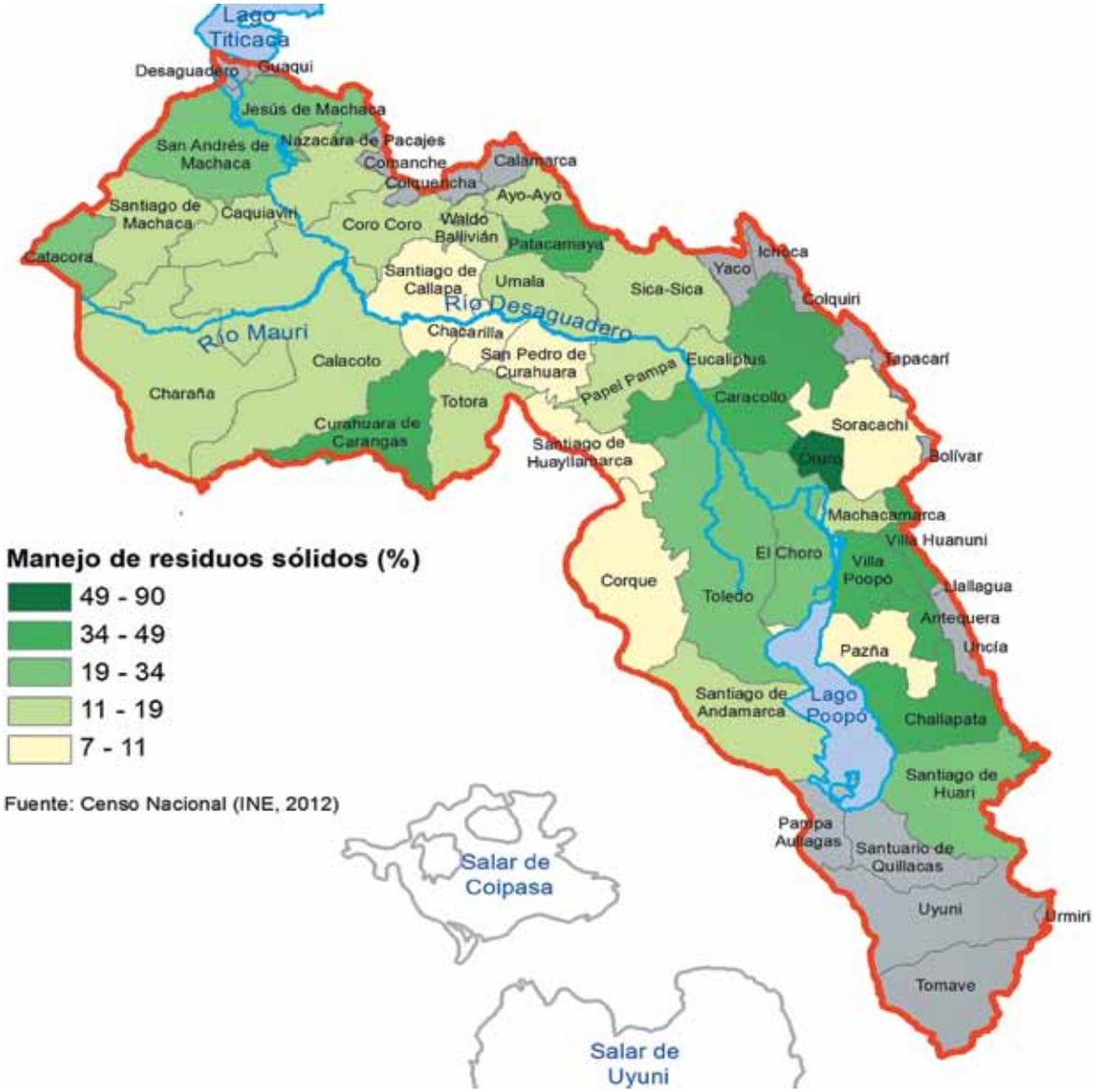


Mapa II-41. Bofedales y salinización en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Impacto por actividad Minera: Se refiere al impacto ambiental relativo a la influencia de la actividad minera, se considera que la sensibilidad ambiental del sistema es impactada por actividades humanas críticas y primarias como la minería, que al mismo tiempo se ven afectados por estímulos relacionados con el clima. La información base se obtuvo de SERGEOTECMIN.

Mapa II-42. Grado de impacto de actividad minera en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Manejo de residuos sólidos: Dato municipal de porcentaje de la población que realiza algún manejo de para la eliminación de la basura. Se considera que el manejo o no manejo de los residuos sólidos contribuye con la sensibilidad del medio ambiente, en este estudio se considera como manejo, la utilización de carro basurero, contenedor y entierro de basura, y no así el depositado en terrenos, ríos, quema u otras prácticas. El único municipio que tiene el 90% de la población que realiza algún tipo de manejo considerado es el de Oruro por ser un municipio urbano. La información fue recabada del Censo 2012 realizado por el INE.

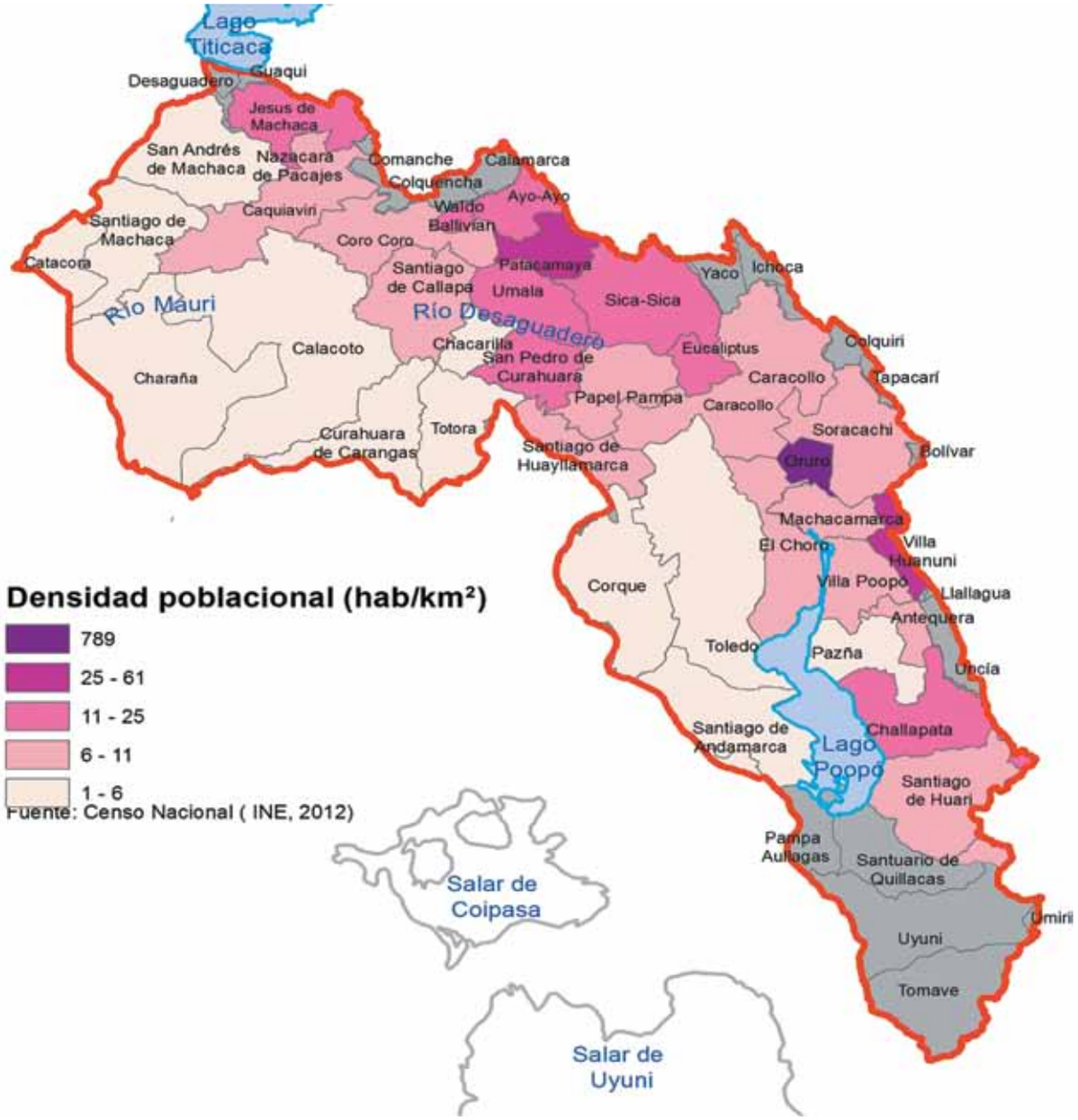


Mapa II-43. Manejo de residuos sólidos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Tipo de manejo de residuo sólido: Dato municipal del tipo de prácticas de eliminación de la basura realizada por la población, más del 80% de los municipios del sistema utilizan técnicas nocivas de eliminación de basura, además de depositar su basura en lugares poco convencionales, como terrenos o ríos, mientras que menos del 20% de los municipios hacen su eliminación a través de carros basureros o y/o basureros públicos. Se considera que tienen un grado de sensibilidad muy alta aquellos municipios que depositan su basura en ríos, mientras que aquellos que usan carros basureros o basureros públicos tienen un grado muy bajo de sensibilidad. La información fue obtenida del Censo 2012 realizado por el INE.

Mapa II-44. Tipo de manejo de residuos sólidos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Densidad Poblacional: Refleja el número de habitantes que existe por kilómetro cuadrado, el municipio con la densidad poblacional más alta es el municipio de Oruro con 789 habitantes por kilómetro cuadrado. Se consideró que las áreas con mayor sensibilidad son aquellas que más densidad poblacional tienen. La información utilizada fue la proporcionada por INE (Instituto Nacional de Estadística)



Mapa II-45. Densidad poblacional en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

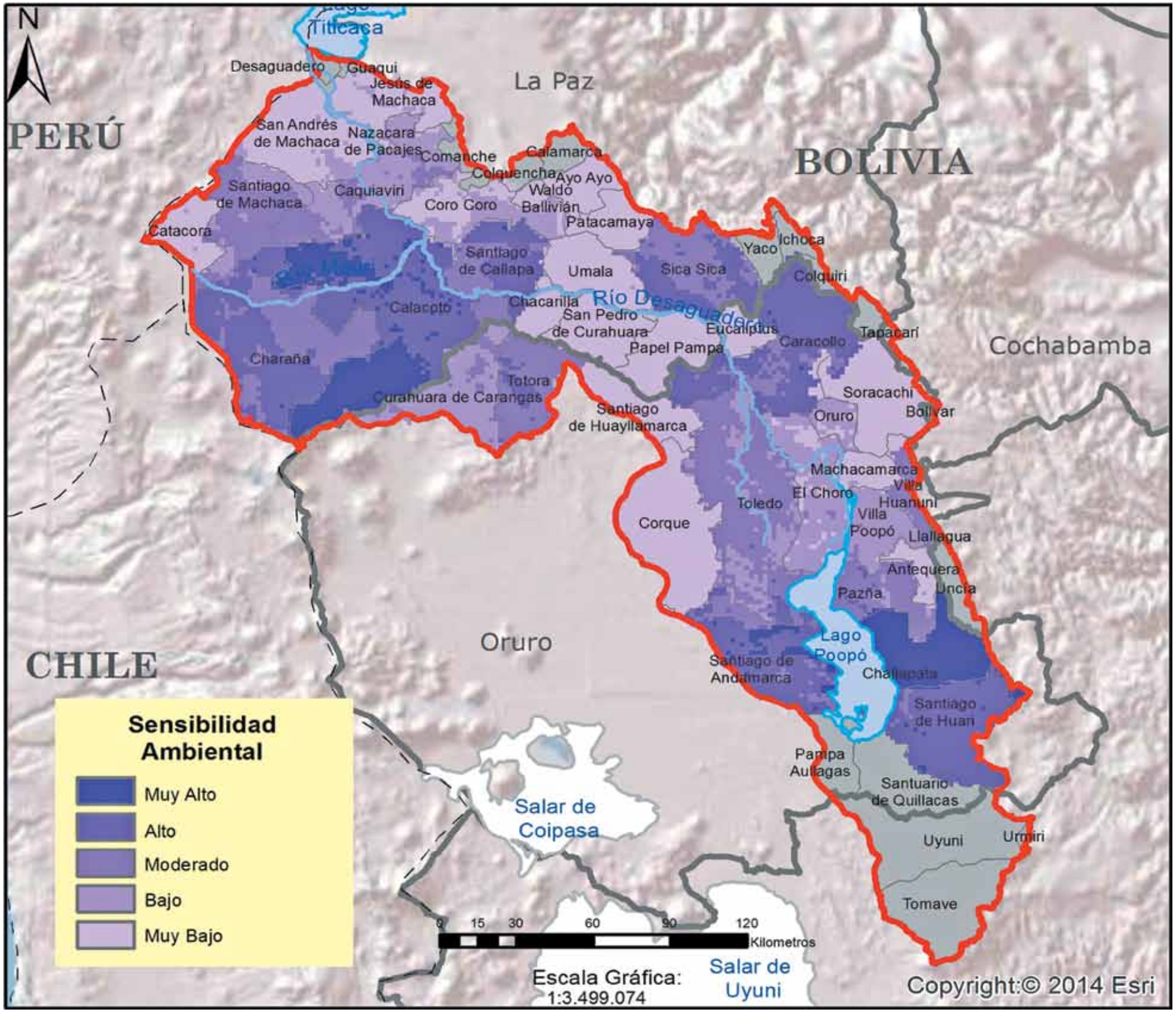
La ponderación de los indicadores fue la siguiente:

$$SA = (CA*0{,}126) + (OH*0{,}089) + (D*0{,}056) + (E*0{,}055) + (B*0{,}093) + (AS*0{,}090) + (IAM*0{,}144) + (MRS*0{,}050) + (TMRS*0{,}050) + (DCP*0{,}247)$$

Dónde:

- SA: Sensibilidad ambiental
- CA: Carga animal
- OH: Oferta hídrica
- D: Deslizamientos
- E: Erosión
- B: Bofedales
- AS: Áreas salinas
- IAM: Impacto actividad minera
- MRS: Manejo de residuos sólidos
- TMRS: Tipo de manejo de residuos sólidos
- DCP: Densidad de centros poblados

Los pesos otorgados a los subindicadores fueron desarrollados. La suma de las coberturas a partir de técnicas de análisis espacial y geoprocesamiento que permiten combinar los subindicadores mencionados, da como resultado un mapa que refleja que los diferentes grados de sensibilidad ambiental que tienen los municipios del sistema. Challapata se considera un municipio con alto grado de sensibilidad ambiental debido a la actividad minera.



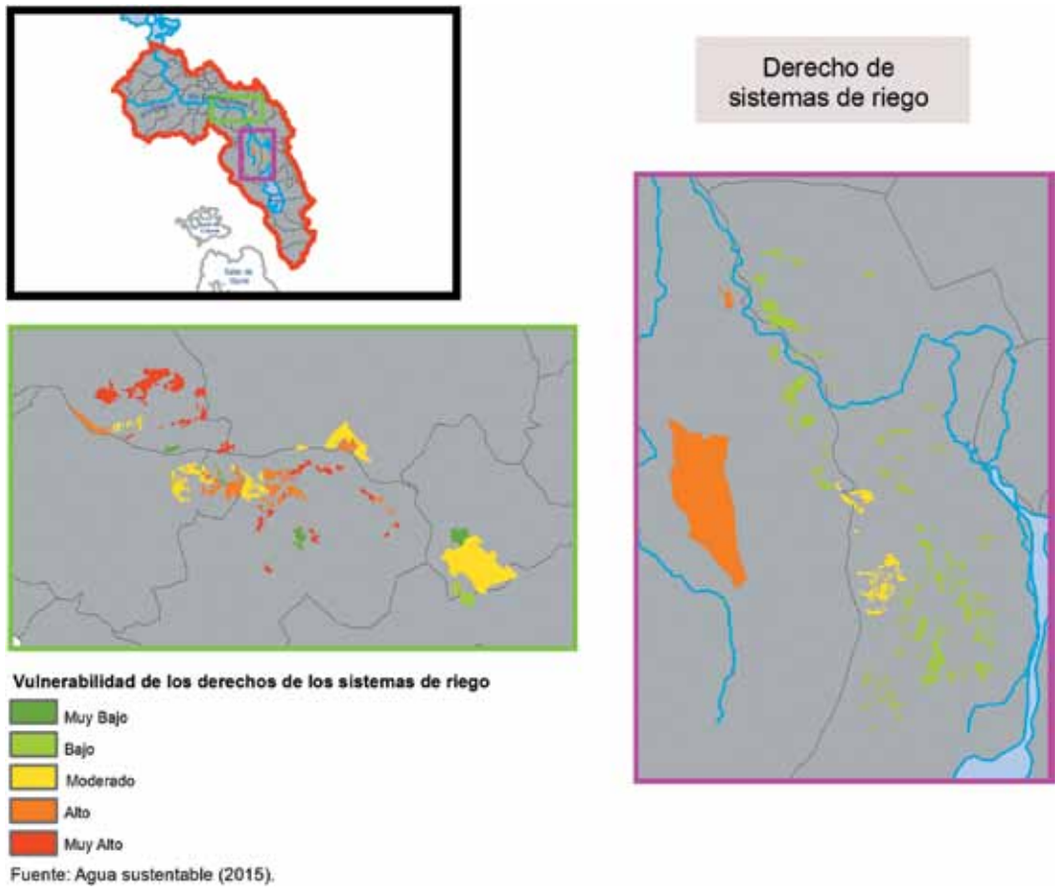
Mapa II-46. Sensibilidad Ambiental en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

SENSIBILIDAD SOCIOECONÓMICA

Se refiere al grado de sensibilidad social y económico a los impactos de la variabilidad y el cambio climáticos. Para el desarrollo de este componente se utilizaron cuatro indicadores.

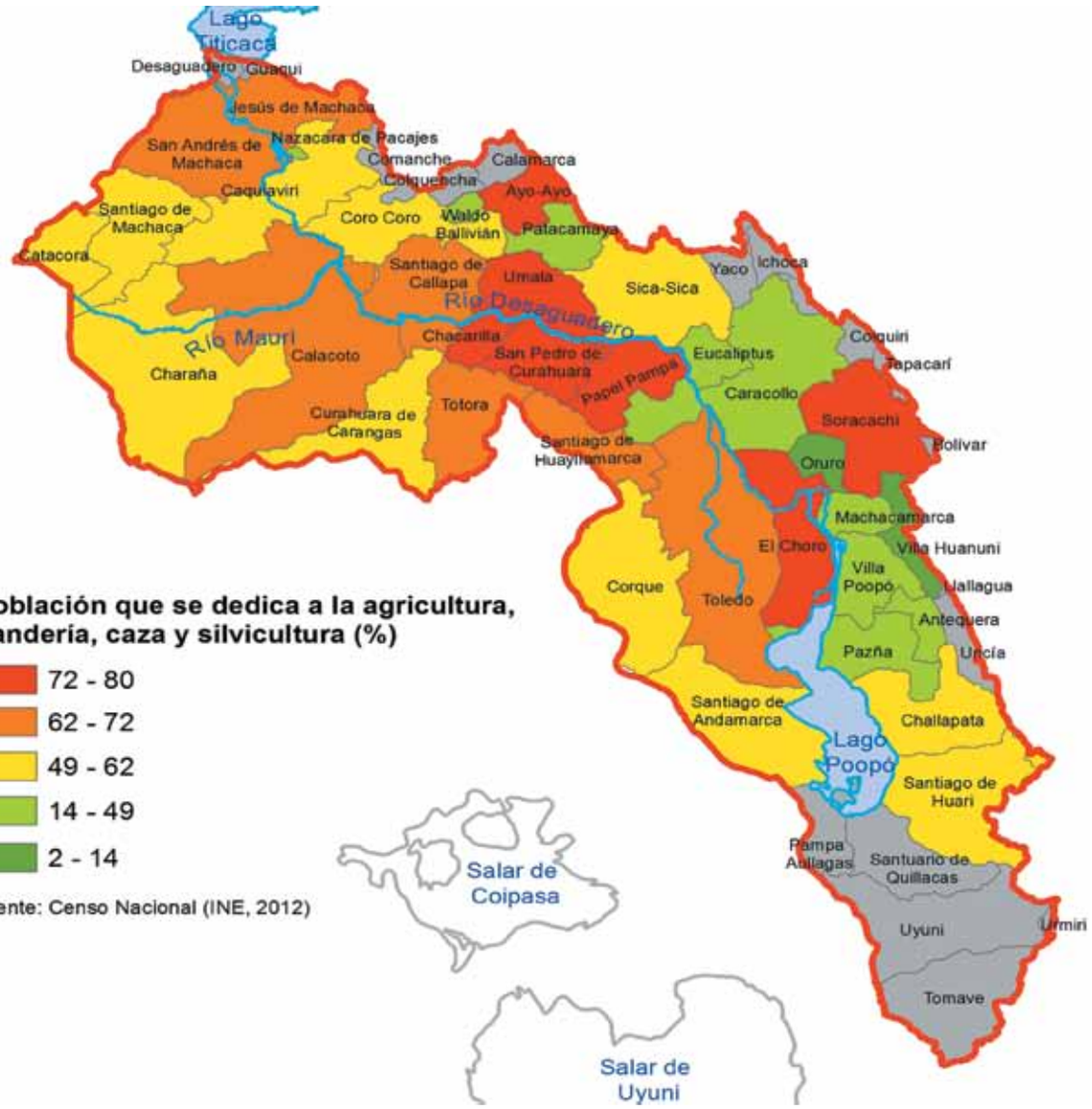
Figura II-61. Indicadores de sensibilidad socioeconómica a la vulnerabilidad

Derechos de los sistemas de riego: la vulnerabilidad de los sistemas de riego se debe a los factores de disponibilidad de agua, seguridad jurídica y nivel de organización en cuanto a sus usos y costumbres.



Mapa II-47. Vulnerabilidad de los derechos de los sistemas de riego en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Actividad económica de la Población en agricultura ganadería, caza y silvicultura: Dato municipal del porcentaje de población económicamente activa dedicada a actividades económicas primarias, se considera que estas actividades son especialmente sensibles a las alteraciones en el clima por su influencia y dependencia con este los municipios con los porcentajes más altos se los considera con un grado de sensibilidad muy alta, mientras que los que tienen los porcentajes más bajos son aquellos que tienen un grado de sensibilidad muy baja, los municipios con los porcentajes más bajos son Oruro y Villa Huanuni indicando que en estos dos municipios la mayoría de la población tienen como actividades económicas otras muy diferentes a las mencionadas, mientras que los municipios con los porcentajes más altos son los de Chacarilla, San Pedro de Curahuara, Papelpampa, Umala, El Choro y Soracachi. La información utilizada forma parte de la base de datos del Censo 2012 realizado por el INE.



Mapa II-48. Población que se dedica a la agricultura, ganadería, caza y silvicultura en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

SENSIBILIDAD DE LA POBLACIÓN

Grupo de subindicadores socioeconómicos que evalúan las características especialmente sensibles de la población en el área de estudio.

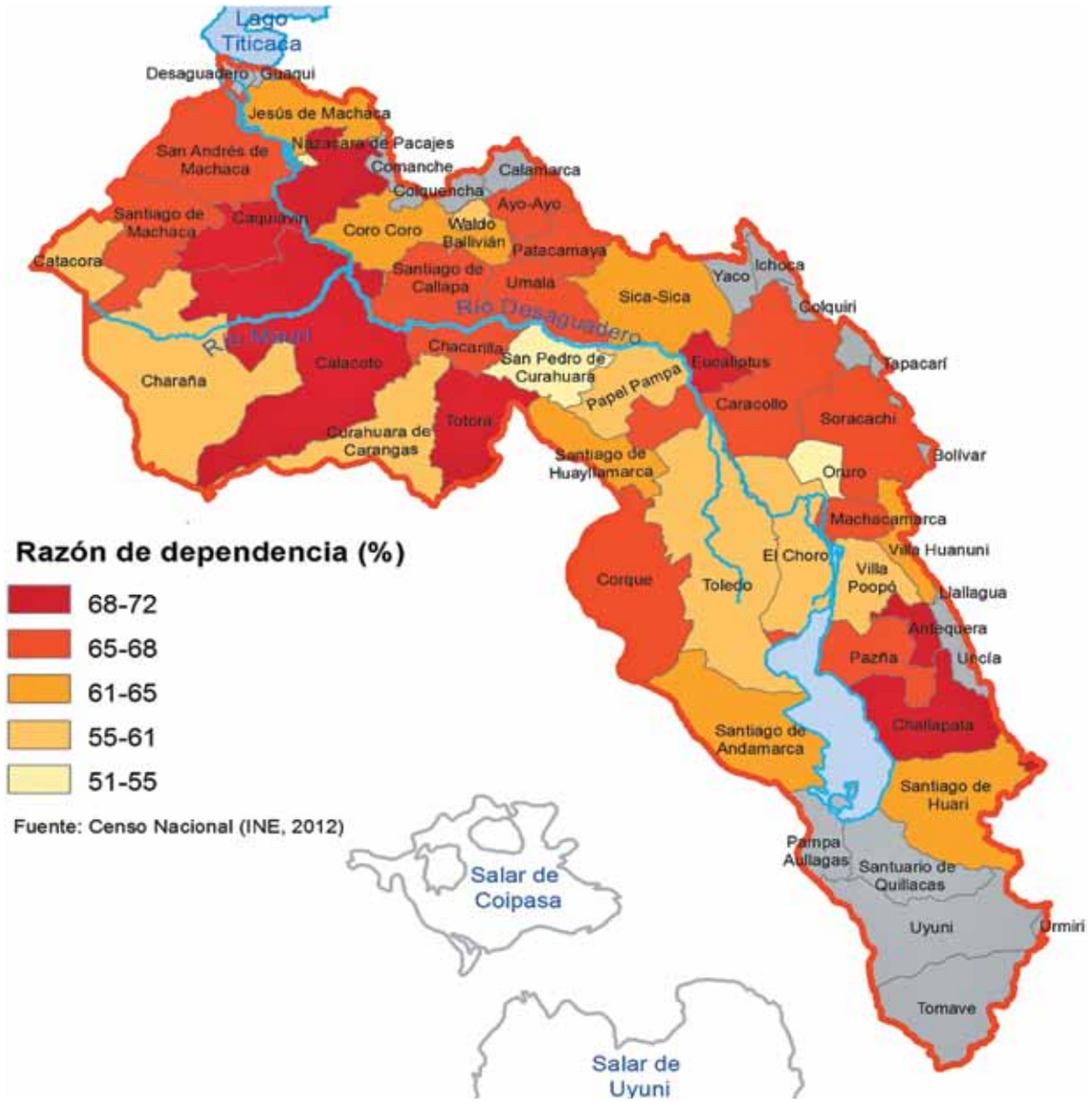
Figura II-62. Subindicadores de sensibilidad de la población a la vulnerabilidad

Razón de dependencia: Indicador de dependencia económica potencial que mide a la población económicamente inactiva en relación a la población económicamente activa de acuerdo a la edad, expresada en la siguiente formula:

$$RD = N1/N2 * 100$$

Dónde:
RD= Razón de dependencia
N1: Número total de personas entre 0 y 14 años y los mayores de 65 años
N2: Número de personas entre 15 y 64 años

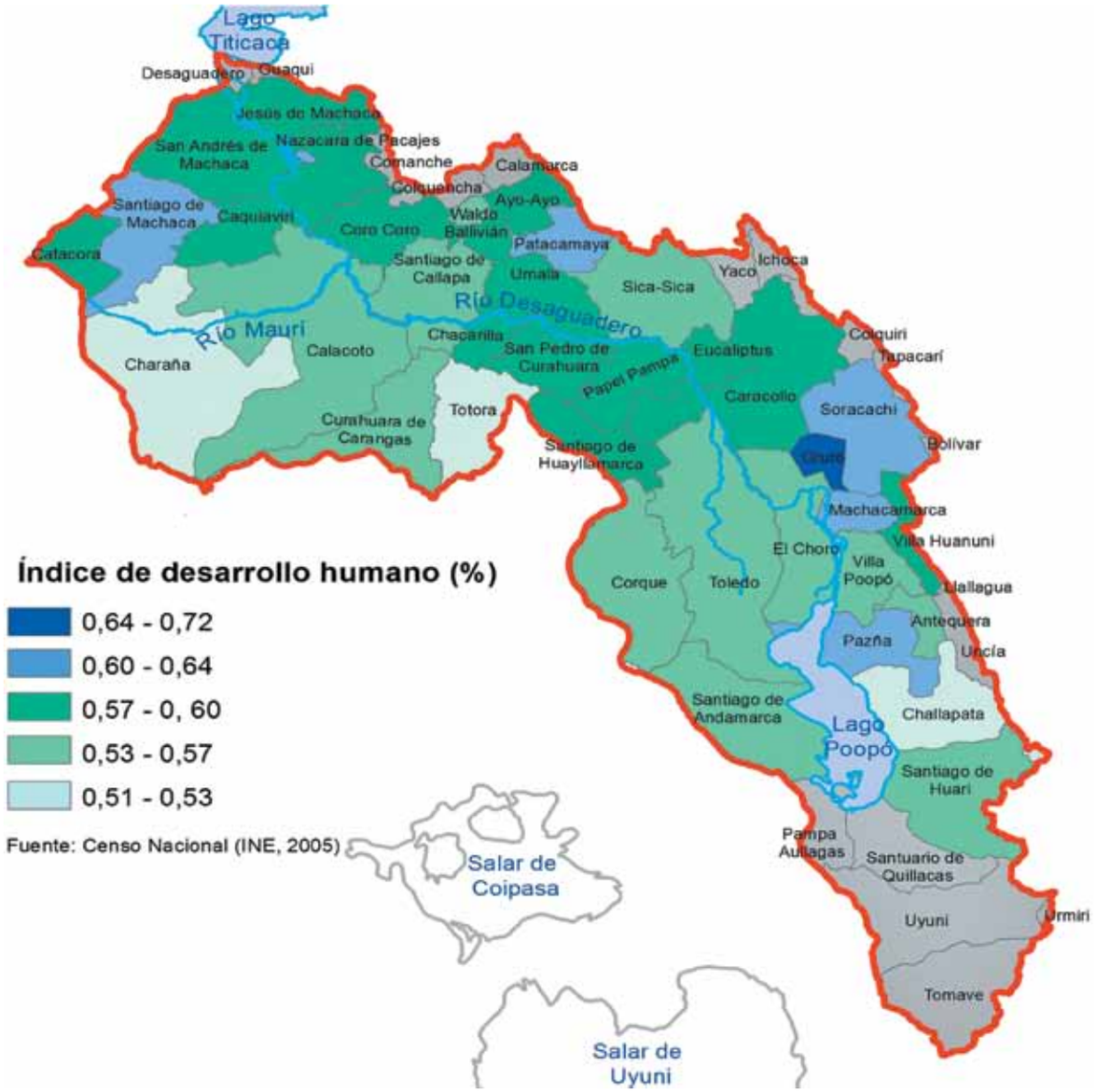
Los municipios con los índices más altos es decir que tienen mayor población inactiva en relación a la población económicamente activa y por ende los más sensibles son los municipios de Calacoto, Caquiaviri, Totora, Challapata, Antequera y Eucaliptus, mientras los municipios con los porcentajes más bajos y menos sensibles son los de Oruro y San Pedro de Curahuara. La información fue recopilada del Censo 2012 realizado por el INE.



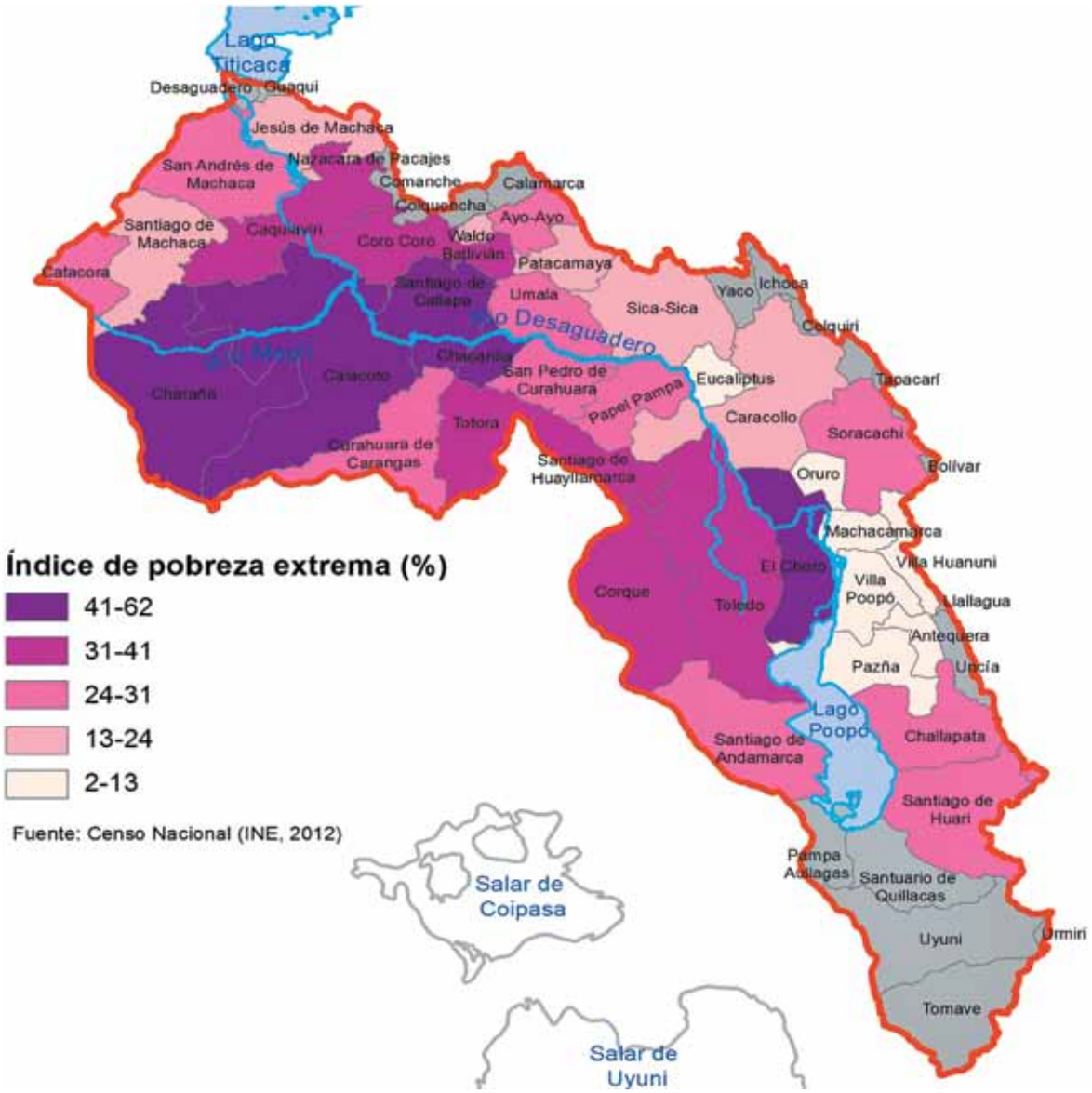
Mapa II-49. Razón de dependencia en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Índice de Desarrollo Humano: Indicador que se basa en la idea de bienestar de la población. Toma en cuenta la esperanza de vida al nacer, nivel de educación, PIB (Producto Interno Bruto). El Municipio que tiene el índice más alto es el Municipio de Oruro por lo tanto es menos sensible, mientras que los Municipios con los índices más bajos son los de Charaña y Totora es decir los mas sensibles.

Índice de pobreza extrema: Porcentaje de la población que se encuentra por debajo de la línea de pobreza, que es el equivalente monetario del costo de la canasta básica de bienes y servicios por persona por un tiempo determinado. Los Municipios con los indicadores más altos y por consecuente los que se encuentran muy por debajo de la línea de pobreza son los Municipios de Calacoto, Charaña, Santiago de Callapa, Toledo y el Choro, esta información fue recabada de la base de datos del Censo 2012 llevado a cabo por el INE.



Mapa II-50. Índice de desarrollo humano en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó



Mapa II-51. Índice de pobreza extrema en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

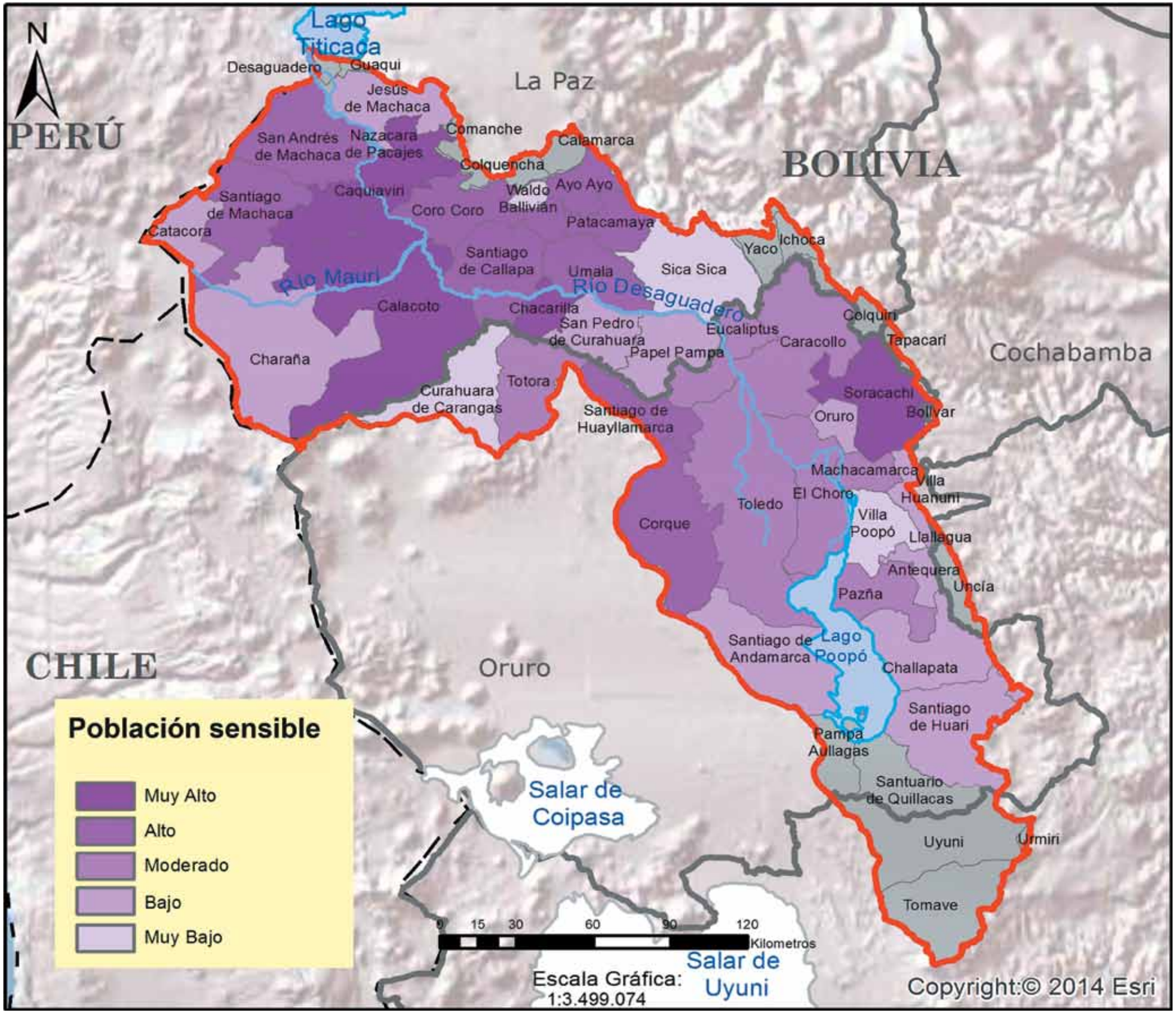
Las ponderaciones otorgadas para poder determinar la sensibilidad de la población fueron determinadas obteniendo los siguientes pesos:

$$PS = (RD * 0{,}284) + (IDH * 0{,}414) + (IPE * 0{,}302)$$

Dónde:

- PS: Población sensible
- RD: Razón de dependencia
- IDH: Índice de desarrollo humano
- IPE: Índice de pobreza extrema

La suma de los subindicadores, deriva en un mapa que refleja los grados de sensibilidad que tiene la población, el resultado permite apreciar que Calacoto, Caquiaviri, Chacarilla, Soracachi son los municipios que tienen un grado Muy Alto de sensibilidad, mientras que los municipios con los grados más bajos de sensibilidad son los de Villa Poopó, Sica Sica, Curahuara de Carangas y Waldo Ballivian.



Mapa II-52. Población sensible en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

ACCESO A LOS SERVICIOS BÁSICOS Y DE SALUD

El acceso a la salud, educación y seguridad social y su limitación en varios casos del Altiplano Boliviano, nos da un parámetro de vulnerabilidad de la población en respuesta a cambios del clima.

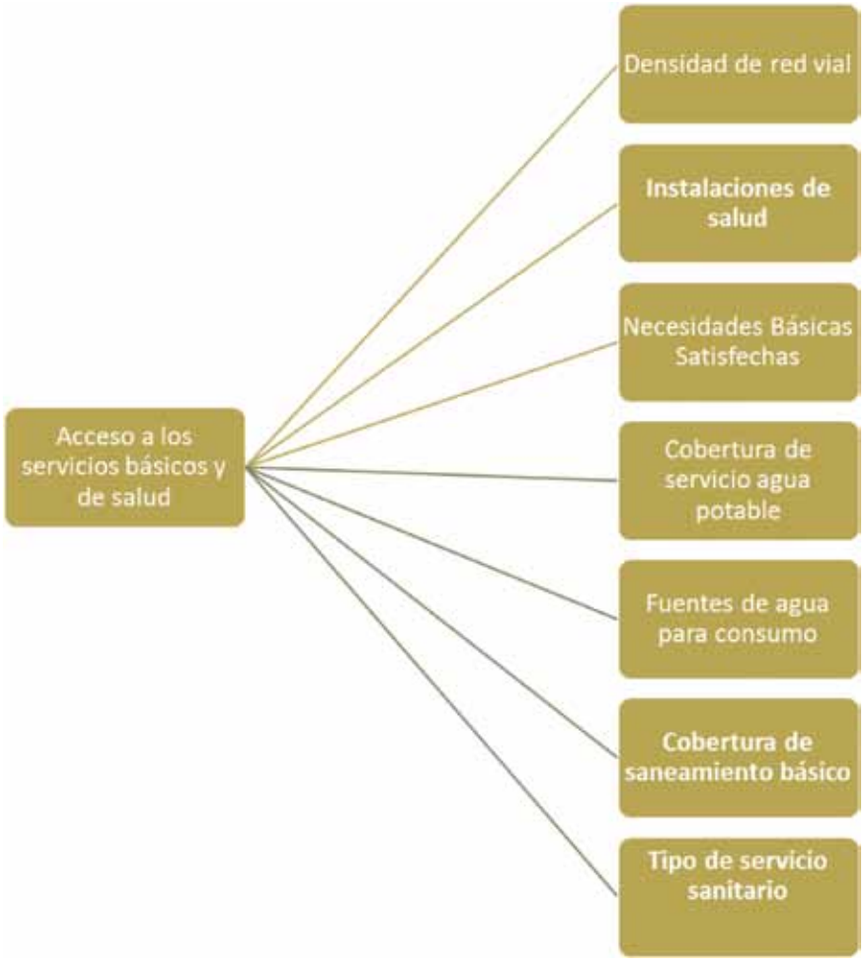
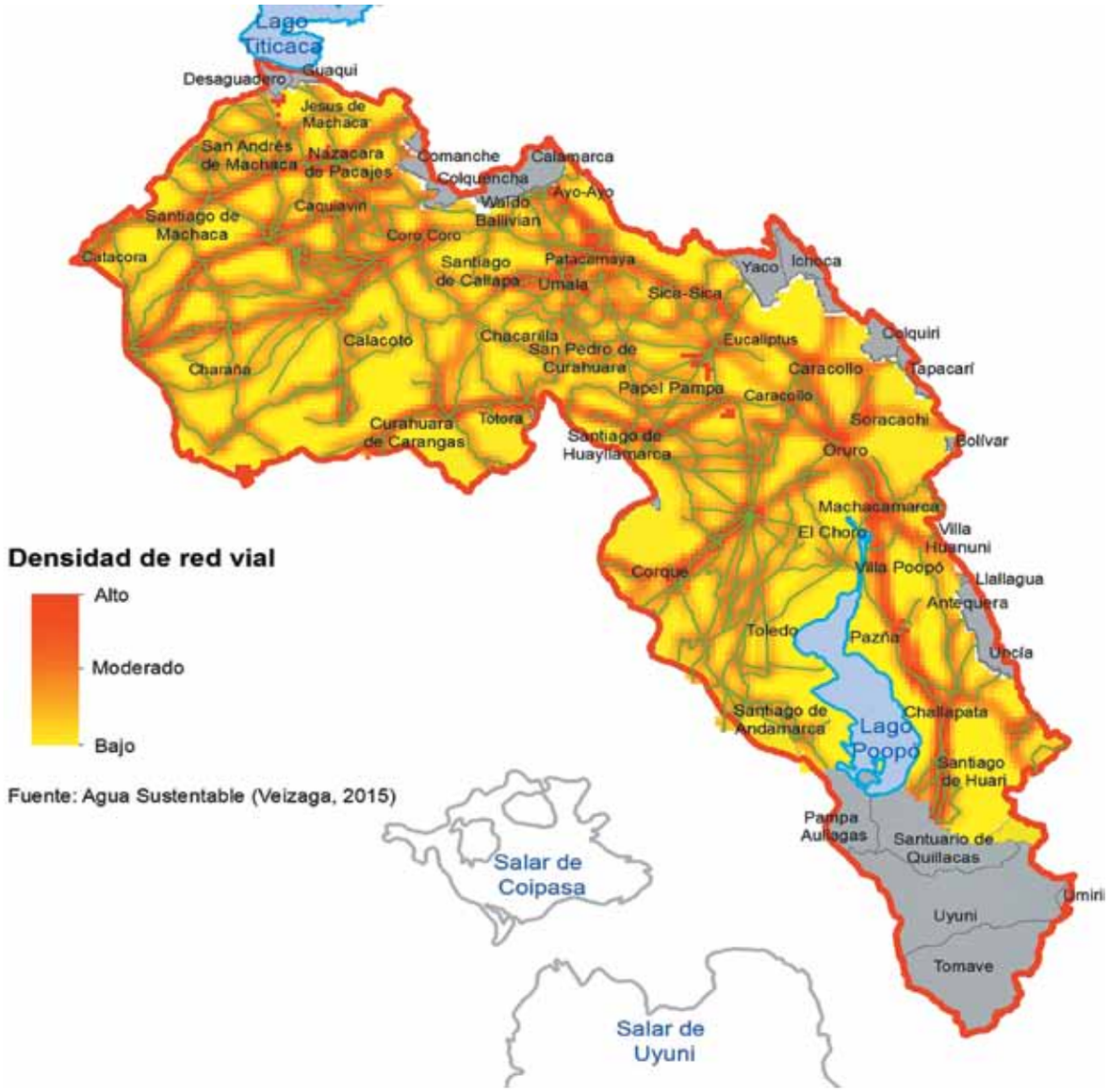


Figura II-63. Subindicadores del acceso a los servicios básicos y de salud

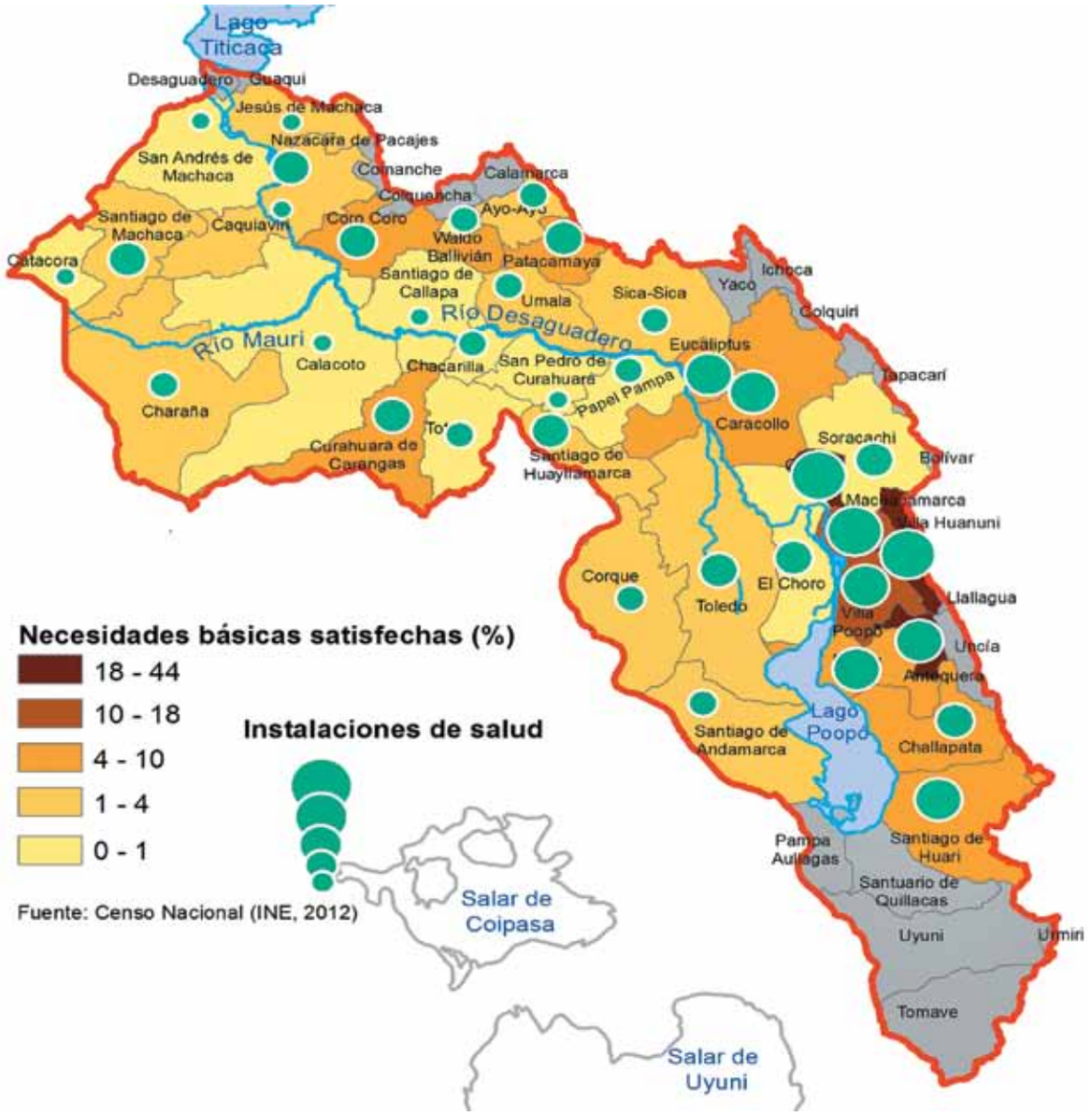
Densidad de red vial: Capa de cobertura de red vial principal y secundaria. Se considera que una mayor densidad de vías de comunicación es favorable para una respuesta rápida a los efectos de las alteraciones del clima y viceversa.



Mapa II-53. Densidad de red vial en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

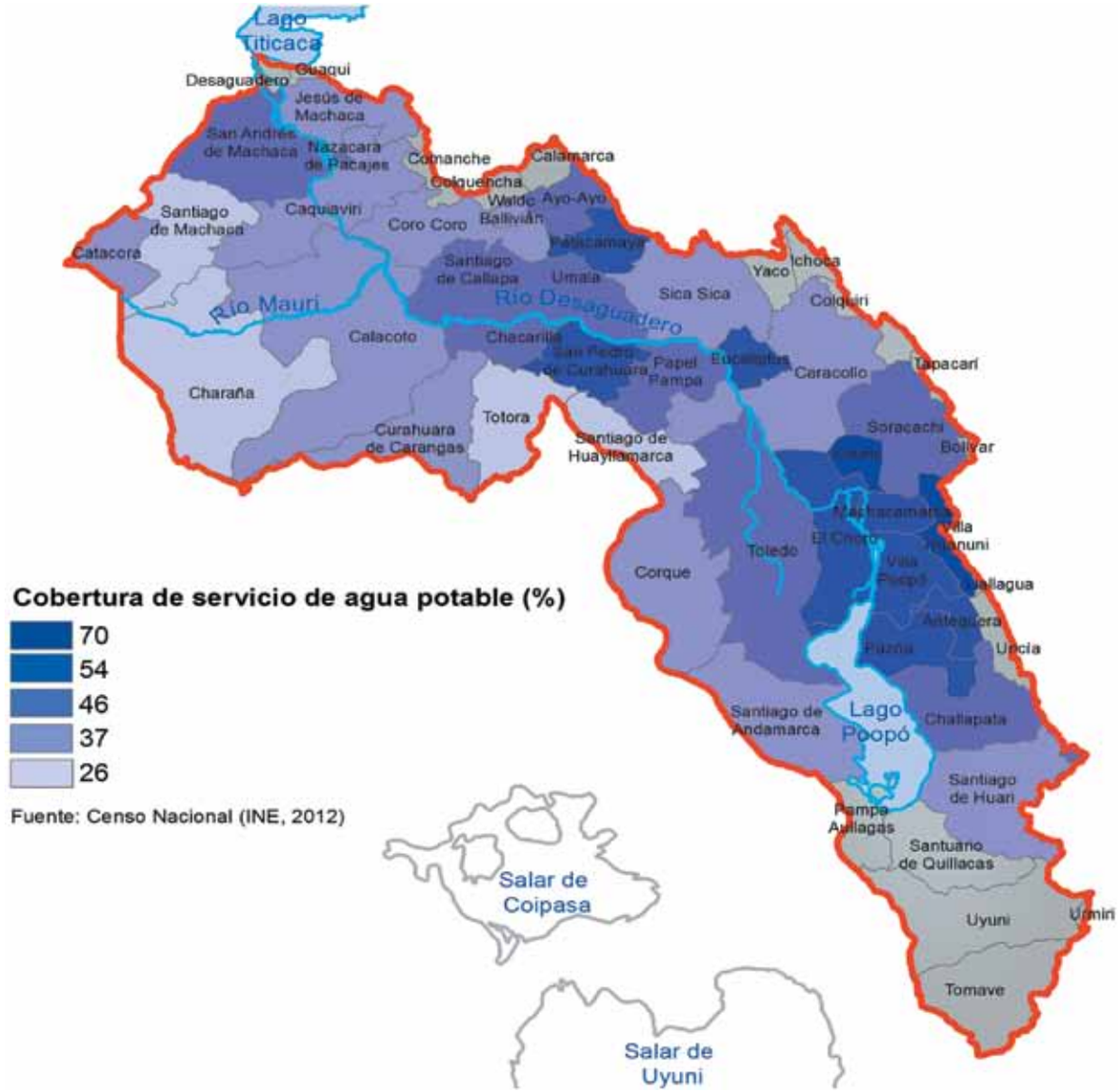
Instalaciones de salud: Indicador de establecimientos de salud por municipios. Los municipios que cuentan con más instalaciones de salud son los municipios de Oruro y Villa Huanuni.

Necesidades Básicas Insatisfechas: Indicador de las Necesidades básicas insatisfechas, evalua carencias críticas de la población y caracteriza la pobreza. Usalmente esta relacionado con vivienda, servicios básicos, educación básica e ingreso mínimo. El mapa refleja que los municipios con muy alto grado de sensibilidad son aquellos que tienen los más altos porcentajes de necesidades básicas insatisfechas.



Mapa II-54. Necesidades básicas satisfechas e instalaciones de salud en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Cobertura de servicio de agua potable: El dato municipal del porcentaje de la población que tiene acceso a agua potable, es decir, que son parte de un sistema de servicios. Los municipios con los niveles más bajos de acceso a servicios de agua potable son los municipios de Charaña, Santiago de Machaca, Totora y Santiago de Huayllamarca.

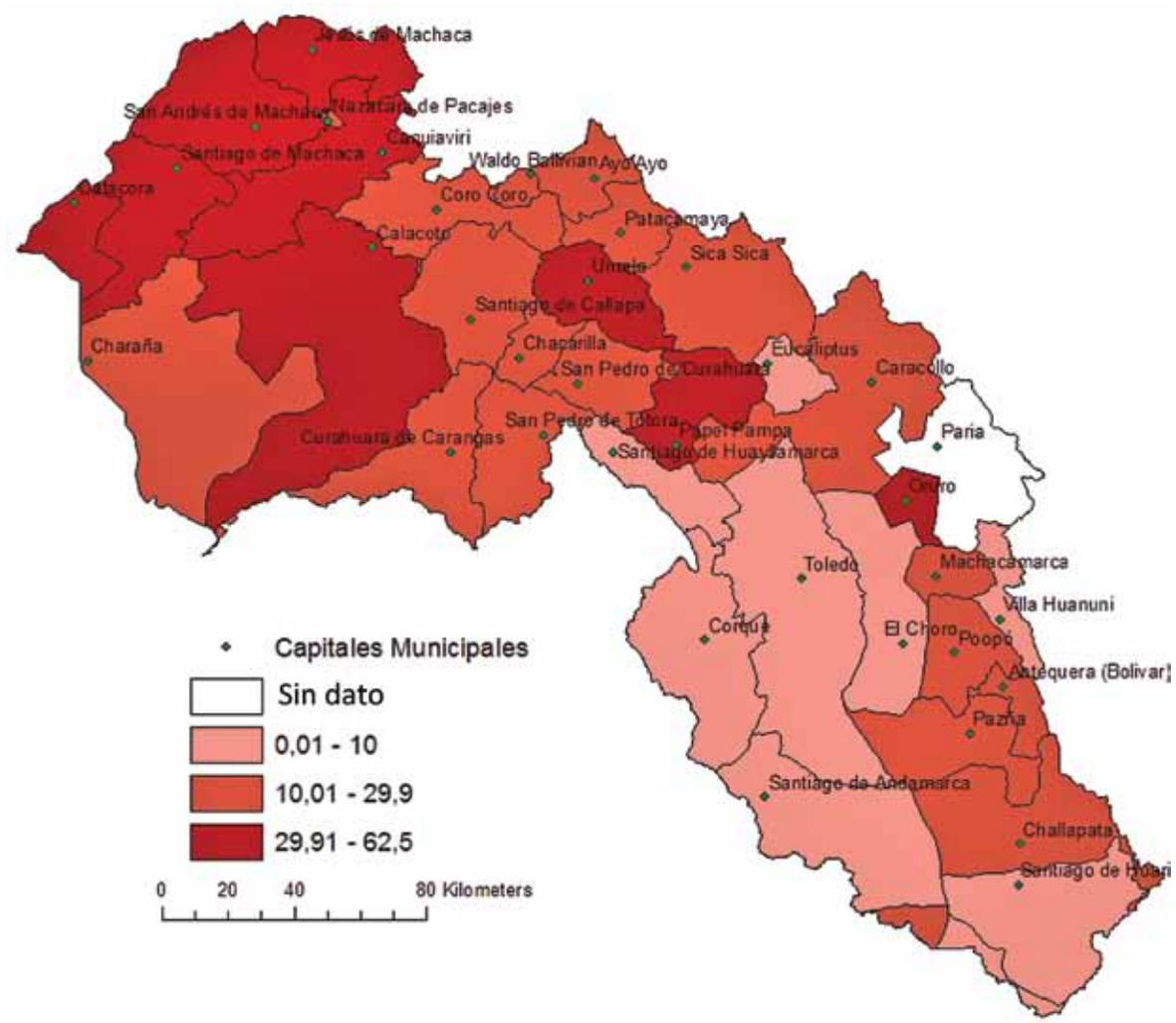


Mapa II-55. Cobertura de servicio de agua potable en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Fuente de agua para consumo: Refleja que tipo de procedencia de servicio de agua potable en donde el 50% de los municipios tienen como fuente de agua pozos sin bomba, mientras la otra mitad está distribuida entre redes de cañerías, pozos con bomba, etc. considerándose más sensibles las fuentes que no son parte de un sistema o servicio.

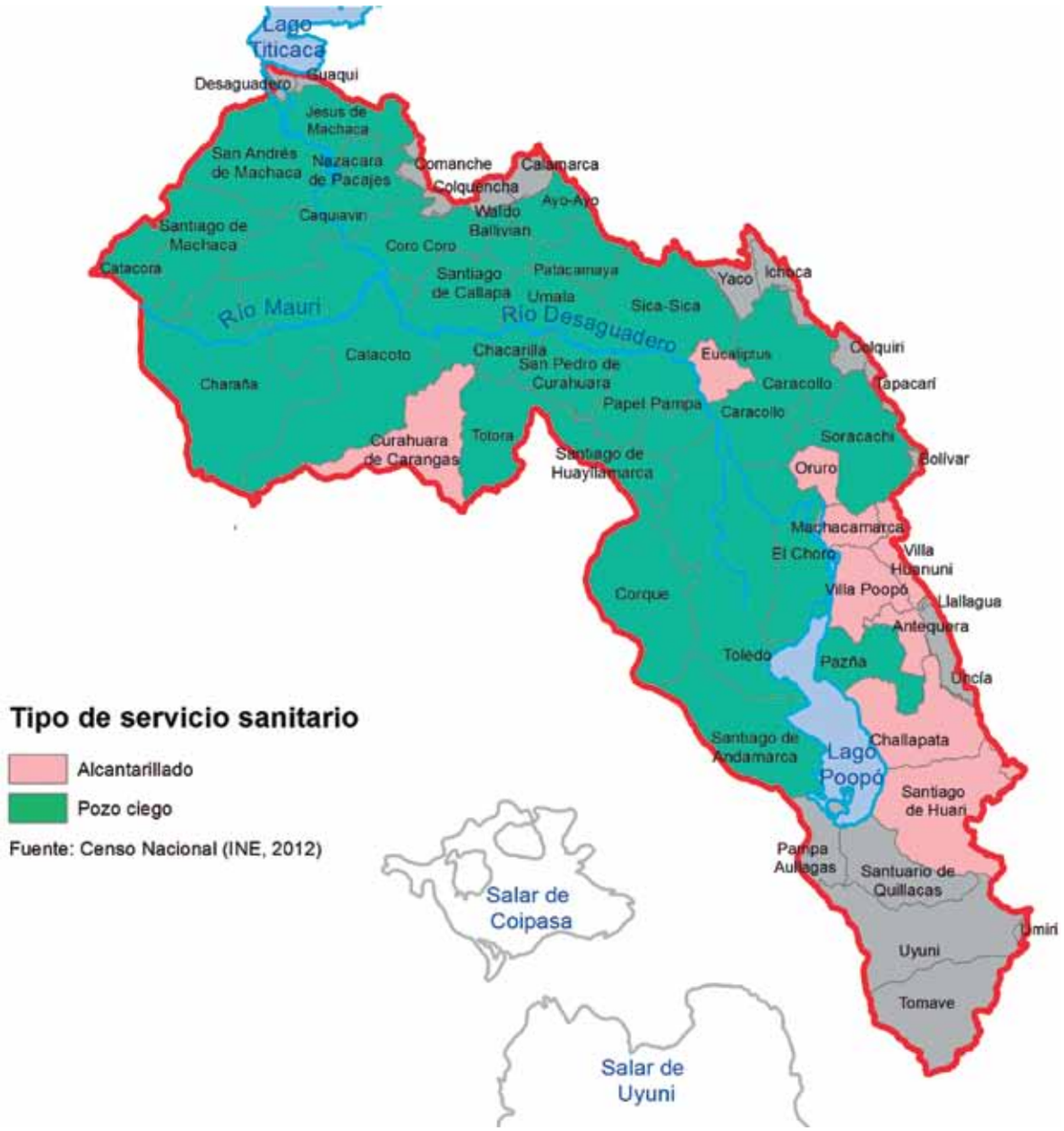
Mapa II-56. Fuentes de Agua Potable en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Cobertura de saneamiento básico: Dato municipal del porcentaje de la población que tiene acceso a algún tipo de servicio de saneamiento básico (alcantarillado, cámara séptica o pozos ciegos), todos los municipios se encuentran por encima del 87%.



Mapa II-57. Cobertura de saneamiento en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Tipo de servicio sanitario: Indicador del porcentaje de la población según el servicio o práctica de saneamiento básico, donde más del 70% de os municipios tienen acceso a pozos ciegos mientras solamente menos del 30% tiene acceso a una red de alcantarillados.



Mapa II-58. Servicio sanitario en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Los datos utilizados para el desarrollo de estos subindicadores fueron los obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el Censo de población y vivienda 2012

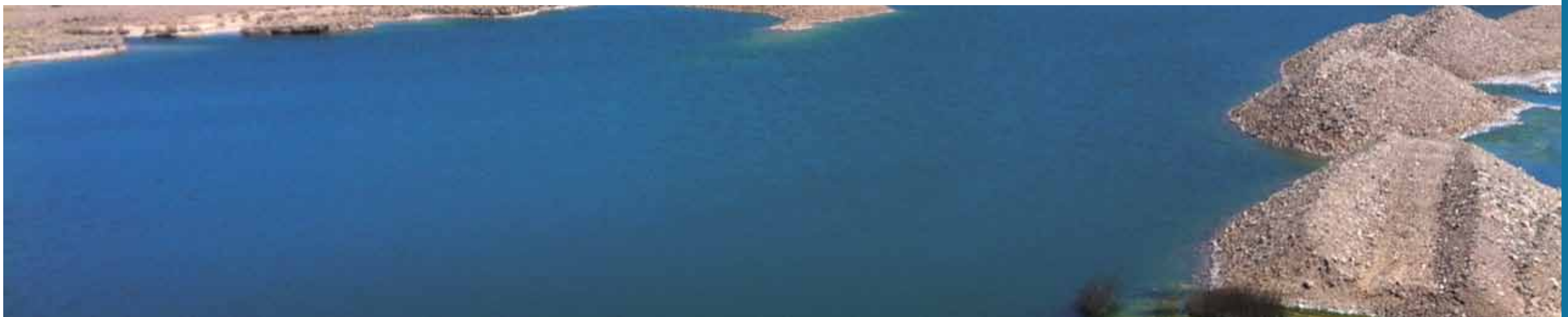
La ponderación de los subindicadores fueron definidos de la siguiente forma:

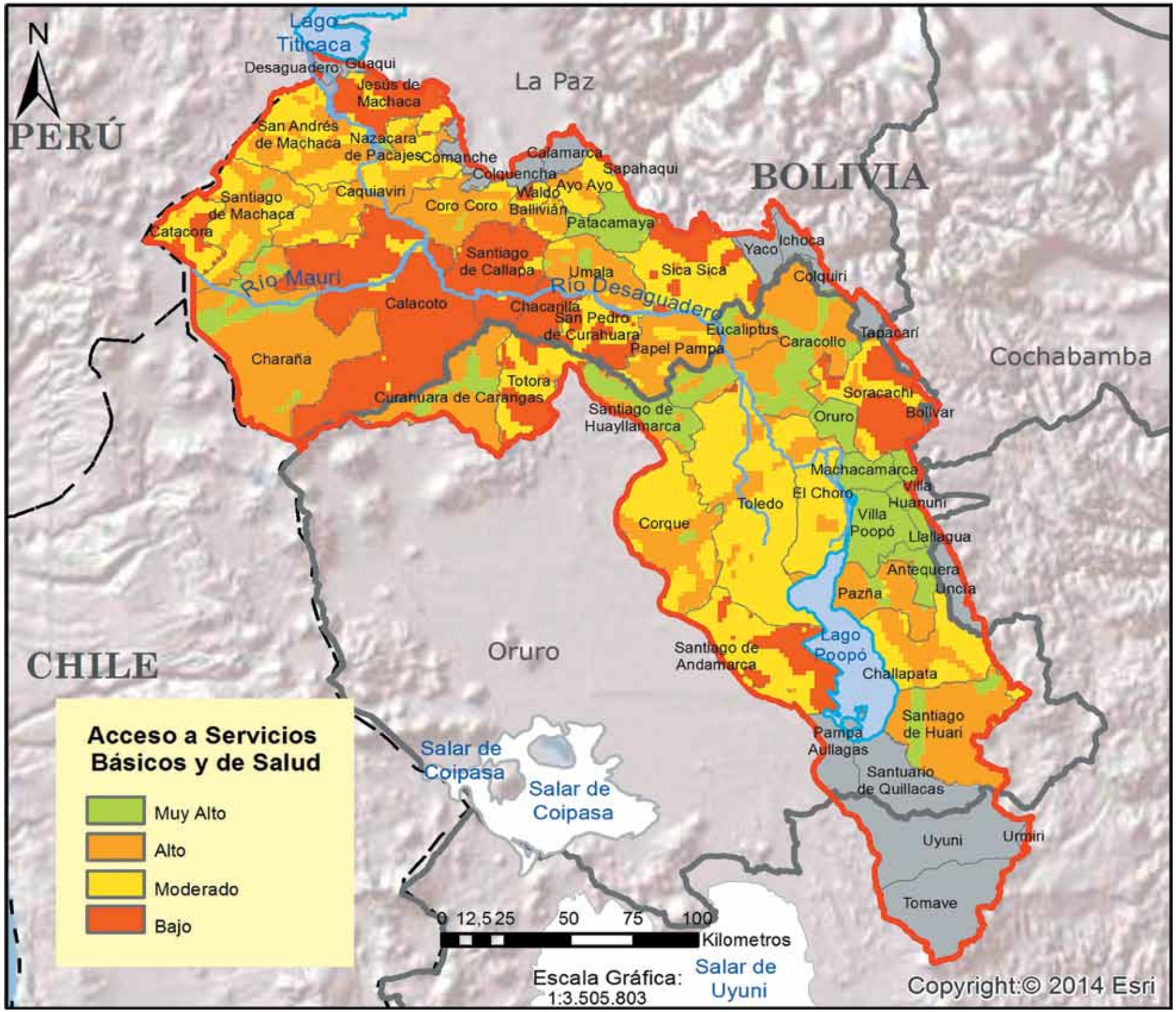
$$ASB = (DRV*0,142) + (IS*0,180) + (NBS*0,148) + (CSAP*0,158) + (FAC*0,140) + (CSB*0,133) + (TSS*0,099)$$

Dónde:

- ASB: Acceso a servicios básicos y de salud
- DRV: Densidad de red vial
- IS: Instalaciones de salud
- NBS: Necesidades básicas satisfechas
- CSAP: Cobertura de servicio de agua potable
- FAC: Fuente de agua para consumo
- CSB: Cobertura de saneamiento básico
- TSS: Tipo de servicio sanitario

La suma de los subindicadores da como resultado un mapa de acceso a servicios básicos y salud, del que se puede destacar que los municipios con el grado más bajo de acceso son Calacoto, Santiago de Callapa y Chacarilla, mientras que los que cuentan con un grado muy alto de acceso a los servicios básicos y de salud son los de Patacamaya, Oruro, Machacamarca, Villa Poopó, Villa Huanuni y Antequera





Mapa II-59. Acceso a servicios basicos y salud en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

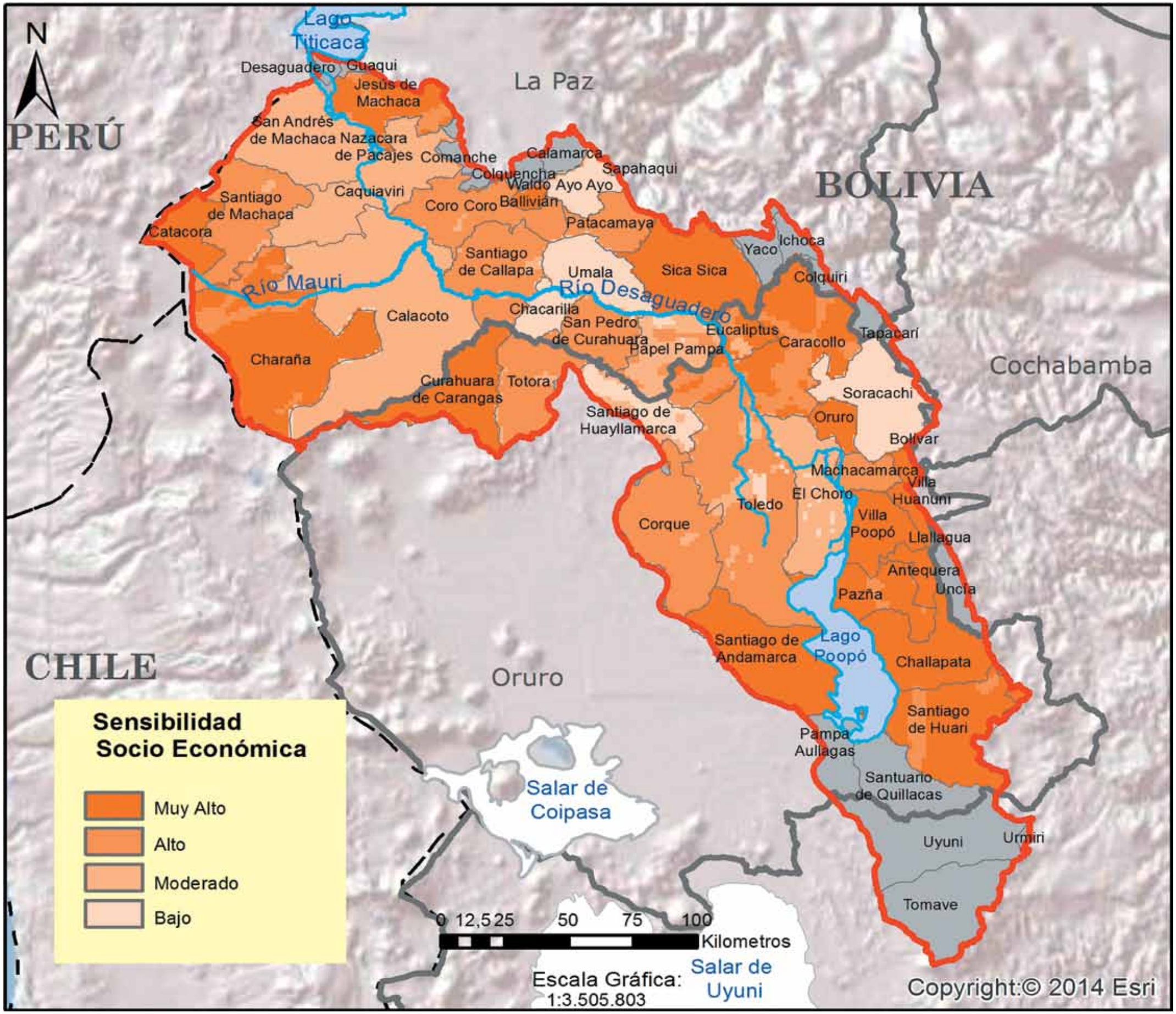
Los pesos obtenidos para la ponderación de los subindicadores son los siguientes:

$$SS = (DSR * 0{,}285) + (AP * 0{,}299) + (SP * 0{,}236) + (ASB * 0{,}180)$$

Dónde:

- SS: Sensibilidad Socioeconómica
- AP: Actividad de la población en agricultura, ganadería, caza y silvicultura
- SP: Sensibilidad de la población
- ASB: Acceso a servicios básicos y de salud

La suma de los subindicadores deriva en un mapa de sensibilidad socioeconómica en el que se destaca los municipios de Ayo Ayo, Umala, Chacarilla y Soracahi con muy alto grado de sensibilidad socioeconómica.



Mapa II-60. Sensibilidad socioeconómica en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

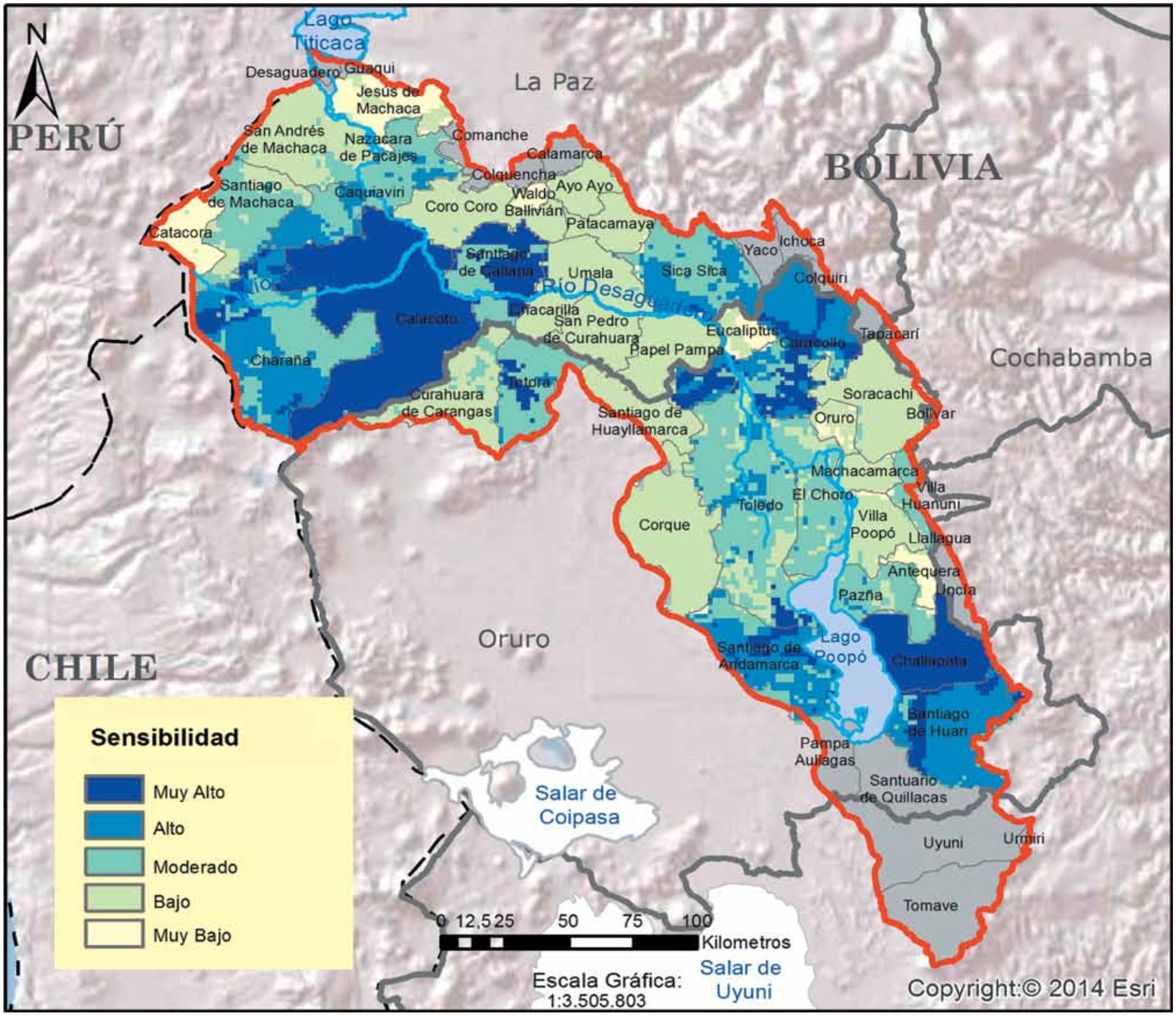
Obtenidos los subindicadores Sensibilidad ambiental y Sensibilidad socioeconómica, es que se puede otorgar pesos a mencionados subindicadores, quedando de la siguiente manera:

$$S = (SA * 0{,}667) + (SS * 0{,}333)$$

Dónde:

- S: Sensibilidad
- SA: Sensibilidad ambiental
- SS: Sensibilidad socioeconómica

Al sumar los indicadores de sensibilidad ambiental y sensibilidad socioeconómica es que derivan en un mapa de sensibilidad ante el cambio y la variabilidad climática para el sistema, en el que destacan los municipios de Calacoto y Challapata con un grado muy alto de sensibilidad mientras que los municipios de Waldo Ballivián y Catacora tienen un muy bajo grado de sensibilidad estos municipios en especial Oruro.



Mapa II-61. Sensibilidad en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

1.4.3. Capacidad de adaptación

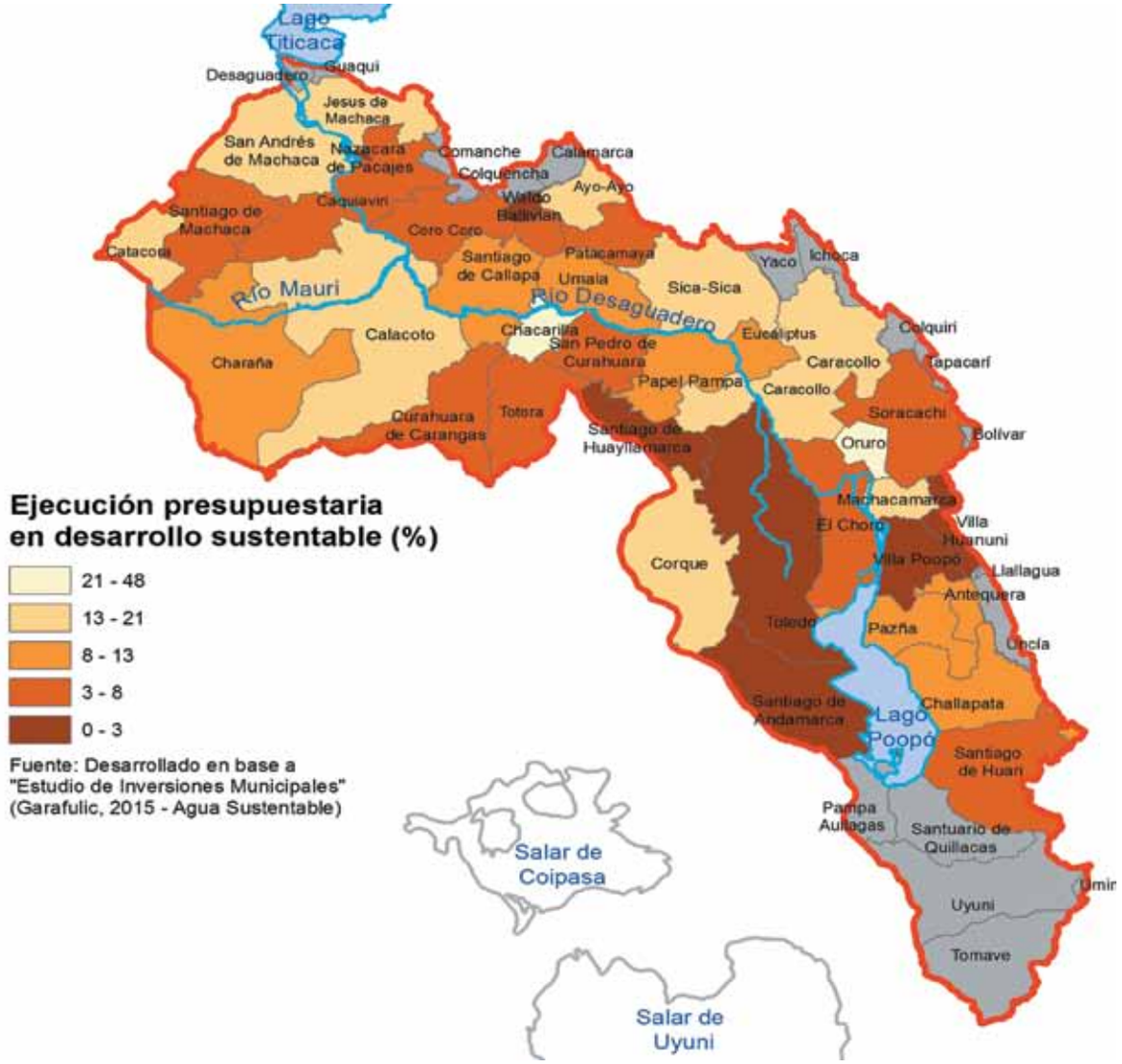
La capacidad adaptativa se define como la habilidad para adaptarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los eventos extremos) para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades, o para hacer frente a las consecuencias, este componente tiene cuatro indicadores.

Figura II-64. Indicadores de capacidad de adaptación a la vulnerabilidad

Refleja la fortaleza institucional del gobierno regional y nacional, además de su capacidad para gobernar. Este indicador está conformado por tres subindicadores.

Figura II-65. Subindicadores de la capacidad gubernamental

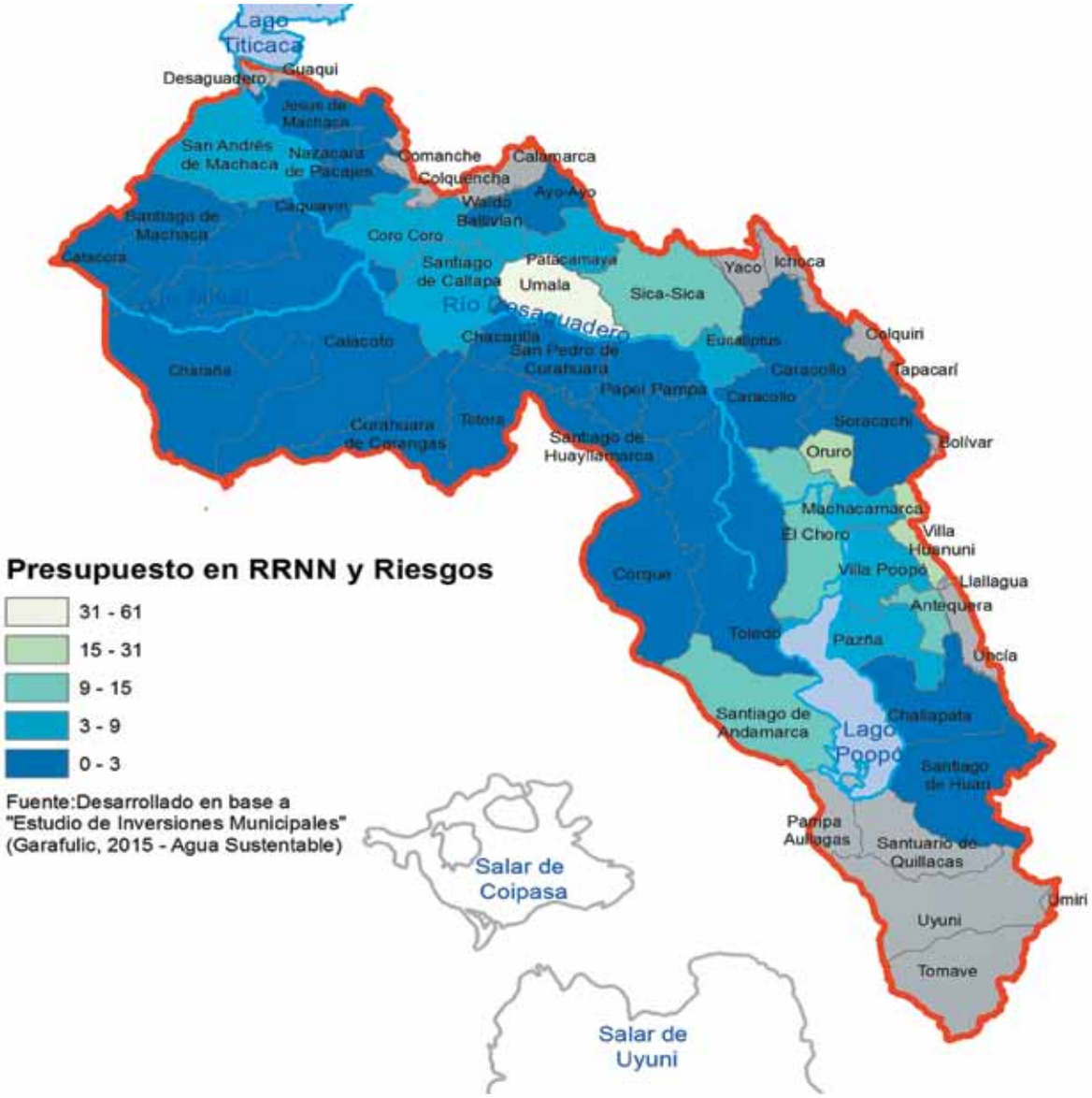
Ejecución presupuestaria en desarrollo integral que respete la armonía con la madre tierra: Es un dato de la ejecución del presupuesto municipal en la gestión 2013 (POA), de cada municipio, este indicador se refiere en el porcentaje del total del presupuesto municipal está destinado a proyectos que coadyuven al desarrollo integral y su porcentaje de ejecución, se considera que aquellos municipios con mejor porcentaje de ejecución tienen menos capacidad gubernamental.



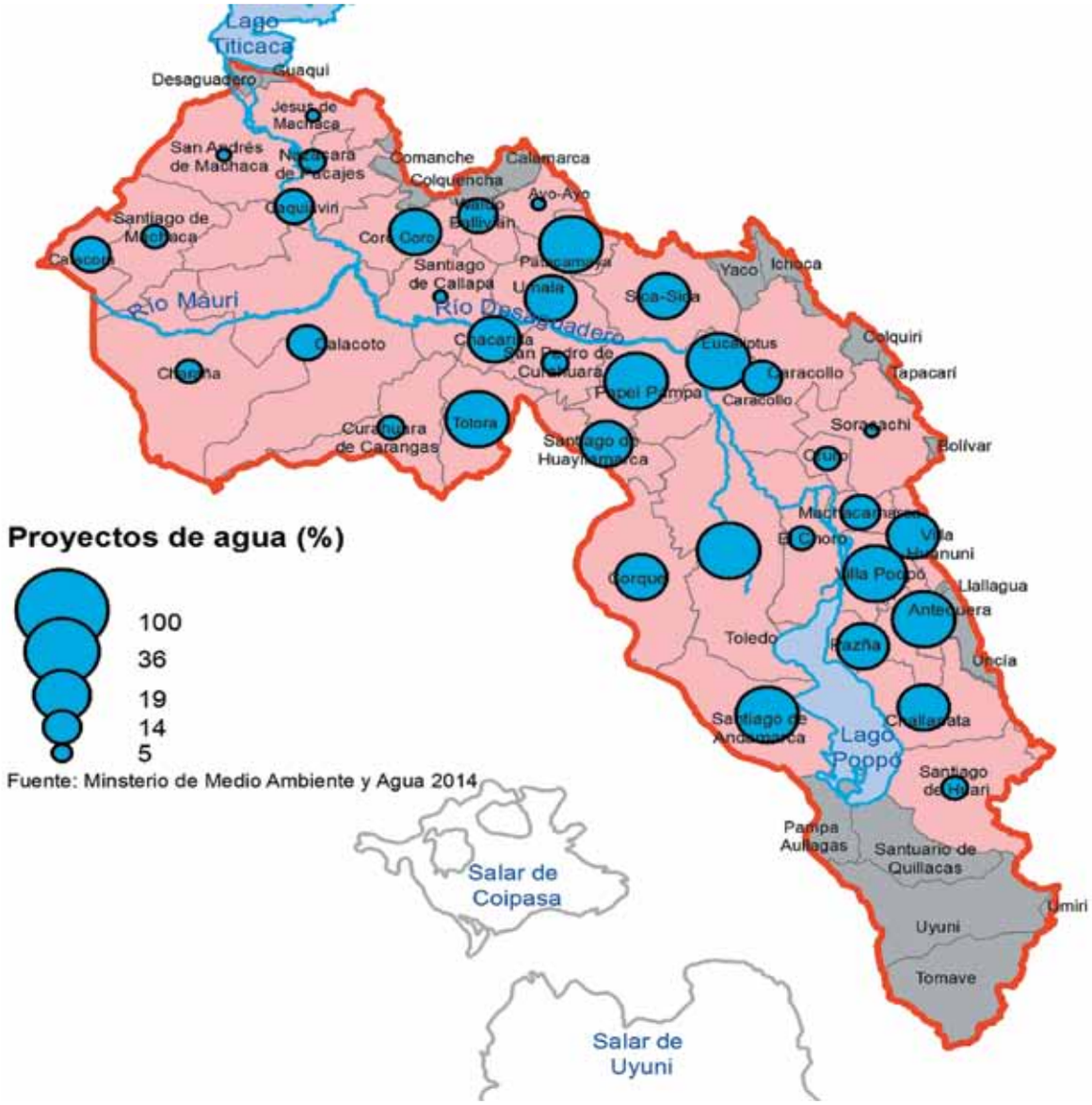
Mapa II-62. Ejecución presupuestaria en desarrollo sustentable en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Asignación de presupuesto a RRNN y Riesgos: Se entiende a la asignación del presupuesto municipal para Ítems relacionados con recursos naturales y respuesta a la ocurrencia de desastres o prevención de riesgos obtenidos de la planificación anual de los municipios. Umala ha asignado alrededor del 60% de su presupuesto para este fin.

Asignación presupuestaria en proyectos relacionados a los recursos hídricos: Para esta variable, se considera la asignación presupuestaria en proyectos de mejoramiento de acceso, distribución o almacenamiento del recurso hídrico tanto para la producción como para consumo humano.



Mapa II-63. Presupuesto en RRNN y riesgos en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó



Mapa II-64. Proyectos de agua en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

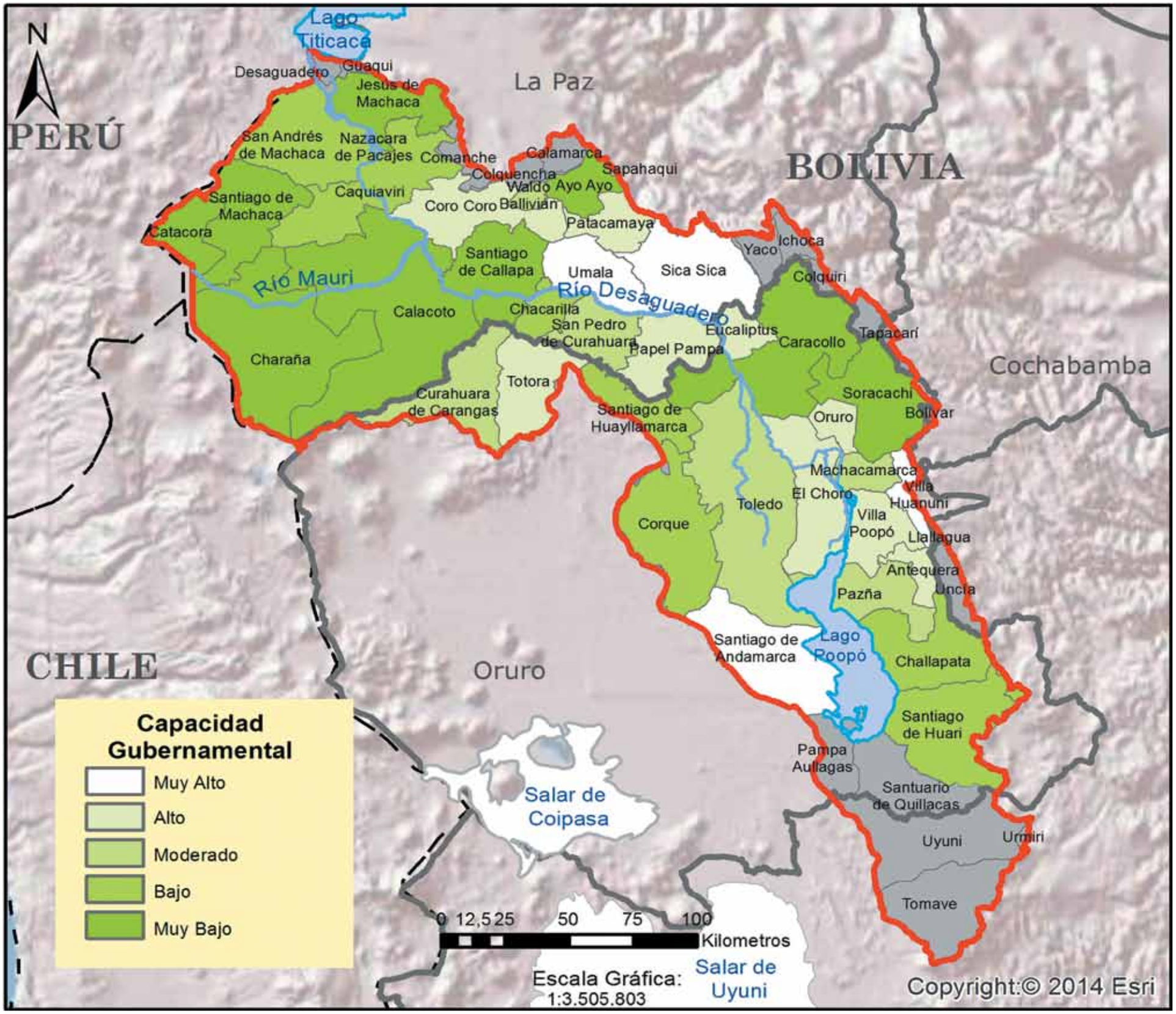
Las ponderaciones otorgadas a este conjunto de subindicadores fueron las siguientes:

$$CG = (EPDS * 0{,}224) + (APRRNN * 0{,}256) + (PA * 0{,}520)$$

Dónde:

- CG: Capacidad Gubernamental
- EPDS: Ejecución presupuestaria en desarrollo sustentable
- APRRNN: Asignación de presupuesto a recursos naturales
- PA: Proyectos de agua

La suma de los subindicadores da como resultado un mapa de capacidad gubernamental en la que se observa que Umala, Sica Sica y Santiago de Andamarca tienen una alta capacidad Gubernamental en la última gestión.



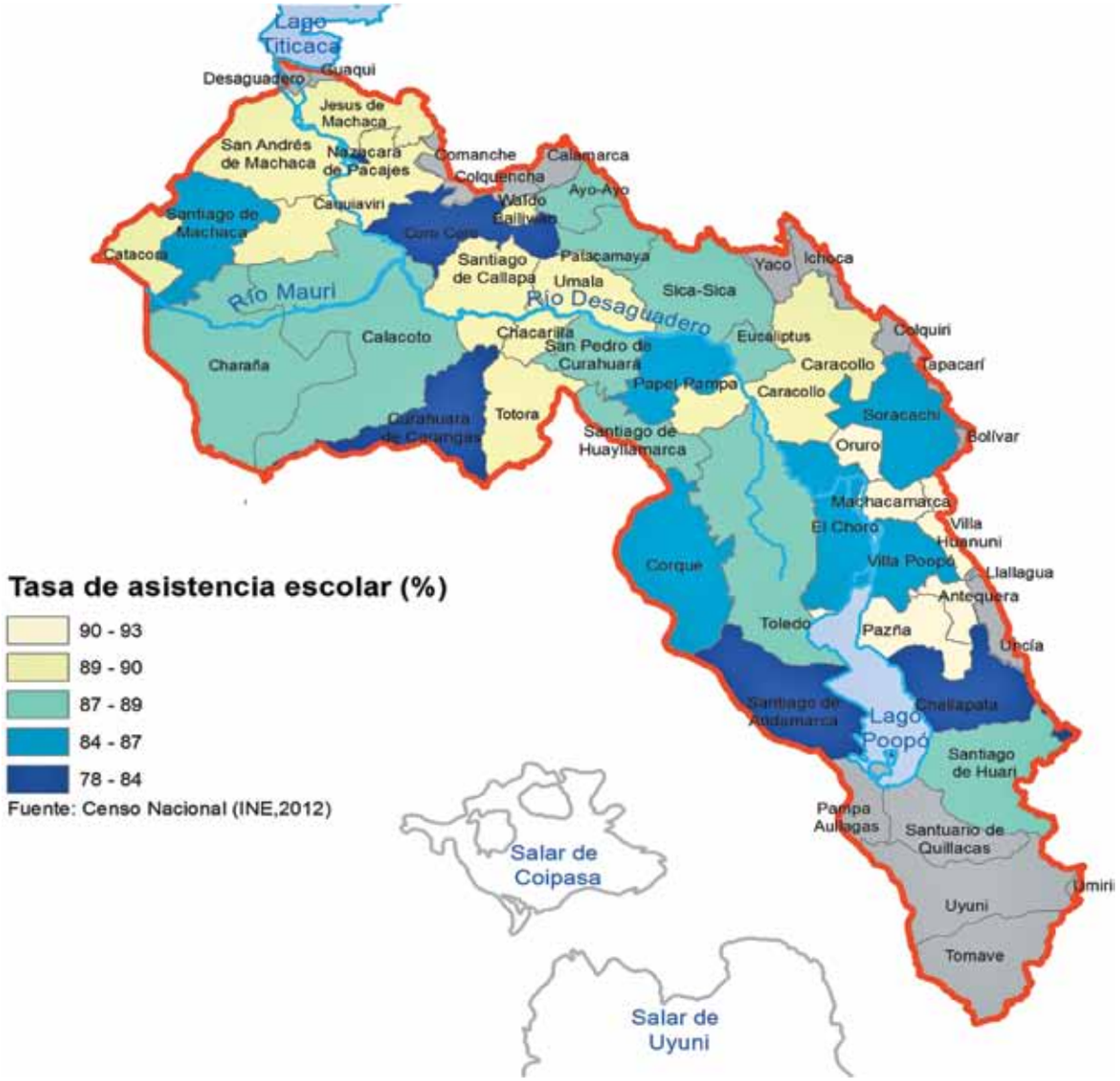
Mapa II-65. Capacidad gubernamental en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

CAPACIDADES DESARROLLADAS POR LA POBLACIÓN

Indicador que refleja las oportunidades del desarrollo de suficiencia, autonomía e independencia de los individuos.

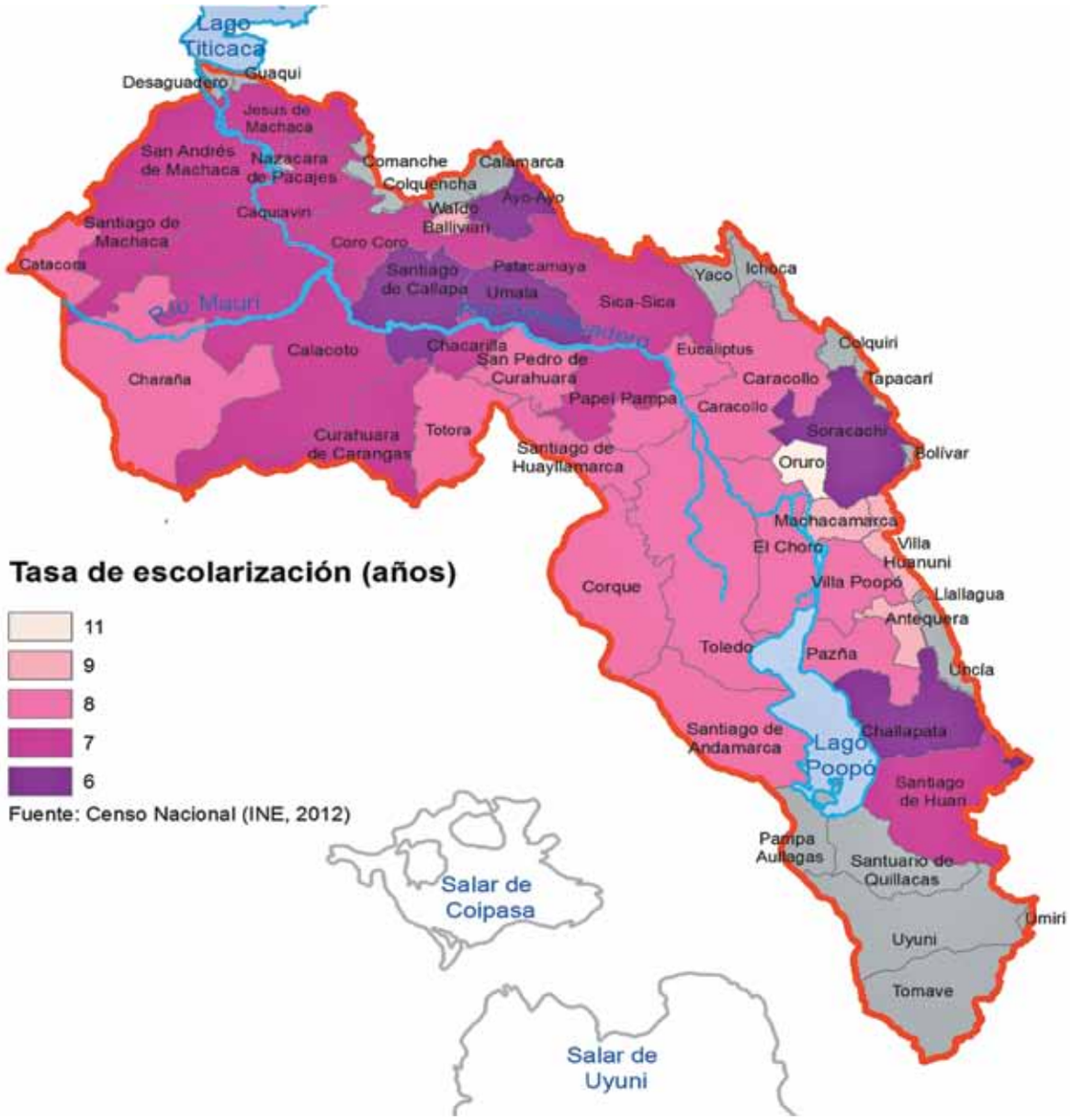
Figura II-66. Subindicadores de las capacidades desarrolladas por la población

Tasa de asistencia escolar: Indicador del porcentaje de la población en edad escolar que asiste a un establecimiento educativo, todos los municipios del sistema se encuentran por encima del 70% de habitantes en edad escolar que asisten a un establecimiento educativo.



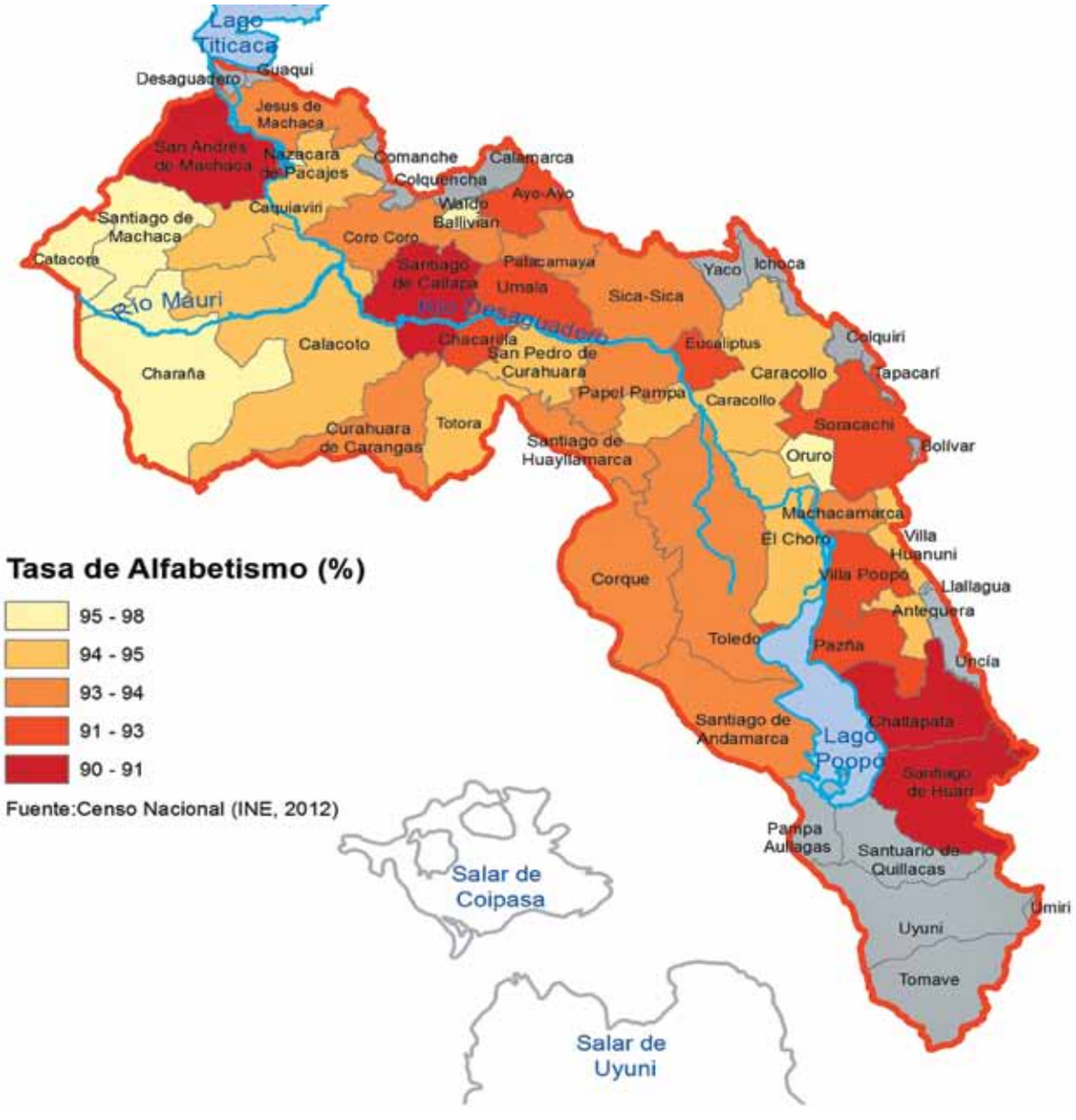
Mapa II-66. Tasa de asistencia escolar en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Tasa de escolarización: Indicador del número de años de promedio de estudio, y se refiere al grado de instrucción formal alcanzada por la población, el único que municipio que alcanza a los 11 años de instrucción es el municipio de Oruro.



Mapa II-67. Tasa de escolarización en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Tasa de alfabetismo: Indicador del porcentaje de la población que sabe leer o escribir, el sistema alcanza índices por encima del 90% reflejo de las políticas de Estado implementadas en todo el país.



Mapa II-68. Tasa de alfabetismo en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Ingreso diversificado: Indicador que muestra el porcentaje de la población económicamente activa que se dedica a alguna actividad diferente como a la agricultura, caza y pesca. Estos pueden ser industrias de manufacturas, construcción, comercio, minería, etc., el indicador dentro del sistema nos refleja que los municipios con los índices más altos son Oruro y Sica Sica, mientras que los municipios con los más bajos índices de ingreso diversificado y que por consecuente tienen un mayor índice de actividades de agricultura, caza y pesca son los municipios de Ayo Ayo, Umala, Chacarilla, San Pedro de Curahuara, Papel Pampa y Soracachi.

Mapa II-69. Ingreso diversificado en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

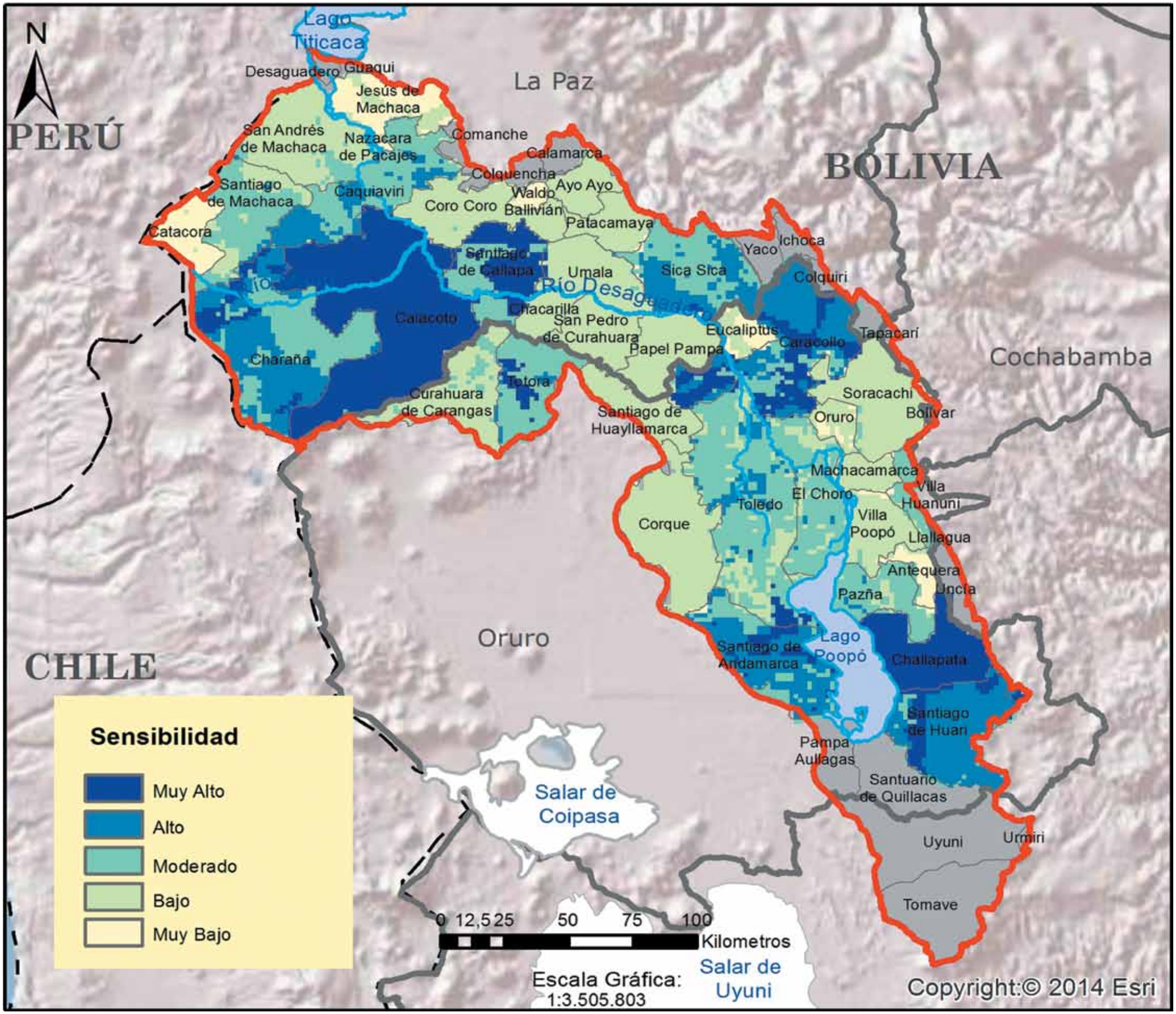
Las ponderaciones otorgadas para estos subindicadores se decidieron según grado de importancia, dando como resultado:

$$DP = (TAE * 0{,}278) + (TE * 0{,}246) + (TA * 0{,}232) + (ID * 0{,}244)$$

Dónde:

CDP: Capacidades desarrolladas por la población
TAE: Tasa de asistencia escolar
TE: Tasa de escolarización
TA: Tasa de alfabetismo
ID: Ingreso diversificado

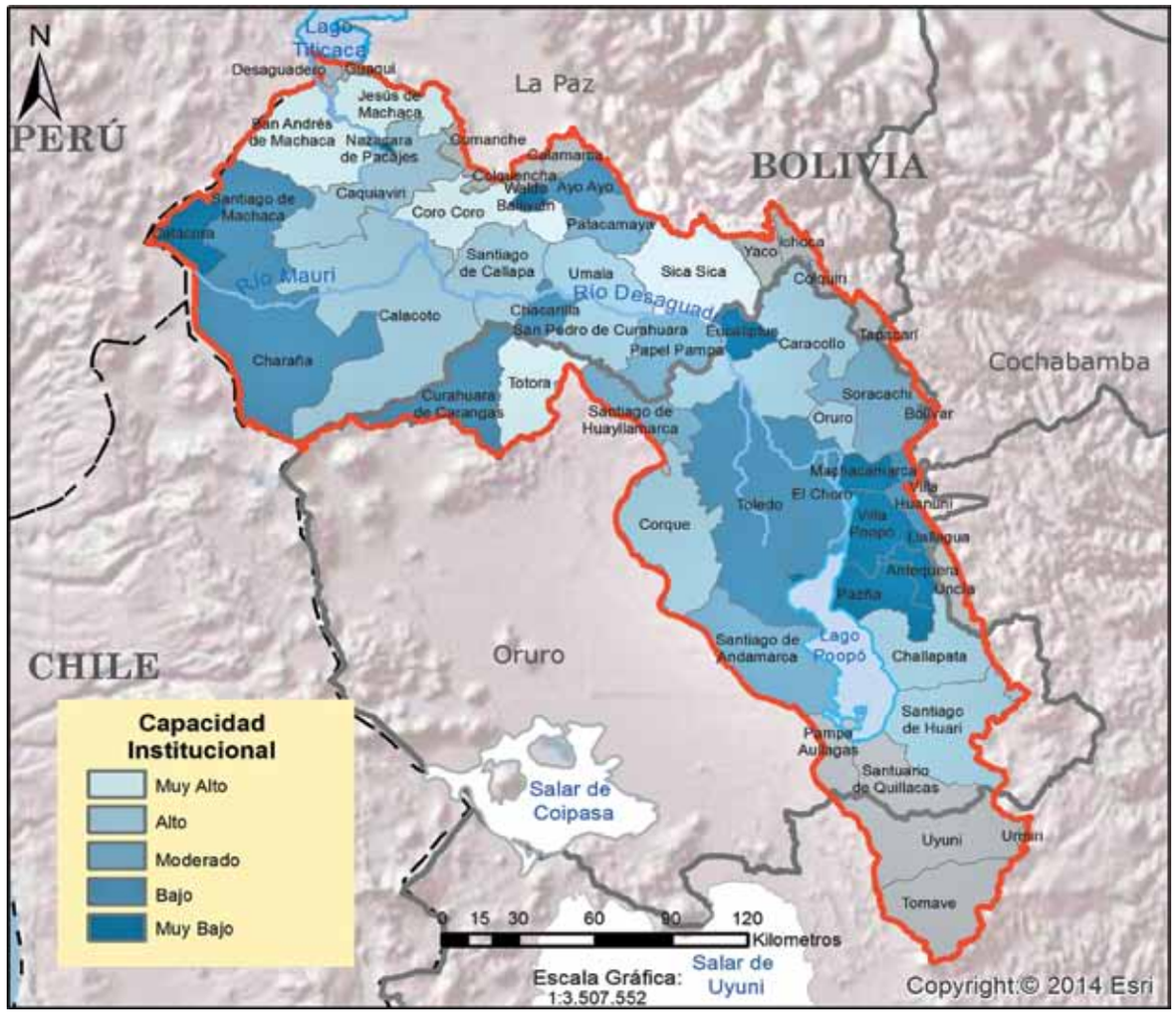
La sumatoria de los subindicadores deriva en un mapa del grado de capacidad por medio de una clasificación de colores, en la que se observa que los municipios de Santiago de Machaca, Caquiaviri, Nazaraca de Pacajes, Waldo Ballivián, Santiago de Totora y Oruro tienen una capacidad muy alta y los municipios de Jesús de Machaca, Coro Coro, Ayo Ayo, Patacamaya, Santiago de Callapa, Umala, Pazña, Challapata y Santiago de Huari tienen una capacidad muy baja.



Mapa II-70. Capacidades desarrolladas por la población en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

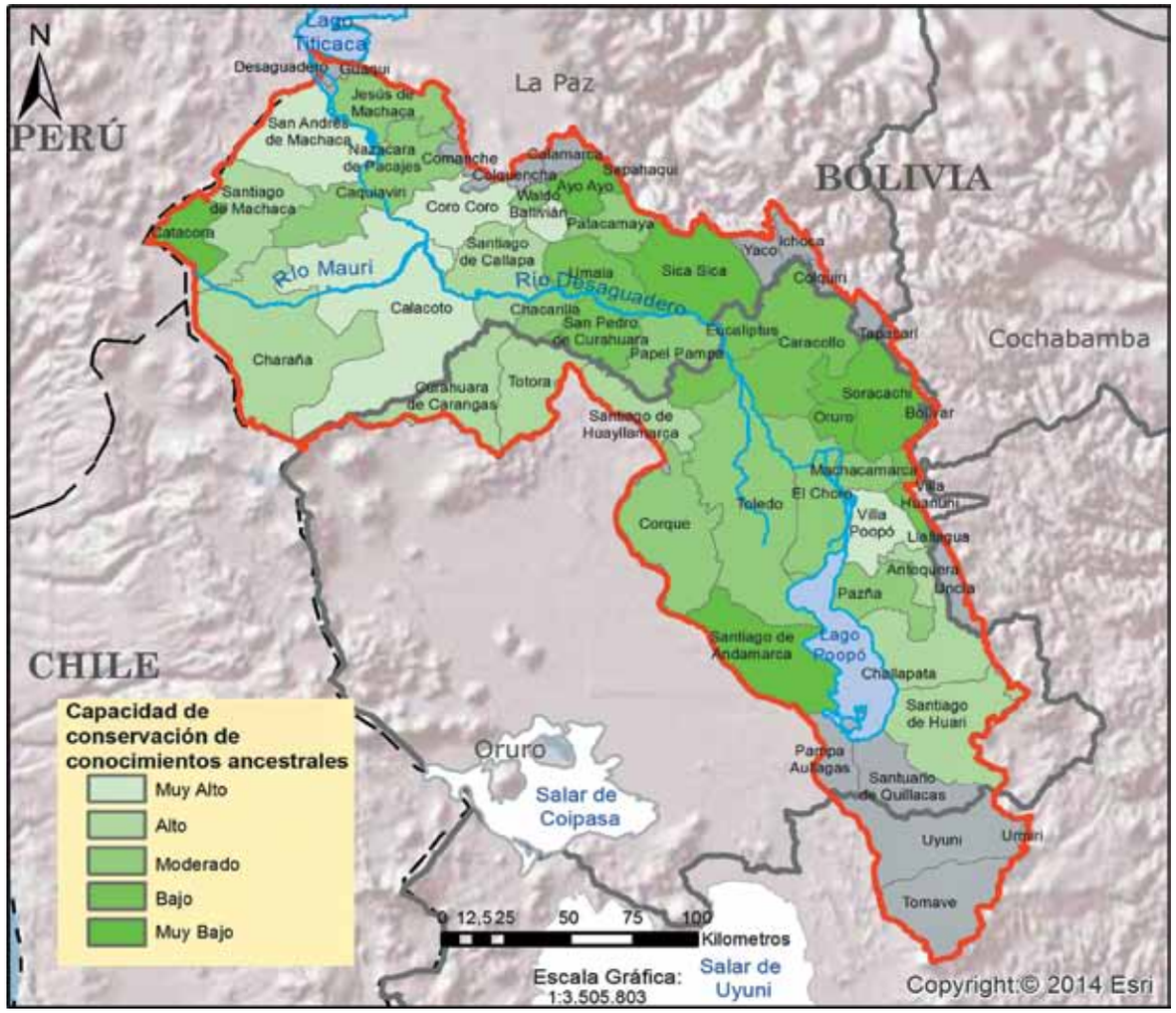
CAPACIDAD INSTITUCIONAL

Refleja la fortaleza organizativa de la población, contempla tanto la organización comunitaria como el apoyo de instituciones externas que apoyan en el fortalecimiento del municipio. Las Organizaciones comunitarias son las organizaciones estructuradas según los usos y costumbres, pueden tratarse de subcentrales, sindicatos, etc.



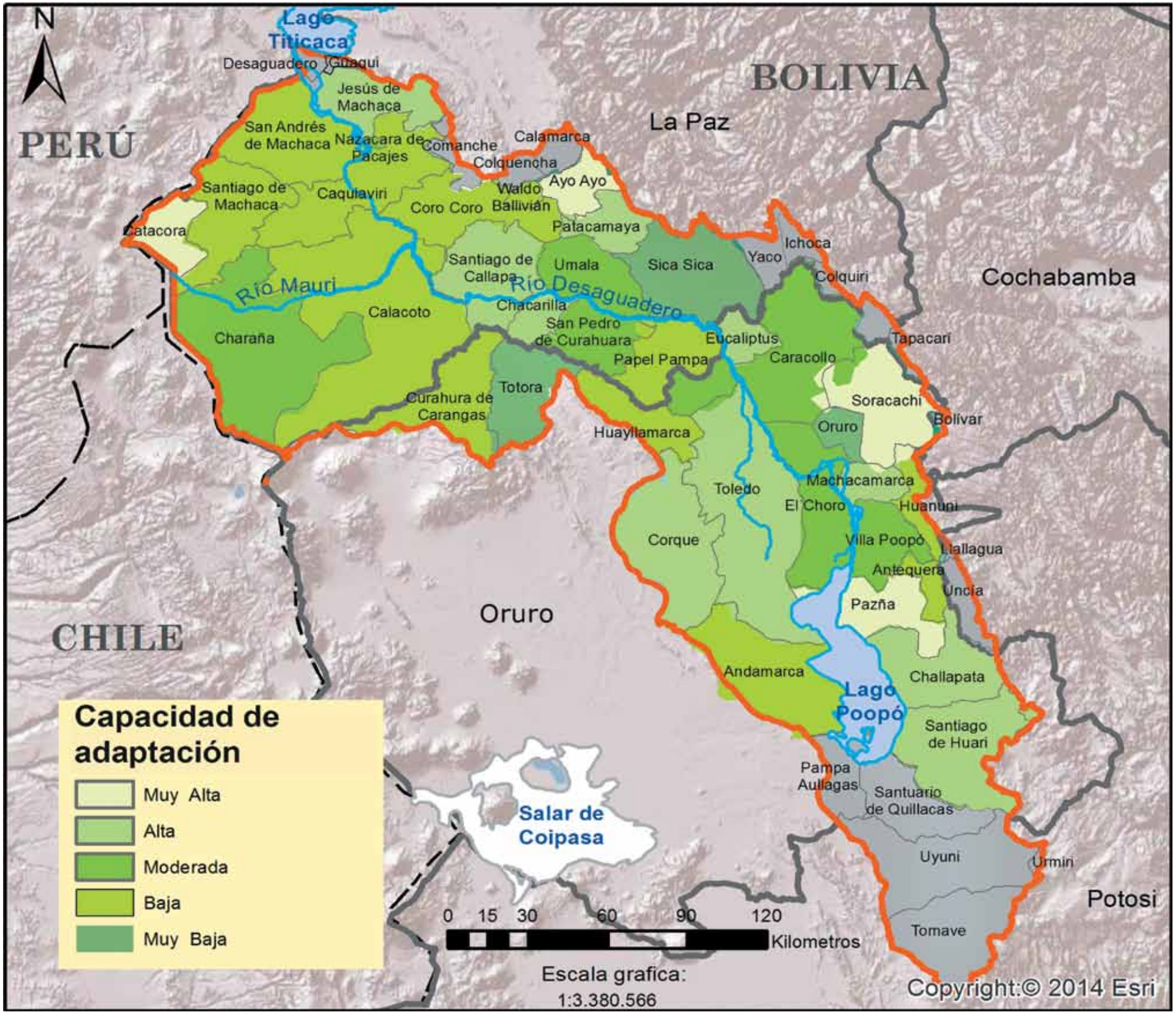
Mapa II-71. Capacidad institucional en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE CONOCIMIENTOS ANCESTRALES



Mapa II-72. Capacidad de conservación de conocimientos ancestrales en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Indicador que refleja las prácticas o manejos llevados a cabo por la población para la adaptación al cambio climático, a través de técnicas ancestrales en el manejo de cultivos, conservación del agua, bioindicadores y otros. Dato organizado a nivel municipal a partir de información proporcionada por (Veizaga, 2014d). Por lo cual resaltan los municipios de San Andrés de Machaca, Coro Coro, Calacoto y Villa Poopó por tener una buena capacidad de conservación de las prácticas ancestrales.



Mapa II-73. Capacidad de Adaptación en la cuenca Mauri Desaguadero Poopó

Las ponderaciones determinadas para estos subindicadores se definen de la siguiente forma:

$$CA = (CG * 0{,}252) + (CDP * 0{,}340) + (CI * 0{,}191) + (CCCA * 0{,}217)$$

Dónde:

- CA: Capacidad de adaptación
- CG: Capacidad gubernamental
- CDP: Capacidades desarrolladas por la población
- CI: Capacidad institucional
- CCCA: Capacidad de conservación de conocimientos ancestrales

La suma de los indicadores deriva en un mapa de capacidad de adaptación donde muestra a los municipios de Ayo Ayo Soracachi, Pazña y Catacora con muy alto grado de capacidad adaptativa.

1.4.4. Vulnerabilidad al cambio climático

Las ponderaciones otorgadas para los indicadores son:

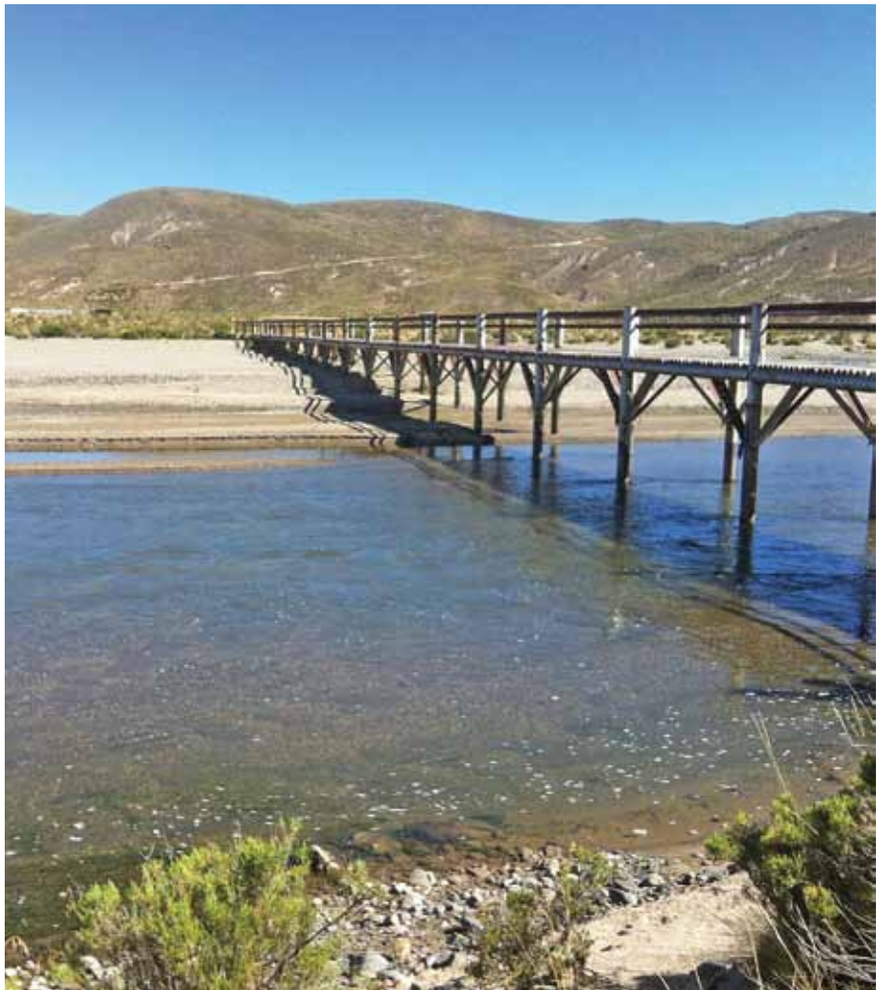
$$V= (E*0,256) + (S*0,289) + (CA*0,455)$$

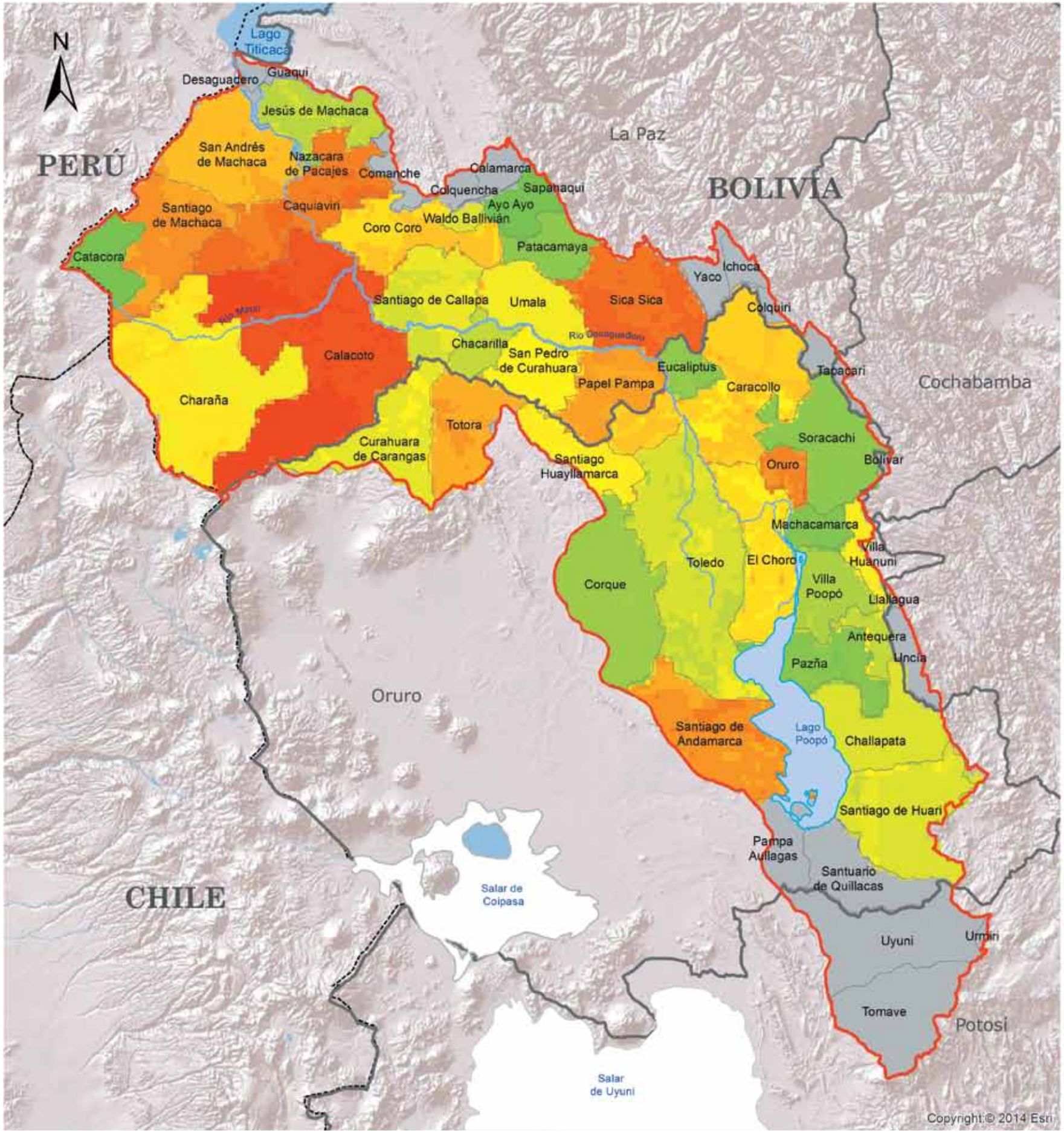
Dónde:

V: Vulnerabilidad
E: Exposición
S: Sensibilidad
CA: Capacidad de adaptación

Este mapa es el resultado de la suma de los tres componentes mencionados, que a la vez están conformados por subindicadores ya desarrollados, el mapa refleja una escala de grado de vulnerabilidad desde vulnerabilidad muy baja a vulnerabilidad muy alta.

Los municipios con los más altos grados de vulnerabilidad son los de Calacoto, Sica Sica, Caquiaviri esto debido a que si se analizan los indicadores individualmente, los municipios mencionados tienen un alto grado de exposición, y además estos municipios en particular presentan un alto grado de sensibilidad al cambio climático con una baja capacidad de adaptación. Mientras que los municipios con un grado muy bajo de vulnerabilidad son los de Ayo Ayo, Patacamaya, Eucaliptus y Soracachi, Macahacamarca, Villa Poopó, Pazña y Corque.





VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMATICO DEL SISTEMA MAURI-DESAGUADERO-POOPÓ

SÍMBOLOS CONVENCIONALES:

- Capital de Municipio
- Rios principales
- Lago
- Salar
- Límite departamental
- Cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó
- Límite internacional

Grado de Vulnerabilidad al Cambio Climático

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy Bajo

ESPECIFICACIONES TÈCNICAS:

Elipsoide de referencia:
World Geodetic System - WGS 84
Proyección del mapa digital:
Universal Transversal de Mercator
UTM - Zona 19S
Proyección del mapa impreso:
Coordenadas Cartesianas

0 5 10 20 30 40
Km

Escala Gráfica:
1:1.862.622

FUENTE CARTOGRÁFICA:

Satgé (2014)

IDRC CRDI

Agua Sustentable

Mapa II-74. Vulnerabilidad en la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó

2. RESILIENCIA Y CAPACIDADES DE ADAPTACIÓN

2.1. Presupuestos municipales para el Cambio Climático

La inversión pública en general, y de manera específica la municipal, puede constituirse en un factor resiliente muy importante para apalancar recursos de las gobernaciones y del Gobierno Central, así como de otras fuentes de financiamiento públicas y privadas, nacionales e internacionales.

Por un lado, la tendencia de la inversión pública municipal en Bolivia no prioriza los programas relacionados al medio ambiente y Cambio Climático, que son considerados importantes por la Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral Para Vivir Bien. Y por otro lado, los niveles de ejecución presupuestaria son bajos y al final de las gestiones de gobierno solo se ejecutan una parte de los recursos presupuestados.

Se realizó un análisis de la capacidad de los municipios de la cuenca de invertir en adaptación al cambio climático de acuerdo a las directrices arriba mencionadas del año 2009 al año 2013, inicialmente con una muestra de 8 municipios altamente vulnerables (5 en La Paz, 3 en Oruro) y posteriormente examinando el último año en los restantes 36 municipios de la cuenca. Los resultados de estos ejercicios se muestran en la Tabla II-8.

Tabla II-8. Muestra de 8 municipios de la Cuenca - Presupuesto Anual Municipal destinado para la adaptación (Chavez, 2014)

	Municipio	2009	2010	2011	2012	2013	Promedio 5 años	Desv. Est (Bs.)	Desv. Est. %
LA PAZ	Umala	257,044.88	326,626.24	764,797.12	1,194,484.26	100,017.42	528,593.98	446,488.95	84.47%
	Calacoto	541,901.72	707,182.56	1,011,035.12	903,193.04	431,045.34	718,871.56	241,677.91	33.62%
	Charaña	471,185.23	605,658.94	877,134.82	1,147,606.24	163,798.81	653,076.81	377,321.91	57.78%
	Callapa	463,009.93	379,323.67	383,699.25	197,516.07	253,522.67	335,414.32	107,543.33	32.06%
	Papel Pampa	1,569,293.52	530,420.83	1,088,977.60	988,068.93	955,713.56	1,026,494.89	371,184.08	36.16%
ORURO	El Choro	2,385,356.55	1,375,953.23	2,272,224.15	9,318,696.15	4,844,787.96	4,039,403.61	3,219,950.95	79.71%
	Toledo	2,165,494.53	2,677,263.47	1,972,920.28	3,841,879.36	1,501,618.53	2,431,835.23	893,770.51	36.75%
	Soracachi	3,288,482.23	1,521,373.66	3,388,679.01	2,262,943.29	4,807,443.25	3,053,784.29	1,246,622.36	40.82%

Existe una gran dispersión en la inversión de niveles altos (entre 34 a 84%) y representativas en montos (de Bs. 200 mil a 4 millones) que es el principal obstáculo para lograr efectividad de la inversión en adaptación, pues la falta de regularidad no permite continuidad de los proyectos cuya ejecución se extiende por plazos mayores a 12 meses.

El monto que han presupuestado los gobiernos autónomos municipales para sus programas de medio ambiente y desastres naturales en la gestión 2014 ha sido de Bs. 26.722.265, equivalente al 2% del total, los resultados se muestran en la Tabla II-9 (Garafulic, 2015).

Tabla II-9. Presupuesto de gobiernos municipales para medio ambiente

Municipios	Total presupuesto municipal (Bs.)	Presupuesto medio ambiente y desastres naturales (Bs.)	Porcentaje del total
18 municipios de La Paz	206.677.160	1.586.833	0,77%
18 municipios de Oruro	1.126.417.232	25.135.432	2,23%

Si tomamos como referente el Plan de Desarrollo Económico y Social 2016-2020 en el Marco del Desarrollo Integral para Vivir Bien, que del total de inversión pública destina un 10% al Medio Ambiente y Agua, el presupuesto municipal para este rubro debería incrementar cinco veces del 2% al 10%.

Una medida colectiva de adaptación se origina definitivamente en la capacidad de los municipios de planificar inversiones locales de manera sostenida y homogénea hacia la resiliencia de sus sistemas productivos, en especial si son altamente dependientes de sectores como la agricultura, la pecuaria o del uso de recursos naturales fundamentales como el agua, pasturas de calidad o áreas de bosque (Chavez, 2014).

En el país durante el 2005, el Plan Nacional de Gestión de Recursos Naturales en su programa operativo PRONAR y el Programa Nacional de Cambios Climáticos - PNCC (2007) facultaron a los municipios del país a realizar inversiones de adaptación para la Adecuada Gestión de los Recursos Hídricos en el Área Rural, considerando 3 acciones principales:

- Adaptación a sequías e inundaciones recurrentes (entre las que se contemplaban inversiones en el mejoramiento del sistema meteorológico del país, instalación de sistemas de alerta temprana, reforestación y construcción de estrategias de prevención de desastres).
- Adaptación mediante el mejor acceso de agua para la agricultura (entre las que se contemplaban inversiones en expansión del riego, instalación de riego eficiente o mejorado e introducción de tecnologías de almacenamiento de agua para riego).
- Adaptación a la escasez del agua estacional e inter-anual (entre las que se contemplaban inversiones en infraestructura de almacenaje de agua, transferencia y re-utilización de agua, así como ampliación de la cobertura de sistemas sanitarios).

2.1.1. Criterios que permiten lograr efectividad en la inversión municipal en adaptación

El estudio de Chavez (2014) propone una serie de criterios que pueden ser utilizados por los municipios en la cuenca y así efectivizar su inversión para la adaptación al cambio climático.

MONITOREO CONTINUO DE LA DISPERSIÓN (VARIANZA) Y ESTABILIZACIÓN DE FLUJOS

Este criterio aconseja el monitoreo de la dispersión (varianza) de la programación de recursos en adaptación por períodos de 3 a 5 años y su reducción a mínimos definidos para que esto a su vez estabilice los flujos anuales destinados a la inversión. Por ejemplo, si consideramos la información del último quinquenio presentada anteriormente, un primer paso sería tratar de reducir a la mínima expresión los montos de la varianza, de modo que estos no alcancen montos millonarios, sino mínimos manejables. En el caso de los 8 municipios de ejemplo (o cualquier otro), lo ideal sería contemplar variaciones anuales no mayores a Bs. 100 mil, entendiendo que llevar la varianza a valor de cero (0) terminaría estabilizando los flujos en el promedio del quinquenio que seguiría siendo bajo como porcentaje de inversión. Se sugiere en particular el monto de Bs. 100 mil, dado que hacia el final del año, es permitido de acuerdo a las Guías Presupuestales Municipales (Viceministerio del Tesoro y Crédito Público) mantener este monto como saldo de caja en un programa específico, para que los municipios puedan usarlo los primeros meses del siguiente año. Entonces, por ejemplo, estos Bs. 100 mil podrían ser el saldo hacia el final de año en el programa de prevención y atención de desastres que pudieran usarse en caso de necesidad en el mes de Enero del siguiente año durante el período de lluvias que podrían ocasionar algún desastre.

El efecto estadístico de este ejercicio será que las varianzas anuales de hasta Bs. 100 mil de variaciones positivas o negativas intercambiadas por año permitirá una mayor concentración alrededor del promedio histórico pero definitivamente no será el promedio histórico sino un nuevo monto considerado "óptimo o ideal". El desafío consiste entonces en encontrar el valor promedio de inversión en montos (Bs.) que hacen que la varianza sea Bs. 100 mil de manera continua en un período de 5 años. Esto se realiza mediante un análisis de sensibilidad.

Tabla II-10. Cálculo del flujo promedio y varianza mínima en Bs.

		2009	2010	2011	2012	2013	Valor (Bs.)	Desv. Est (Bs.)	Valores Buscados	
	Municipio	(%) del Ppto Anual	(%) del Ppto Anual	(%) del Ppto Anual	(%) del Ppto Anual	(%) del Ppto Anual	Promedio Anual	Dispersión Actual	Dispersión Deseada	Flujo Anual Deseado
LA PAZ	Umala	257,045	326,626	764,797	1,194,484	100,017	528,594	446,489	100,000	646,983
	Calacoto	541,902	707,183	1,011,035	903,193	431,045	718,872	241,678	100,000	1,016,322
	Charaña	471,185	605,659	877,135	1,147,606	163,799	653,077	377,322	100,000	826,159
	Callapa	463,010	379,324	383,699	197,516	253,523	335,414	107,543	100,000	647,302
	Papel Pampa	1,569,294	530,421	1,088,978	988,069	955,714	1,026,495	371,184	100,000	1,303,041
ORURO	El Choro	2,385,357	1,375,953	2,272,224	9,318,696	4,844,788	4,039,404	3,219,951	100,000	4,164,853
	Toledo	2,165,495	2,677,263	1,972,920	3,841,879	1,501,619	2,431,835	893,771	100,000	2,703,922
	Soracachi	3,288,482	1,521,374	3,388,679	2,262,943	4,807,443	3,053,784	1,246,622	100,000	3,298,749

Como se observará en el cuadro, el nivel anual de inversión deseado difiere ligeramente con el promedio histórico del quinquenio alcanzado y es siempre un monto mayor, lo que podría alentar la mejor inversión en adaptación hacia el futuro, constituyéndose en un parámetro de evaluación.

DEFINICIÓN DE NIVELES DE INVERSIÓN POR GRUPOS DE MUNICIPIOS REQUERIDOS HACIA EL 2025

Si bien con el primer criterio es posible definir un monto anual estándar e individual por municipio como meta para la programación de la inversión en adaptación, corresponde examinar también la diferencia de niveles en cuanto a la asignación presupuestaria debido a diferencias en los tamaños de presupuesto entre municipios de la cuenca. La recomendación de acuerdo a niveles presupuestarios se muestra a continuación:

Tabla II-11. Programación ideal de recursos para adaptación según nivel de presupuesto total

Monto Total Ppto	Programación Mínima para la Adaptación	% máximo y mínimo del ppto
0 a 10 millones	Bs. 800 mil	8%
10 a 30 millones	Bs. 2 a 4 millones	20 a 13%
30 a 50 millones	Bs. 7 millones	23 a 14%

La Tabla II-11 muestra que en el caso de seguir la sugerencia de inversión de los montos mínimos se ocuparía un entre el 8 al 23% de un presupuesto anual, lo cual considerando que el porcentaje sería un agregado de 5 programas de inversión, no estaría reñido con la actual normativa y sería posible de programar.

APALANCAMIENTO DE RECURSOS POR FUENTES NACIONALES

Este criterio examina en detalle si es posible lograr o mejorar la efectividad de la inversión municipal en adaptación en un nivel superior de inversiones, es decir no sólo desde los recursos municipales, sino en la posibilidad de apalancar la participación de recursos desde otras fuentes, pero que también recaigan en la tuición de los municipios. Para ello, también contamos con información prudente desde los presupuestos municipales.

En la siguiente Figura, observamos el detalle de un proyecto de Construcción de MicroPresa en el Municipio de Soracachi, en la comunidad de Huayllatira. La fuente de financiamiento como se cita es de un Crédito Externo, lo cual quiere decir que los recursos para financiar esta obra provendrán en su mayoría (90% de acuerdo a norma nacional) de recursos fiscales contratados por otras instancias nacionales (programas nacionales, de la gobernación, ministerio en específico, otra instancia del Estado, etc.) y no precisamente de recursos asignados al municipio con regularidad. En otras palabras, este es un proyecto a implementarse con un programa nacional o sectorial. El monto del mismo es en total Bs. 212.958, mucho más alto que el promedio de obras por comunidad de manera individual. Este hecho nos llevó a explorar en los otros municipios, si este cambio de nivel de asignación de recursos (pasar de montos de Bs. 30 a 200.000) y se encontraron similitudes en un porcentaje alto de los municipios estudiados.

En la Tabla II-12, se observa que efectivamente los proyectos del programa de micro-riego que se han vinculado con alguna otra iniciativa ya sea sectorial o nacional incrementan considerablemente el volumen de recursos, en promedio de 11 veces más según el resumen. Aunque el período de ejecución comparativamente entre uno y otro realza las diferencias de tamaño, las dos últimas columnas de la tabla parecen validar el esfuerzo de contar con mayores recursos y prolongados tiempos de ejecución pues el beneficio por familia y por persona sería mayor, pasando de Bs. 2.533 a 3.893 por familia y de Bs. 506,60 a 778,57 (54% más en ambos casos).

2.2. Marco legal e institucional

La esencia de la Institucionalidad está basada en la Constitución Política del Estado, leyes nacionales y de los gobiernos sub-nacionales y otras normas complementarias aprobadas para asegurar la convivencia de las sociedades. Tan importante es que exista este marco legal, como que existan mecanismos que aseguren su aplicación efectiva y que la población las cumpla. Estas condiciones son básicas para contar con una seguridad jurídica y constituyen un factor esencial de resiliencia.

En cuanto a la Constitución Política del Estado, si bien no contempla específicamente la temática del Cambio Climático, su preámbulo habla de la Madre Tierra, y en 26 artículos establece normas sobre el Medio Ambiente y la obligación de preservarlo. Este factor es fundamental donde se asienta una de las resiliencias institucionales más importantes.

La Ley Marco de La Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien tiene por objeto establecer la visión y los fundamentos del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra para Vivir Bien, garantizando la continuidad de la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida de la Madre Tierra. Este es un segundo factor de resiliencia institucional.

La Ley Marco de Autonomías y Descentralización define espacios de planificación y gestión del desarrollo. Las regiones pueden asumirse, desde una perspectiva de planificación, como territorios compuestos por una conjunción de variables, entre ellas, las cuencas. Un proceso genuino de descentralización y de autonomías es el escenario ideal para el desarrollo de resiliencias sociales, políticas y económicas.

El Marco de la Agenda 2025, constituye una potencial oportunidad para reforzar las resiliencias. En el ámbito de la resiliencia ante el cambio climático, para el año 2025 se plantean 13 pilares principales. Entre los cuales, el pilar 4 busca lograr la soberanía científica y tecnología con identidad propia, siendo Bolivia, un centro de innovación tecnológica y de desarrollo de conocimientos y tecnologías en la producción de cultivos resilientes ante el cambio climático. Por otro lado, el Pilar 9, plantea la soberanía ambiental con desarrollo integral respetando los derechos de la Madre Tierra donde se plantea como meta que en Bolivia no se sufra por los escases de agua y se tenga capacidad para prevenir los riesgos ocasionados por el cambio climático.

Tabla II-12. Proyecto de Inversión en contraparte Municipal-Soracachi Gestión 2012-Resumen de proyectos presupuestados periodo 2009-2012 con 8 Municipios de muestra

Programa de Microriego	Monto Promedio (en Bs.)	Período de Ejecución (promedio)	Familias Beneficiarias	Inversión/familia	Inversión/persona
Proyectos con recursos municipales (excl.)	38,000	15 meses	15	2,533 Bs	506.60 Bs
Proyectos con recursos adicionales	436,000	28 meses	112	3,893 Bs	778.57 Bs

2.2.1. Programas Nacionales e Inversión Pública

Programa MI AGUA "Más Inversión para el Agua", ejecutado por el Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social–FPS, en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua y los Gobiernos Autónomos Municipales. Este programa cuenta con tres versiones (MI AGUA I, II y III) y fue creado justamente para enfrentar los problemas que han recrudecido como consecuencia del Cambio Climático, como las sequías y las inundaciones.

Programa "MI RIEGO" cuyo objetivo es mejorar la eficiencia en el uso y la distribución del agua para fines agropecuarios. La visión del programa es contribuir a incrementar la capacidad de adaptación al cambio climático en zonas rurales.

Plan Nacional de Cuencas-PNC es un programa interinstitucional que se encarga de promover y fortalecer la GIRH (Gestión Integrada de Recursos Hídricos) y el MIC (Manejo Integral de Cuencas) en las cuencas de Bolivia y transfronterizas, para mejorar la calidad de vida de las comunidades y pobladores.

2.2.2. Planes Departamentales

PLAN DEPARTAMENTAL DE CUENCAS DE LA PAZ

La Secretaría departamental de los Derechos de la Madre Tierra -hasta la gestión 2015- trabajó en tres componentes relacionados al Cambio Climático: enfoque de cuencas para el manejo de los recursos naturales, forestación, áreas protegidas y biodiversidad. Dentro de estos tres componentes, se destaca el Plan Departamental de Cuencas (PDC-LP), que plantea soluciones a problemas ambientales, productivos y gestión de riesgos.

PLAN DEPARTAMENTAL DE GESTIÓN DEL RIESGO Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE ORURO

Impulsado desde la Gobernación a través de la Dirección de Gestión del Riesgo, ha sido concluido. El objetivo del plan es diseñar lineamientos estratégicos de políticas departamentales de gestión del riesgo para la implementación de las mejores opciones en el desarrollo y orientar la inversión pública resiliente.

2.3. Estrategia de conservación de humedales altoandinos

En materia de humedales, la Constitución Política del Estado establece que es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando la conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral de las aguas fósiles, glaciales, humedales, subterráneas, minerales, medicinales y otras; constituyéndose en recursos inalienables, inembargables e imprescriptibles (Artículo 374, CPE). La Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, recoge y ratifica estas obligaciones del Estado sobre los recursos hídricos mencionados (Artículo 27, LMT).

Otras orientaciones y bases del Vivir Bien, obligan al Estado a garantizar el derecho al agua para la vida, priorizando su uso, acceso y aprovechamiento como recurso estratégico en cantidad y calidad suficiente; regular, monitorear y fiscalizar los parámetros y niveles de la calidad de agua; promover el aprovechamiento y uso sustentable del agua para la producción de alimentos de acuerdo a las prioridades y potencialidades productivas de las diferentes zonas; adoptar, innovar y desarrollar prácticas y tecnologías para el uso eficiente, la captación, almacenamiento, reciclaje y tratamiento de agua; y con especial importancia, desarrollar políticas para el cuidado y protección de las cabeceras de cuenca, fuentes de agua, reservorios y otras, que se encuentran afectados por el cambio climático, la ampliación de la frontera agrícola o los asentamientos humanos no planificados (Artículo 27, LMT).

Reconociendo que los efectos del cambio climático están presentes en el territorio nacional y que amenazan los sistemas de vida, la Ley de la Madre Tierra impulsa al Estado a crear condiciones para que la distribución de la riqueza permita la reducción de las vulnerabilidades regionales que resultan del impacto del cambio climático en el pueblo boliviano y en las zonas de vida del país (Artículo 18, LMT). En tal sentido, la política pública deberá promover la recuperación y aplicación de prácticas, tecnologías, saberes y conocimientos para el desarrollo de medidas de respuesta efectivas a los impactos del cambio climático en armonía y equilibrio con los sistemas de vida (Artículo 32, LMT).

Siendo los bofedales un tipo de humedal priorizado a través de la presente estrategia, corresponde citar la Ley 404 que declara de prioridad para el Estado Plurinacional la recuperación, conservación, uso y aprovechamiento sustentable de los bofedales, con el propósito de precautelar los sistemas de vida dependientes de este recurso especial (Artículo 1, Ley 404). Esta ley de reciente promulgación (septiembre 2013), instruye al Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión de Desarrollo Forestal, promover la realización de estudios e inventarios pertinentes respecto a los bofedales a nivel nacional, con el objeto de formular, ejecutar programas y proyectos de recuperación, conservación y manejo de bofedales, a través de técnicas de cosecha de agua, conservación de suelos y preservación de especies vegetales de importancia forrajera, para trascender hacia un beneficio colectivo de la población boliviana (Artículo 5, Ley 404). Así mismo instruye al VMABCCGDF apoyar en gestionar el financiamiento nacional y de la cooperación internacional, para la realización de los estudios e implementación de los programas y proyectos de recuperación, conservación y manejo especializado de los bofedales (Artículo 6, Ley 404).

Finalmente, la Ley 404 instruye a los gobiernos de las entidades territoriales autónomas y entidades descentralizadas correspondientes, incorporar en sus planes de desarrollo y planes operativos anuales, las demandas de las comunidades respecto al uso, conservación y aprovechamiento sustentable de los bofedales, incluyendo acciones particulares como el uso del agua, conservación de suelos y el cuidado de los recursos vegetales (Artículo 7, Ley 404).

La Agenda Patriótica 2025, constituye una Política de Estado de largo plazo, que asigna responsabilidades a todos los niveles de gobierno, incluidos el Nivel Central del Estado, los gobiernos autónomos departamentales, gobiernos autónomos municipales y las autonomías indígena originario campesinas (MA 2013). Es con base a la Agenda Patriótica

2025 que la Autoridad Ambiental Nacional viene construyendo las políticas sectoriales, velando a su vez porque las mismas contribuyan al cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por Bolivia en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica, actualizados durante la Décima Reunión de la Conferencia de las Partes (COP 10) y que se agregan en el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 bajo el nombre genérico de las Metas de Aichi (S. Gutierrez com. Pers, 2014).

La Estrategia de Gestión Social de Ecosistemas de la Zona Andina, constituye el instrumento de política más próximo a aprobarse (S. Gutierrez com. pers. 2014), y pretende desarrollar una gestión de ecosistemas partiendo de las fortalezas y estructuras lógicas territoriales, las estructuras organizativas y los conocimientos de las comunidades y pueblos indígena originario campesinos (MMAYA 2013). Los principios fundamentales que se incluyen en el documento borrador de la Estrategia de Gestión Social de Ecosistemas de la Zona Andina son cuatro:

- La construcción de procesos de gestión de los ecosistemas andinos se basa en una relación de responsabilidades compartidas entre las organizaciones indígena originaria campesinas; y las entidades de Gobierno; potenciando las capacidades y conocimientos de estas organizaciones.
- La gestión de los ecosistemas andinos, sólo puede basarse en las distintas territorialidades de los pueblos indígena originario campesinos que habitan en estas regiones; y en el respeto a los derechos de estos pueblos a establecer y mantener sistemas propios de ocupación y gestión (manejo) de estos territorios y los recursos de biodiversidad; en el respeto a sus organizaciones y a sus formas de autogobiernos, considerando los criterios de aprovechamiento de los recursos naturales y su manejo sustentable.
- La gestión de los ecosistemas andinos se orienta a recuperar, donde sea necesario, y mantener la capacidad de estas regiones de sustentar la vida y sustentar los procesos y sistemas productivos de las poblaciones indígena originario campesinas y de las poblaciones que habitan la zona andina.
- La gestión de los ecosistemas andinos, busca contribuir a la adaptación al cambio climático, a través de acciones que se orientan a disminuir la vulnerabilidad de los sistemas productivos y a la mejor gestión de los recursos hídricos.

Adicionalmente, establece siete Áreas Estratégicas de Acción, que de manera interactuante e interdependiente contribuyen a la gestión integral de los ecosistemas andinos (MMAYA 2013):

- Fortalecimiento y adecuación de las formas de gestión territorial existentes, de las normas propias de uso y acceso a los territorios y los recursos, y de sus organizaciones propias para garantizar un uso sustentable del territorio y sus recursos naturales.
- Desarrollo y fortalecimiento del conocimiento y las tecnologías tradicionales, así como procesos de diálogo de conocimientos con lo académico.
- La gestión de las funciones ambientales y el reconocimiento de importancia de las comunidades rurales en su conservación y uso sustentable del agua.
- El desarrollo, fortalecimiento y/o recuperación de sistemas productivos sustentables, apropiados a las características naturales de cada región y las características culturales de cada grupo humano.
- Contribuir a evaluar y mitigar el impacto del crecimiento de las ciudades sobre los recursos naturales de las regiones andinas.
- Desarrollo de alternativas energéticas de bajo impacto ambiental para evitar los efectos negativos sobre las especies nativas por el uso de su leña o carbón a nivel doméstico e industrial.
- Desarrollo de capacidades de las entidades del Estado y de las organizaciones indígena originario campesinas para la gestión de las regiones andinas y de sus recursos naturales.

A través del monitoreo en un periodo de tres años Lorini (2013), constató las funciones de regulación de caudales y represamiento de agua que acontecen en los bofedales altoandinos de dos microcuencas localizadas en el nevado Sajama (PNS) y el macizo Chulcani (Cosapa). Al comparar los niveles freáticos entre los bofedales y áreas contiguas a estos, observó que el nivel piezométrico en bofedales se situaba por encima del nivel de los suelos contiguos prácticamente a lo largo de todo el año. A través del monitoreo de caudales en los ríos que atraviesan los bofedales bajo estudio de las microcuencas mencionadas, Soria (2013) determinó que los caudales de los ríos que atraviesan los bofedales de las cabeceras de cuencas cambian su comportamiento después de atravesar el bofedal. Los caudales a la salida de uno de los bofedales mostraron un patrón claro de conservación de caudal por tres y cinco meses después de haber decaído el caudal del río al ingreso del bofedal, demostrando la capacidad de liberación lenta de agua acumulada en la época de lluvias, desarrollando una función similar a la que se atribuye a los glaciares de la zona Andina.

Tomando en cuenta la capacidad de represamiento de agua y regulación de caudales identificada para ciertos bofedales, es pertinente recomendar la promoción de acciones de ampliación de bofedales en áreas de recarga hídrica para las cuencas altoandinas, tomando la precaución de acompañar las mismas con acciones de monitoreo, que permitan establecer la efectividad de éstas acciones en la necesidad de sustituir, al menos parcialmente, la capacidad de represamiento y regulación de flujos de glaciares en retroceso.

Salazar y colaboradores (2000) observaron que la configuración y profundidad de las capas de suelo donde se desarrolla un bofedal varía de acuerdo al tipo de vegetación presente, aspecto que tiene relevancia directa en el régimen de escurrimiento superficial. El estudio citado sugiere que en zonas con escurrimiento superficial permanente, el bofedal se compone de una capa con vegetación viva, que se superpone a una capa anóxica de material orgánico. Salazar y colaboradores (2000) también sugieren que en esta capa anóxica se produce la descomposición de la materia orgánica, la cual es la responsable del incremento de los niveles de acidez de los suelos, favoreciendo la alteración meteórica de los sedimentos y coadyuvando al ingreso de las sales. En contraposición, en zonas sin escurrimiento superficial permanente se observaría vegetación tipo vega y de transición con menor cobertura vegetal a la de un bofedal y la ausencia de la capa anóxica. Salazar y colaboradores (2000) finalmente proponen una probable correlación positiva entre la demanda de agua de los bofedales y los valores de evapotranspiración real del mismo.

Estudios desarrollados en el Parque Nacional Sajama para determinar la relación entre el contenido de biomasa subterránea y la capacidad de retención de agua, sugieren que bofedales dominados por plantas de raíces profundas, y en general, elevada biomasa subterránea, contienen mayor humedad respecto a aquellos dominados por plantas de raíces cortas (Palabral 2013, Lorini 2013). El elevado porcentaje de materia orgánica en suelos de bofedal aumentaría la capacidad de retención hídrica en sus espacios porosos y en particular en bofedales dominados por las juncáceas *Oxychloe andina* y *Distichia muscoides* (Palabral 2013).

De esta manera, queda identificada la necesidad de replicar las investigaciones desarrolladas en el Parque Nacional Sajama y norte de Chile para otras áreas de la región Altoandina, sobretodo en bofedales con diferente composición vegetal y/o que se desarrollen bajo condiciones ambientales diferentes a las de Sajama, a objeto de dimensionar adecuadamente la capacidad de represamiento y regulación de caudales de cada asociación vegetal. El monitoreo de pozos y piezómetros es una de las formas más sencillas y conocidas de estudiar la profundidad del agua dentro del cuerpo de un bofedal, investigar su movimiento entre las capas de aireación y la capa de saturación y, dependiendo de

la profundidad de los pozos y piezómetros, observar variaciones en las capas debajo del suelo (Sprecher 2000). La interpretación individual del comportamiento freático que se obtiene de estos piezómetros es sencilla, pero la integración de la información para explicar la respuesta de la cuenca como sistema puede resultar compleja y demandante en su conceptualización como herramienta de predicción (Soria 2013).

Bajo un enfoque de adaptación al cambio climático que incremente la capacidad de resiliencia de los ganaderos altoanidos, se deberá promover la conformación de bofedales ecológicamente funcionales que puedan hacer frente a mayores condiciones de estrés hídrico en época de estiaje. Las investigaciones de Palabral (2012) y Lorini (2012) sugieren la necesidad de dar un paso adelante en las acciones de ampliación de bofedales para las áreas de pastoreo, incorporando asociaciones vegetales que puedan contener especies palatables para el ganado, pero que también aseguren suficiente humedad a lo largo del año a nivel sub superficial.

2.3.1. Acciones estratégicas para la adaptación al cambio climáticos-humedales Altoandinos

Tabla II-13. Acciones estratégicas para la adaptación al cambio climáticos-humedales Alto Andinos

PROGRAMA	OBJETIVO
Socialización del valor de los humedales	Fortalecer y desarrollar una conducta hacia la valoración de los humedales desde una perspectiva ambiental, económica, social y cultural.
Investigación	Incrementar y revalorizar el conocimiento de los humedales desde el conocimiento local y científico a través del diálogo de saberes.
Fortalecimiento Institucional	Implementar un marco de acción institucional que fortalezca la conservación y uso sostenible de los humedales e influya en las políticas públicas nacionales.
Participación Local	Promover la participación de los distintos actores (pueblos originarios, comunidad en general, instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y privados) en la conservación y manejo sostenible de humedales.
Programa de recuperación de humedales	Desarrollar acciones de recuperación de la biodiversidad y el paisaje de humedales en evidente riesgo o actual proceso de deterioro.
Instrumentos de planificación	Desarrollar e incorporar acciones de gestión de humedales en instrumentos de planificación y gestión establecida, promoviendo la amplia participación en los procesos de definición de acciones.
Producción y articulación comercial	Conectar la producción ambiental y socialmente responsable con mercados que reconozcan atributos particulares, distribuyendo los costos de adecuación ambiental y responsabilidad social a través de la cadena de valor.

2.4. Conocimientos y prácticas tradicionales resilientes

En la actualidad, gran parte de los conocimientos tradicionales y/o ancestrales que permitieron la convivencia y armonía en los Andes entre las poblaciones y la Madre Tierra, ya no son empleados con la misma intensidad, estos saberes han sido relegados hasta el límite de desaparecer en algunos lugares, aunque en otros tienen todavía una vigencia significativa. Es importante recordar que las culturas andinas arrastran una historia muy rica en el manejo de los recursos hídricos y de una cultura del agua que tienen muchos siglos de existencia que esta evidenciada por las ruinas arqueológicas de terrazas, camellones, acueductos (Veizaga, 2014d).

No obstante esta situación está cambiando, desde hace unos años y principalmente desde el mundo académico, investigativo y de trabajo con las comunidades andinas (Agruco-UMSS, Prosuko, UMSA, otros) y últimamente gracias al fuerte impulso que está dando la Autoridad de la Madre Tierra, se están recuperando, valorizando y proyectando el uso de muchas de estas técnicas y conocimientos por su pertinencia para constituirse en instrumentos resilientes muy eficaces. Las principales técnicas ancestrales identificadas en el área de estudio se muestran en la Tabla II-14.

Tabla II-14. Principales técnicas ancestrales identificadas

Para el Manejo del Agua	Q'otañas o Vigiñas	Reservorios para almacenamiento de agua
	Las Q'ochas o Q´otas	Atajados
	Sistemas Hidráulicos	Redes de control y administración de agua de lluvia
	Los campos hundidos	Formación natural o construida bajo el nivel del suelo
Para el Manejo del Suelo	Suka Kollu	Camellones que mejoran el drenaje y logra modificaciones microambientales
	Las Tarasukas	Variantes de suka kollu con camellones angostos rodeados de canales de agua, construidos en áreas inundables
	Terrazas Precolombinas, Taqanas	Muro de contención de piedra, tierra o vegetación y una plataforma de cultivo, que forman microclimas especiales
	Quillas y Wachus	

Herramientas y técnicas socio laborales						
Chaquitajlla o Tajlla	**Jiracha**	**Aynocas**	**Sayaña**	**Ayni**	**Mink´a**	**Waki**
Instrumento adaptado a pendientes > a 45°, es un palo puntiagudo con punta un tanto encorvada	Fertilizante tradicional (mezcla de estiércol ovino o aviar fermentado y agua)	Tierras que se encuentran distribuidas alrededor de las comunidades. Cumplen un ciclo de producción para recuperar la fertilidad de los suelos	Terreno con viviendas y establos rústicos para proteger ganado. Está sometida a producción agrícola intensiva de acuerdo a las necesidades	Sistema de trabajo de reciprocidad familiar entre los miembros del ayllu	Significa "Fraternidad" es un tipo de trabajo cooperativo	Significa "Alternado". Trabajo entre el dueño de la parcela y un comunario que proporciona semilla y fuerza de trabajo

2.4.1. Manejo de la Biodiversidad y de la Complejidad

LA DIVERSIFICACIÓN DE RIESGOS

Los pobladores combinaron sus principales actividades productivas como la agricultura y ganadería, con actividades de la caza, la pesca, recolección de plantas alimenticias y medicinales, con la artesanía, la orfebrería, la peletería, el arte y la música. Si a este se añade la movilidad poblacional en la migraciones temporales y la diversificación ocupacional en áreas pobladas y urbanas este fenómeno se amplia y complejiza de manera muy significativa.

LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Las culturas precolombinas y los pobladores actuales del altiplano boliviano utilizaron y utilizan las técnicas de deshidratación y manejo de heladas, para procesar alimentos como el charque, chuño, tunta, caya, thayacha (helado de isaño), que además de preservar y conservarlos por largos períodos de tiempo, permitían el transporte a grandes distancias sin sufrir los efectos de alteración, por el contrario, manteniendo sus cualidades nutritivas. Igualmente, en cuanto a almacenar y conservar los alimentos, sobre todo, de los excedentes generados en años de buena cosecha, utilizando los sistemas de tambos y técnicas de almacenamiento. En la actualidad, por ejemplo, comunidades como de Chacarapi (Charazani) practican un sistema de almacenamiento de tubérculos bajo sombra y en hoyos del suelo, donde se distribuyen los tubérculos por capas separadas con paja ichu y hojas de muña muña y luego son cubiertas con tierra. Así pueden conservar los alimentos durante varios años. Los comunarios aseguran que "… puede ocurrir una hambruna, una sequía prolongada, pero nosotros tranquilamente podemos sobrevivir cinco años con nuestros productos almacenados…".

USO DE PRONÓSTICOS Y DIFERENTES TIPOS DE INDICADORES NATURALES

Los pobladores del Altiplano Boliviano, emplean indicadores naturales para predecir el clima, es así que los Fito indicadores son empleados como indicadores para asegurar la producción, los zoo indicadores, utilizados frecuentemente para pronosticar eventos o la factibilidad de la producción; los indicadores atmosféricos, que en épocas claves son utilizadas en los pronósticos para ver la producción que se tendrá en una gestión agrícola; por último los indicadores astronómicos, que en etapas clave permiten conocer la viabilidad de la producción para una gestión agrícola.

CONOCIMIENTOS LOCALES SOBRE MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Los principales cultivos de los municipios de la cuenca son la papa, quinua, cebada para grano, cebada para forraje, alfalfa, avena, trigo, cañahua, haba, arveja y hortalizas (cebolla, lechuga, zanahoria, etc.) y para seguridad alimentaria oca, izaño, papaliza. La plaga más temida y que puede dañar hasta el 50% de la producción de la papa, es el gorgojo de los andes (Premnotrypesspp., y Rhigopsidiuspiercei), en el cultivo de la quinua la plaga principal es la kconaKcona (Eurysaccamelanocampta), que puede producir también una pérdida de hasta 50% de la producción.

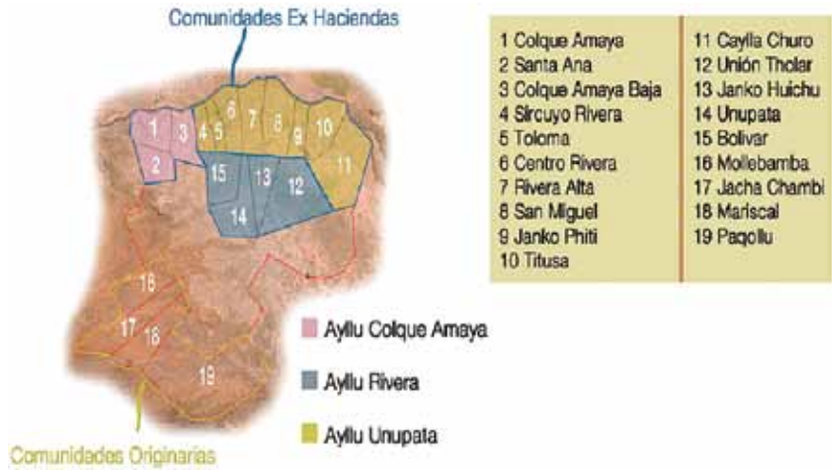
Tabla II-15. Plagas de los cultivos más importantes y forma de control tradicional en los municipios de la cuenca del río Mauri Desaguadero

CULTIVO	PLAGAS	CONTROL TRADICIONAL
Papa	*Roncha, Tizón tardío (Phytophtora-infestans), Tizón (Alternariasolani), Verrugosis (Synchitriumendobiotic-um) Sarna (StreptomycesscabiesErwi-nia) Roña, sarna polvorienta (Spongos-pora subterránea), Marchites bacteriana (Pseudo-monassolanacearum), Rosario (Nacobbus averna).*	Rotación de cultivos, combinando los cultivos con el descanso de varios años. Las rotaciones de cultivo más usuales son: Papa/Quinua/cebada/ descanso Papa/Quinua (cañahua)/Cebada (trigo). Densidad de siembra, evitan sembrar con alta densidad de siembra para evitar la proliferación de enfermedades. Prácticas culturales como el deshierbe y erradicación de plantas enfermas e infestadas. Utilización de cultivares que son tolerantes o resistentes a las enfermedades. Aplicación de ceniza de k'oa (*Satureja boliviana Briq.*), ñaqathola (*Lepidophylla sp.*) o suputhola (*Baccharis sp.*).
Quinua	*Mildiu (Peronospora farinosa), Punta negra (Poma exiquia), Mancha ojival del tallo (Poma cava), Mancha foliar (Ascochytahalos-pora)*	
Cebada Avena	*Mancha roja (Helminthosporium teres), Royas (Pucciniastriformis, Pucci-niahordei, Pucciniagraminis), Carbones (Ustilagohordei, Ustilago nuda)*	
Haba	*Mancha chocolate (Botritisfabae)*	

2.5. Gestión del territorio como estrategia de adaptación

Uno de los principales objetivos de las formas actuales de gestión del territorio se refiere a la seguridad alimentaria y el manejo del riesgo climático. Como un ejemplo concreto recogemos las experiencias de los municipios de Papelpampa y el Choro (Villarroel y Perez, 2015b).

2.5.1. La gestión del territorio-Estudio de caso Municipio de papel pampa



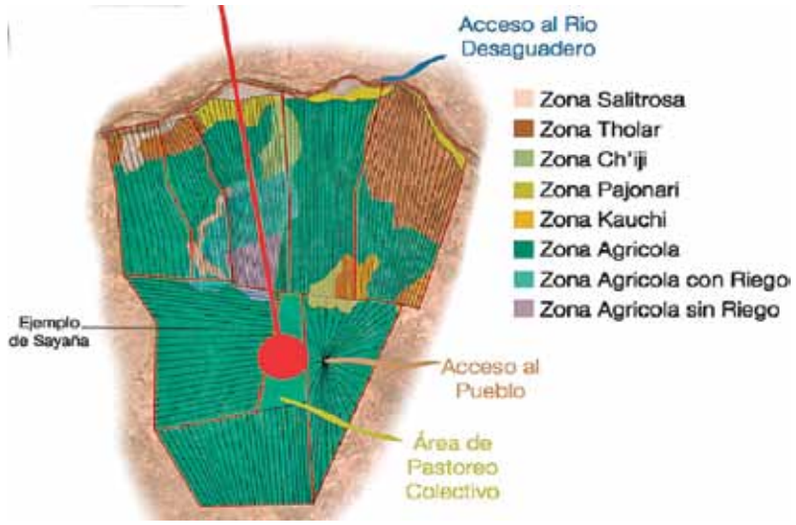
El municipio de Papel Pampa, antiguamente denominado Marca Papel Pampa, estaba conformado por 10 ayllus que son las actuales sub centrales agrarias. Al interior se ubican las comunidades, que son las unidades territoriales en las que se toman las decisiones de gestión del territorio. De los 10 ayllus, 7 pasaron por un largo periodo de Hacienda hasta la Reforma Agraria del año 1952. Tres ayllus se resistieron y mantienen hasta el día de hoy su organización originaria.

El acceso a la diversidad de recursos que ofrece el territorio, hasta los años 70 y 80, se aseguraba mediante los derechos de acceso colectivos con el sistema de aynoqas para cultivos y áreas de pastoreo para el ganado. Paulatinamente, por presiones de crecimiento poblacional, tendencia a la migración y otros factores, se ha dado una transición del derecho de acceso colectivo al territorio hacia el derecho de acceso familiar en unidades de tierra denominadas sayañas. Hay una diversidad de acuerdos, distintos procesos, combinaciones de estos derechos, etc. en las comunidades del Municipio. La transición de derechos colectivos a derechos familiares se inició en los años 70 y 80. Esta forma de acceso todavía la mantienen 2 de los ayllus originarios y una comunidad de ex hacienda, con algunas variaciones en la gestión. Ejemplo del ayllu Jacha Chambi que a su vez se sub divide en tres ayllus (Mollebamba, Jacha Chambi y Mariscal) (Villarroel y Perez, 2015b).

Las comunidades que se distribuyeron sayañas mantuvieron los criterios de acceso a la diversidad de recursos. El primer criterio es la priorización de un recurso al que todas las sayañas deben acceder. En el caso de las comunidades ribereñas el recurso priorizado es el Río Desaguadero, por tanto en toda esta zona las sayañas se ubican de forma transversal al río. En los otros casos hay muchas variantes, desde zonas con mejores aptitudes agrícolas hasta el acceso a la zona del pueblo. El segundo criterio es la ubicación transversal en la medida de lo posible a las distintas zonas agroecológicas. En la figura se muestra una ampliación de los criterios de distribución de las sayañas.

Las formas de gestión del territorio son dinámicas y se van adaptando a las influencias externas y presión demográfica interna, siempre con un criterio de acceso equitativo a la diversidad pero también de formas colectivas de asumir los riesgos inherentes a los sistemas productivos (Villarroel y Perez, 2015b).

Cada zona ecológica tiene determinadas características que le dotan de ventajas o desventajas frente a los distintos eventos climáticos. Por ejemplo en un año lluvioso, las zonas elevadas y secas pueden asegurar áreas de pastoreo o la producción de cultivos. El alto grado de conocimiento de los pobladores de los recursos en su territorio y las formas de gestión de éstos, permite a las comunidades enfrentar eventos climáticos con una mejor resiliencia y por tanto mejores posibilidades de adaptación al cambio climático.



2.6. Actores públicos-privados- sociales. Los alcances de las redes y plataformas

La clásica división público-privado en el caso del País corre el riesgo de dejar a un lado a un componente muy significativo de la población que si bien hace al mundo privado, contiene un peso específico muy particular en términos socio-culturales y de empoderamiento y por esa razón se habla de actores sociales. Los actores involucrados en el Plan desde su concepción inicial y el acompañamiento de todo el proceso desde 2013, hace relación a diferentes grados y significación del relacionamiento: Continuidad del involucramiento, relevancia de la relación y las mutuas incidencias e influencias sociales, técnicas y políticas que se dieron. El siguiente cuadro recoge esta situación.

Se han identificado 139 actores institucionales entre públicos (48), sociales (60) y privados (31), involucrados en el "Plan Estratégico de Adaptación".

a) La Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra - APMT, como el actor principal.

La Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra - APMT fue creada el 15 de octubre de 2012, según Ley Nº 300, Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien y reglamentada por D.S. Nº 1696, de fecha 14 de agosto de 2013. La APMT es una entidad autárquica con autonomía de gestión administrativa, técnica, económica y legal bajo tuición del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

b) Ministerios

Los siguientes ministerios tienen relación a la política nacional de Cambio Climático:

1. Ministerio del Medio Ambiente y Aguas
2. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras
3. Ministerio de Defensa Nacional
4. Ministerio de Educación
5. Ministerio de Salud
6. Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural
7. Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto
8. Ministerio de Planificación del Desarrollo

c) La Autoridad Binacional del Lago Titicaca, cuyo nombre completo es: Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó, Salar de Coipasa.

d) Gobernaciones de La Paz y Oruro: Las secretarias y direcciones que tienen que ver con el Plan son: La Secretaría de los Derechos de la Madre Tierra, la de desarrollo productivo y la Dirección de Fortalecimiento Municipal.

e) Gobiernos autónomos municipales de 36 municipios, cada uno conformado por el Concejo Municipal, el alcalde y equipo técnico de cada municipio.

Tabla II-16. Municipios de la Cuenca Mauri Desaguadero Poopó del Departamento de La Paz

Departamento de La Paz																	
Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Municipio	Ayo Ayo	Calacoto	Caquiaviri	Catacora	Chacarilla	Charaña	Coro Coro	Jesus De Machaca	Nazcara de Pacajes	Papel Pampa	Patacamaya	San Andres de Machaca	San Pedro de Curahuara	Santiago de Callapa	Santiago Machaca	Sica-Sica	Umala	Waldo Ballivian

Tabla II-17. Municipios de la Cuenca Mauri Desaguadero Poopó del Departamento de Oruro

Departamento de Oruro																	
Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Municipio	Santriago de Andamarca	Antequera	Caracollo	Challapata	Corque	Curahuara de Carangas	El Choro	Eucaliptus	Santiago de Huayllamarca	Machacamarca	Oruro	Pazña	Villa Poopó	Santiago de Huari	San Pedro de Totora	Soracachi	Toledo	Villa Huanuni

f) Población de los municipios. Esta población está organizada en Organizaciones comunales y sindicales, afiliadas a:

- Confederación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Bolivia (CSUTCB)
- Consejo Nacional de Ayllus y Markas del Qollasuyo - CONAMAQ
- Confederación Nacional de Mujeres Campesinas Indígenas Originarias de Bolivia "Bartolina Sisa" - CNMCIOB-BS
- Organizaciones de pequeños productores afiliados a:
- La Coordinadora de Integración de Organizaciones Económicas Campesinas, Indígenas y Originarias de Bolivia (CIOEC-BOLIVIA).
- Asociación de Organizaciones de Productores Ecológicos de Bolivia (AOPEB)

g) Proyectos gubernamentales y de ONGs. Se han identificado 28 Organizaciones o proyectos Gubernamentales y no Gubernamentales que intervienen en temas relacionados al desarrollo sostenible y Cambio Climático.

Tabla II-18. Organizaciones y/o proyectos gubernamentales y No Gubernamentales para temas de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático

Nº	INSTITUCIÓN	No.	INSTITUCIÓN
1	ACCESOS	15	Fundación Vertiente
2	ADRA	16	Fundacion Suyana
3	Agua Sustentable	17	GIZ - ENDEU
4	Amaytis	18	LIDEMA
5	CARITAS	19	Ministerio de Educación
6	CASSA	20	Plan Internacional
7	CDIMA	21	PRO BOLIVIA
8	Child Fund	22	PROIMPA
9	CIPCA	23	PROSUCO
10	Conservación Int.	24	SEMTA
11	DIACONIA	25	SIDEL
12	FPS La Paz	26	SUYANA
13	Fundación Bartolina	27	Swisscontact
14	Fundación Sartawi	28	Visión Mundial

h) Universidades:

Universidad Mayor de San Andrés - UMSA
Universidad Técnica de Oruro - UTO
Universidad Católica de Bolivia - UCB.
Universidad Tupak Katari

2.7. Lideresas del Cambio Social

Este acápite busca cerrar el capítulo de vulnerabilidades y resiliencias, pues la situación de las mujeres constituye una síntesis de la pobreza rural, el eslabón más importante de los encadenamientos de la pobreza, pero concebimos que el trabajar de manera focalizada en este eslabón puede constituirse un factor fundamental de resiliencia y de mejorar sus condiciones.

Se presenta un diagnóstico de la situación de las mujeres en la Cuenca y luego las experiencias de trabajar con una Red de Lideresas campesinas a lo largo del país que muestra las posibilidades de ser resilientes.

Uno de los principios en los que el Plan se fundamenta es la equidad de género. El Cambio Climático afecta de manera diferenciada a hombres y mujeres, pudiendo convertirse en una causa que profundice las inequidades de género todavía presentes e impacte de manera particular y exponencial en la vida de las mujeres, mismas que por sus condiciones de género son aún más vulnerables ante los riesgos y amenazas, tal como ya fue señalado.

En este sentido, es relevante analizar algunos elementos que puedan darnos indicios acerca de la capacidad adaptativa, que tiene estrecha relación con los factores de resiliencia de las mujeres ante el Cambio Climático en la cuenca del río Mauri-Desaguadero, para que el desarrollo de capacidades sea efectivo en alcanzar igualdad de condiciones para hombres y mujeres en la planificación y la implementación de las acciones de adaptación.

La capacidad adaptativa es entendida como la capacidad de un individuo, grupo o sistema para ajustarse a los impactos del Cambio Climático ya sea reduciendo los daños o aprovechando beneficios. Esta capacidad está determinada por el acceso y control a recursos estratégicos como información, tecnología, instituciones y recursos económicos, entre otros. Para determinar la capacidad adaptativa de las mujeres se han analizado variables como: porcentaje de analfabetismo, nivel de educación, derecho de propiedad de la tierra, rol de género en sistemas de ocupación, participación en la toma de decisiones y oportunidades de empleo/ingresos. La Tabla II-19 muestra los resultados encontrados:

a) Analizando estas variables podemos interpretar que la capacidad adaptativa y de resiliencia de las mujeres es relativamente baja. No obstante, si bien existen porcentajes elevados de analfabetismo y escolaridad; existe un amplio conocimiento y experiencias del manejo de sus recursos agropecuarios, del manejo del agua, la tierra y las semillas y se constituyen en un canal muy importante de transmisión de prácticas tradicionales y valores en la socialización y crianza de sus hijos.
b) Ciertamente el no contar con el reconocimiento del derecho de propiedad de la tierra o heredar una menor proporción sólo por su condición de mujer, limita significativamente las posibilidades de que acceda a otros recursos financieros que le permitan a su vez subscribirse a innovaciones tecnológicas , por ejemplo, pero también es evidente que las condiciones del contexto y de políticas públicas cada vez son mejores y pueden constituirse en factores que favorecen las capacidades de resiliencia de las mujeres campesinas.

Tabla II-19. Variables del análisis de capacidad adaptativa de las mujeres al Cambio Climático (Soto, 2014)

Porcentaje de analfabetismo	Del 7,8% de analfabetos en los municipios rurales de la cuenca Mauri Desaguadero, las mujeres representan el 70%.
Nivel de educación	Labores reproductivas (cuidado de los hijos, alimentación, acarreo de agua, etc.) Son asumidas casi en su totalidad por las mujeres, salvo algunas ocasiones en las que el hombre asume el acarreo del agua o la alimentación de los hijos en ausencia de la esposa. Labores en sistemas pecuarios En la mayoría de los municipios la mujer asume mayor carga laboral haciéndose cargo del pastoreo, cuidado e incluso sanidad animal. Generalmente se hacen cargo del ganado menor (ovino), incluso de su venta. Los hombres se encargan generalmente del faeneado, sanidad animal y venta de ganado mayor (bovino, camélido). Labores en sistemas agrícolas Hombre y mujer comparten las tareas agrícolas, aunque la mujer tiene mayor participación en el abonado, siembra, cosecha y selección de semilla. En la mayoría de los municipios la comercialización de los productos está a cargo de las mujeres.
Derecho de propiedad de la tierra	En la mayoría de los municipios el derecho de propiedad de la tierra se transfiere sólo entre hombres. Las mujeres acceden a la transferencia de tierras en caso de ser hija única o no tener hermanos varones. Al casarse el derecho de propiedad pasa a nombre del esposo o si deciden lo mantienen para ambos. En algunos municipios el derecho de propiedad se hereda a hombres y mujeres, aunque las hijas heredan un porcentaje menor del terreno.
Oportunidades de empleo e ingresos	Debido a la doble carga laboral las mujeres tienen menos oportunidades de acceder a empleos fuera del trabajo que realizan. Si llegan a acceder a un empleo fuera del ámbito agropecuario, sus ingresos son menores que el de los hombres, aun cumpliendo las mismas actividades.
Participación en la toma de decisiones	En general, la participación de las mujeres es más presencial que activa o está limitada a ámbitos de salud y educación, por estar aparentemente vinculados a su rol reproductivo. No obstante, existen algunas organizaciones de mujeres al interior de la cuenca que están comenzando a asumir un rol mucho más activo y propositivo que trata de influir en la toma de decisiones pero que todavía encuentra algunas limitantes tanto interna como externamente. Por otro lado, las mujeres llegan a ocupar cargos como autoridades originarias según usos y costumbres, además se están generando mejores oportunidades para que las mujeres accedan a ocupar cargos en las instancias de gobernanza local (municipios, alcaldías y subalcaldías), sin embargo muchas veces ellas deben enfrentarse al acoso político.

Red de mujeres campesinas líderes

Las organizaciones sociales a las que pertenecen también es variada: Bartolinas, Autoridades Originarias del Sajama, Arapaima de la Amazonia, Rima, Asociación de productoras, Asociación de Regantes, Arescat de agua potable, Junta de vecinos.

Tuvieron un desarrollo en capacidades cognitivas, operativas, instrumentales y de comunicación que contribuyó a formarse como líderes a nivel personal, en su entorno familiar,a nivel de sus comunidades y organizaciones y luego incluso insidir en sus municipios y el conformación de nuevas relaciones y alianzas. El primer paso fue el perder el miedo, capacitarse adecuadamente, compartir sus experiencias en una una red de pares y colaboración, hasta llegar a un mayor empoderamiento.

3. VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA POR MUNICIPIO

En las siguientes figuras se hace un análisis de vulnerabilidad y resiliencia de los municipios que forman parte de la cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó.

Como ya se ha mencionado reiteradamente, la vulnerabilidad es el resultado de la exposición, sensibilidad de la población y su capacidad de adaptación. Este análisis se ha realizado en base a los PDM de los municipios y estudios, encuestas, talleres que se han desarrollado en los diferentes municipios de la Cuenca Mauri-Desaguadero-Poopó.

Para que las siguientes figuras sean claras es necesario especificar que las relaciones e interacciones de causas y efectos se dan por los impactos negativos, positivos, situación o características descriptivas de la población actual, las condiciones climáticas que actual-mente se presenta y en algunos municipios también se muestra algunas soluciones que las comunidades locales han identificado y les ha dado buen resultado en este proceso de adaptación y resiliencia. La siguiente imagen muestra el color que identifica a cada uno de los elementos analizados.

Impactos Negativos

Situación climática

Situación actual

Impactos positivos

Soluciones

3.1. Departamento de La Paz

Municipio de Ayo Ayo

Heladas (en junio y julio, más de 25 días por mes)

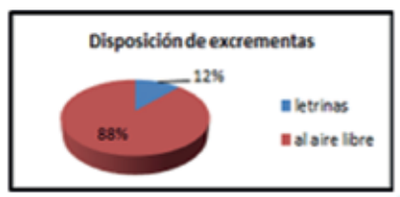
Daños físicos de los cultivos

Actividad principal: Agricultura (papa, cebada, quinua y hortalizas) y ganadería (leche, queso y carne)

Crecimiento de las áreas cultivadas

Detrimento de las áreas naturales

Provocación de contaminación de suelos.

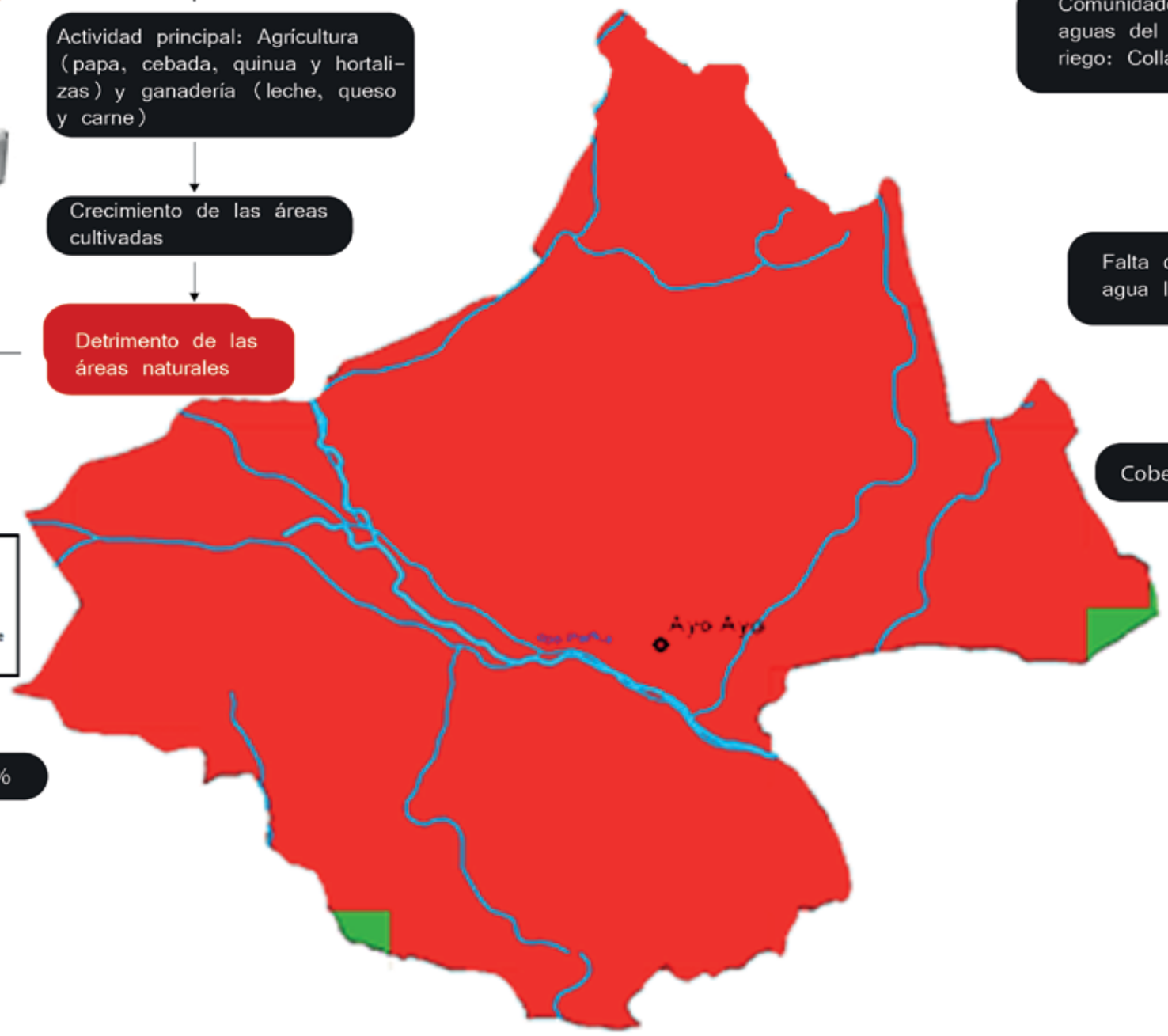


Tasa alfabetización: 93%

Comunidades más beneficiadas por aguas del Río y para sistemas de riego: Collana y Sullcavi

Falta de acceso a fuentes de agua limpia

Cobertura de agua potable: 11%



Hombres:3769 hab Mujeres:3637 hab Área:468.128 km^2	Se considera que la vulnerabilidad de este municipio es causada por una baja cobertura de agua potable, además de tener un mal manejo de residuos sólidos, asimismo se ve afectado por inundaciones que afectan sus sistemas de producción y ganadería

Figura II- 67. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Ayo Ayo

Municipio de Calacoto

Fuente principal de ingresos

El cultivo de cebada es fundamental como suplemento de la alimentación del ganado.

Uso de la tierra: Ganadería extensiva (Mapa) Ganado camélido, agricultura de autoconsumo (cultivos de papa, quinua, forraje y cebada)

Presencia de yeso, plomo y de cal

Contaminante del suelo y agua

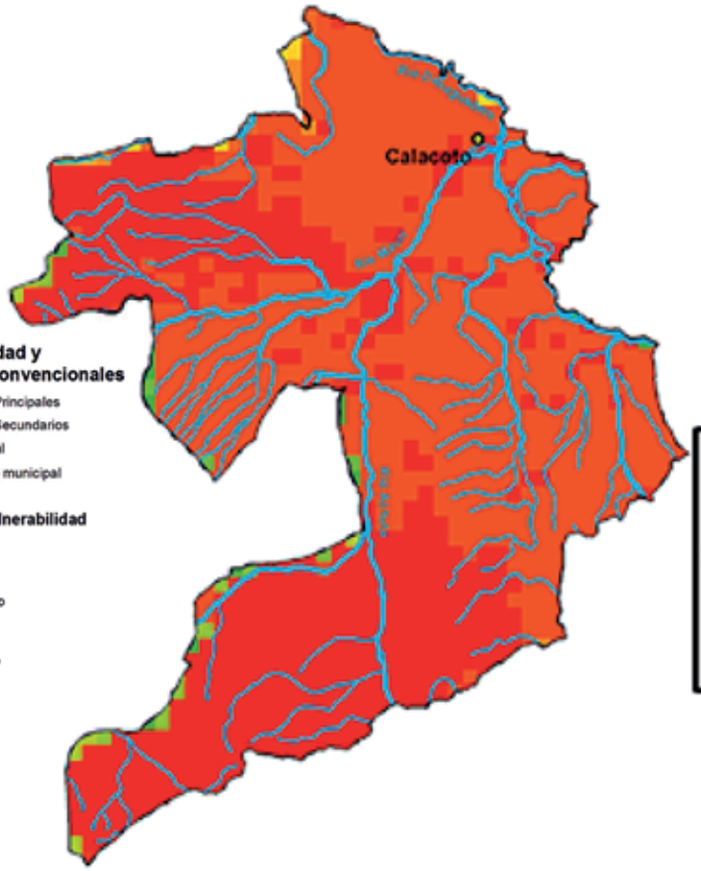
No permite el crecimiento de los cultivos y pastos

Área de pastoreo: 40,7% del territorio, sobrepastoreo

Cobertura de agua potable: 4%

Destrucción de los pastos naturales y perdida de la estructura superficial del suelo, compactación

Dificil rebrote de la vegetación



Afectando a los cultivos ya establecidos

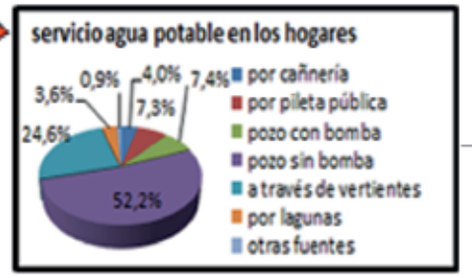
Granizadas (enero y febrero, más de 20 días por año

inseguridad alimentaria

Heladas (febrero y marzo) Días con helada : 150 a 300

La producción principalmente de la quinua y papa en riesgo

Afectando la salud de la población



En algunas comunidades se tiene el consumo de agua de pozos, sin contar con algún tipo de tratamiento

Hombres:5672 hab
Mujeres:4664 hab
Área:3916.610 km^2

Este municipio es vulnerable debido a la ocurrencia de eventos extremos ya que se ve azotado por sequias y heladas, perjudicando a los pocos cultivos que existen porque el suelo contiene altos porcentajes de yeso, plomo, cal que no permite el crecimiento de cultivos, además de provocar contaminación en suelos y agua, asimismo se tiene una baja ejecución presupuestaria en desarrollo sostenible es decir proyectos que tienen incidencia ante el cambio climático y los eventos adversos.

Figura II-68. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Calacoto

Municipio de Caquiaviri

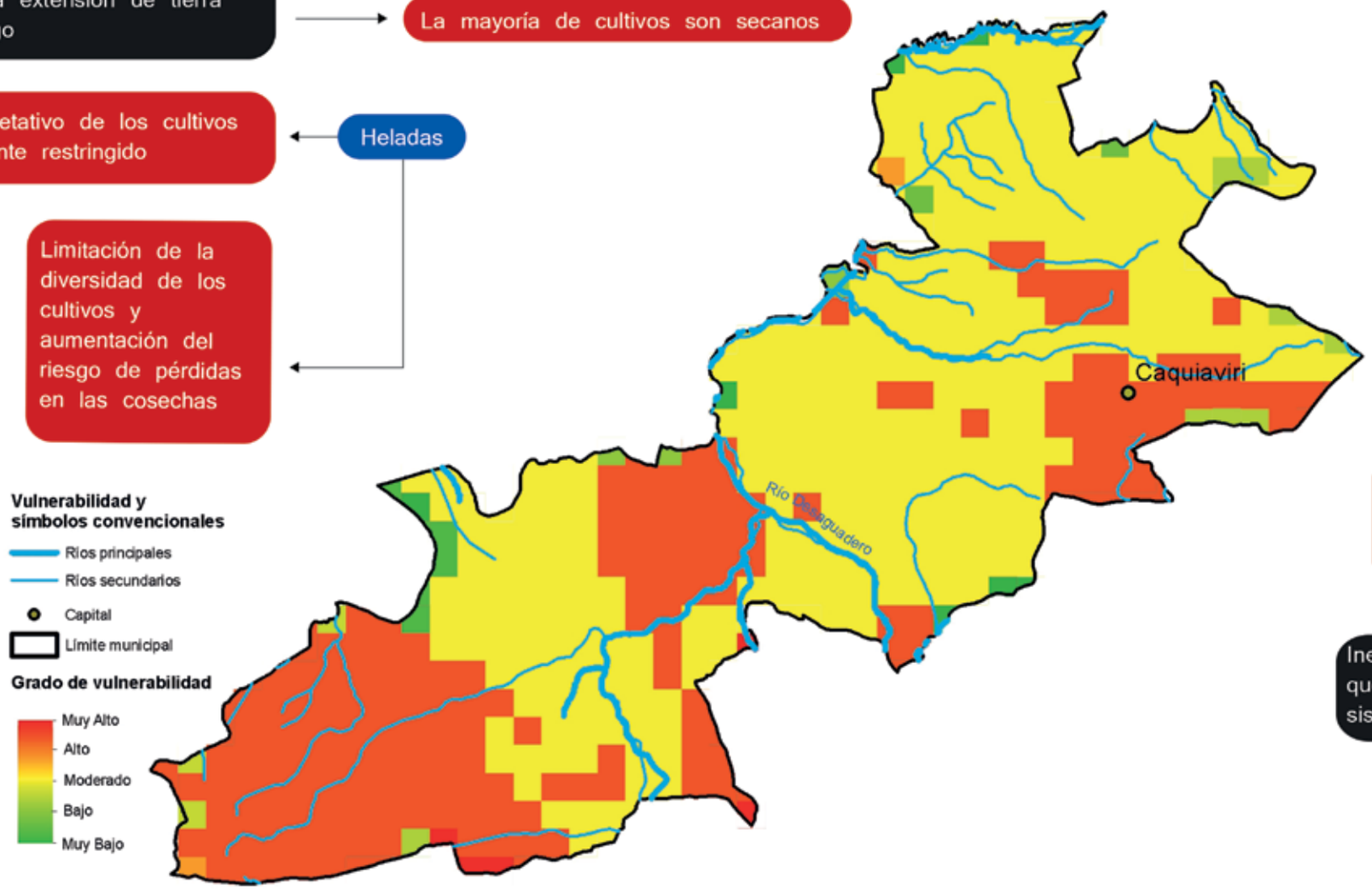
Ausencia de fuentes de agua para la producción → Baja productividad de los cultivos y poca disponibilidad de los alimentos

Salinidad del rio Desaguadero → Desfavorable como fuente de riego

8% de la extensión de tierra tiene riego → La mayoría de cultivos son secanos

Heladas → Ciclo vegetativo de los cultivos severamente restringido

Heladas → Limitación de la diversidad de los cultivos y aumentación del riesgo de pérdidas en las cosechas



Densidad de 7,5 habitantes por km^2: poco poblada

El promedio anual de precipitación es de 425 mm por año

Área de pastoreo: 43,2% del territorio, Sobrepastoreo → Pérdida de cobertura vegetal y capa arable susceptible a la erosión

Inexistencia de fuentes de agua que puedan ser utilizados para sistemas de agua potable. → Cobertura de agua potable: 14%

Lluvias excesivas → Actividades principales: Agricultura y producción → Anegamiento del cultivo y pérdida de cosechas ↔ No protección contra la lluvia/el viento ← Descanso de las tierras agrícolas en rotación

Hombres:7240 hab
Mujeres:6264 hab
Área:1570.879 km^2

Es vulnerable por tener una baja cobertura de servicios de agua potable, la mayoría de los usuarios del municipio solo cuentan con pozos sin bomba haciéndolos más vulnerables en las épocas de sequía, además este municipio se ve muy afectado por las heladas afectando a un gran número de familias que ante la ocurrencia de estos eventos extremos sufren pérdidas en cultivo y ganado.

Figura II- 69. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Caquiaviri

Municipio de Catacora

Actividades principales: ganadería como ganado camélido (llamas, alpacas) y ovejas
Actividad complementaria: Artesania (Autoconsumo y venta)

Área de pastoreo: favorable y extenso
Promedio anual: 1200 has de tierra de uso comunal para pastoreo

Fuentes limitadas de agua: ríos temporales, permanentes, vertientes, q'otañas y perforaciones de pozos para consumo humano

La cobertura y distribución de agua potable no cuenta con una estructura organizativa responsable

No existe servicio de alcantarillado, de manera general estas aguas son echadas a la calle y para la evacuación de las excretas se disponen de letrinas o pozas sépticas domiciliarias construidas por las mismas familas sin ninguna direccion técnica

Disminución de la vegetación nativa que afecta la capacidad de carga

Recurso agua se encuentra en volúmenes que generalmente no abastece a las actividades principales

El sobrepastoreo conlleva a la pérdida de cobertura vegetal y a diferentes tipos de erosión como tambien a la degradación de los suelos en el municipio

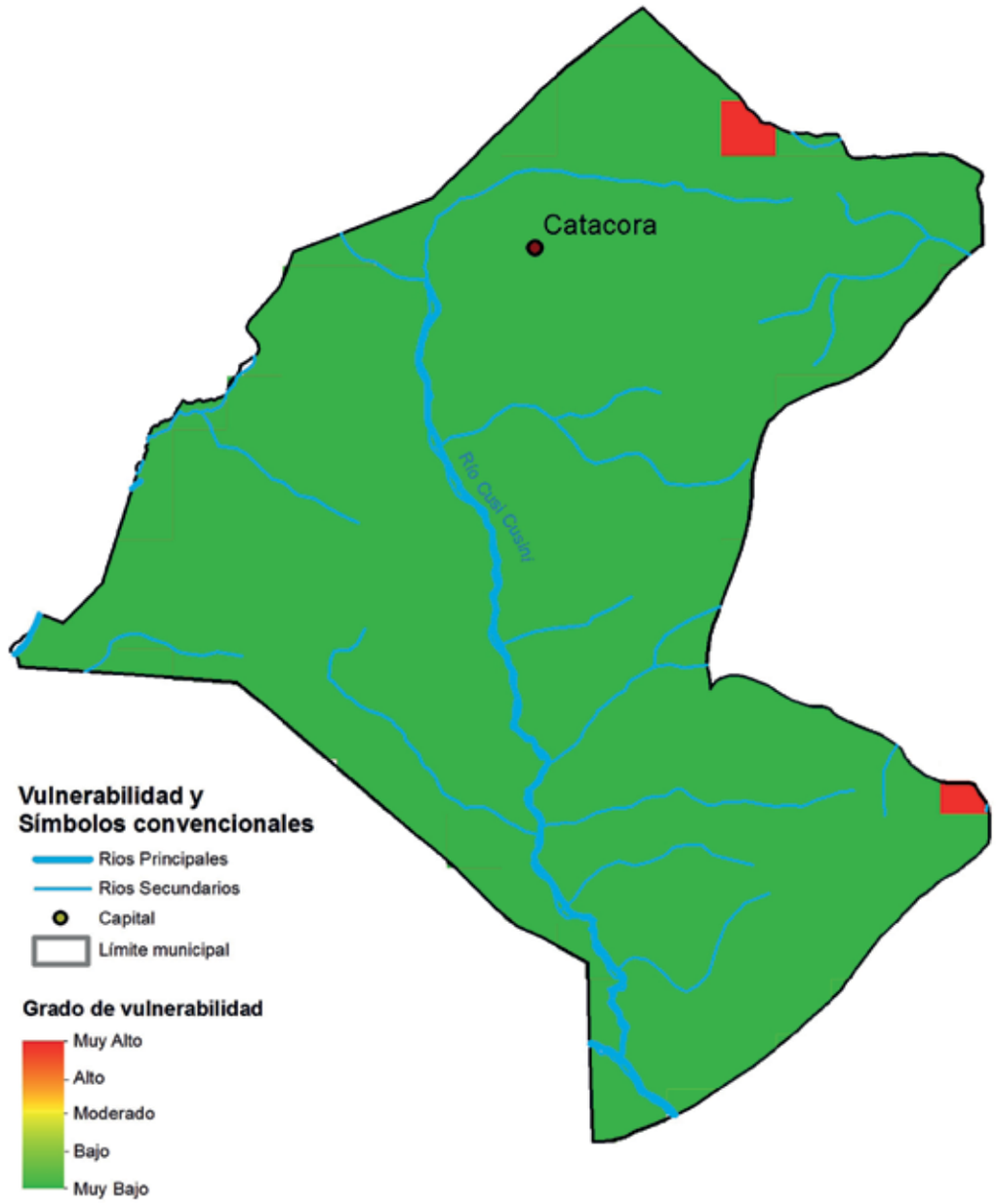
La mayor cantidad de agua se utiliza principalmente para consumo humano

Granizadas y heladas (Temperaturas menores a -5ºC)

Sequias (mayo a octubre)

El municipio no cuenta con un manejo adecuado de residuos sólidos

Solo 20% en toda la sección cuenta con bofedales



Hombres: 1847 hab
Mujeres: 1389 hab
Área: 556.669 km²

En cuanto a recursos hídricos el municipio tiene ríos temporales, permanentes, vertientes, Q´otañas y perforaciones de pozos para consumo humano, pese a esto ha sido afectado en varias oportunidades por la ocurrencia de sequias, granizadas y heladas causando la pérdida de ganado y cultivos para el municipio.

Figura II- 70. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Catacora

Municipio de Chacarilla

Falta de alcantarillado: 30% de las familias cuentan con letrinas o pozo absorbente. → Enfermedades y contaminación del medio ambiente

Actividad principal: Ganadería (suelos no aptos para la agricultura, pero hay cultivos de papa, cebadas etc.)

Daños a los cultivos → Heladas (mayo a julio, 4 meses libres de heladas al año)

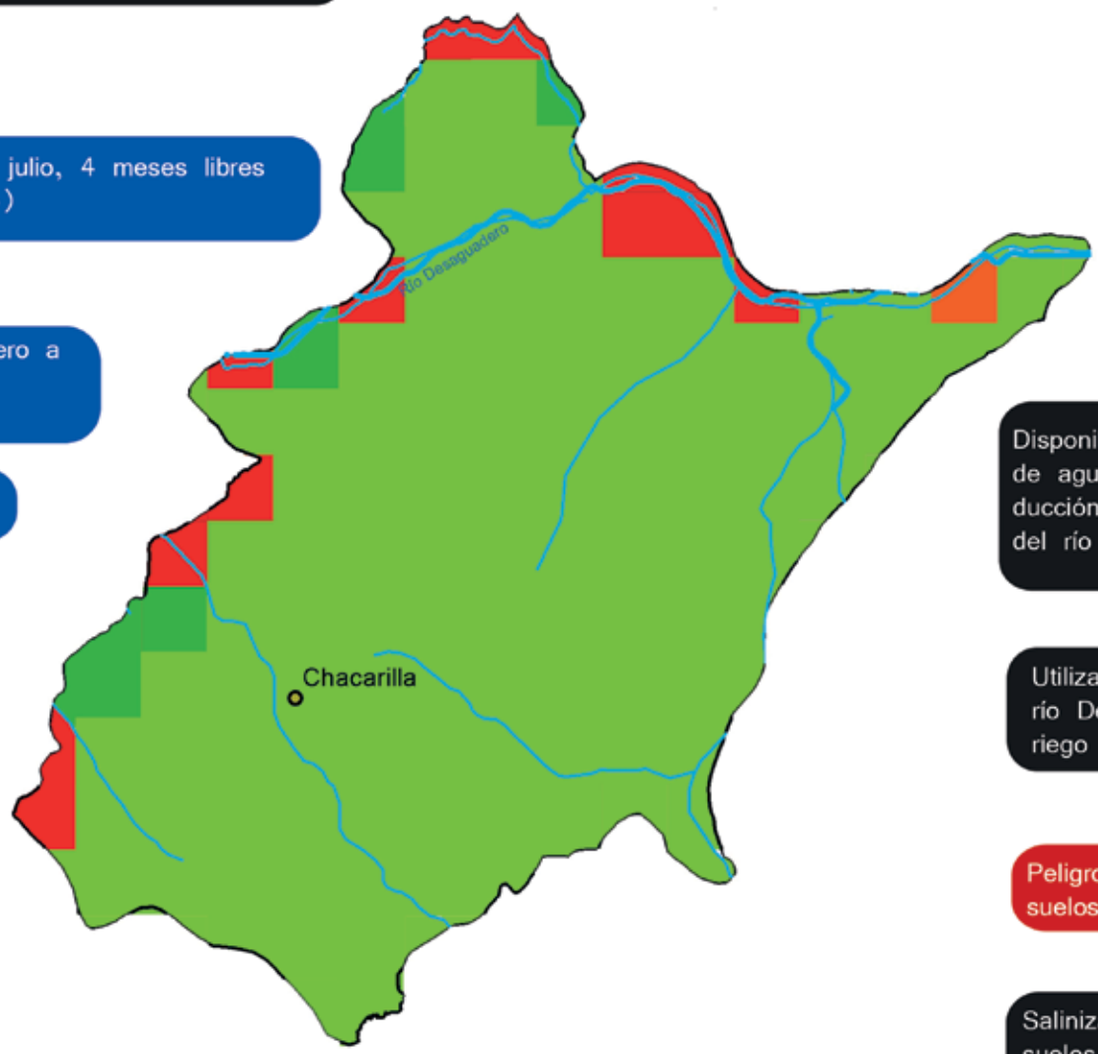
Vientos fuertes

Limitación de la producción agropecuaria → Granizadas (febrero a abril, 10 días el año):

Sequías (mayo a noviembre)

Deforestación

Tasa alfabetización:



Vulnerabilidad y Símbolos convencionales

- Rios Principales
- Rios Secundarios
- Capital
- Límite municipal

Grado de vulnerabilidad

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy Bajo

Disponibilidad limitada de agua para la producción, contaminación del río Desaguadero. → Utilización de las aguas del río Desaguadero con fines de riego peligro. → Peligro de contaminación de suelos y cultivos → Salinización de los suelos

Materia orgánica baja y cobertura vegetal en disminución → Sobrepastoreo → Suelos mas susceptibles a la erosión hídrica y eólica

Inundaciones

Uso de aguas salinas por riego → Degradación irreversible de los suelos

Hombres:1148 hab
Mujeres:833 hab
Área:367.278 km²

La oferta hídrica de este municipio es continua debido a que cuenta con tres fuentes principales de agua el río Desaguadero, el río Mekha Jahuira y Chacarilla que son aptos para el consumo humano, pecuario y agrícola, hay que mencionar que este municipio se ve afectado por inundaciones que derivan en la pérdida de ganado.

Figura II-71. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Chacarilla

Municipio de Charaña

Uso de la tierra: Ganadería extensiva
Actividades principales: Pastoreo libre y agricultura. Cultivo de la papa amarga, papa dulce, quinua, cañahua y cebada. Producción

Daños y perdidas en la agricultura, ganadería

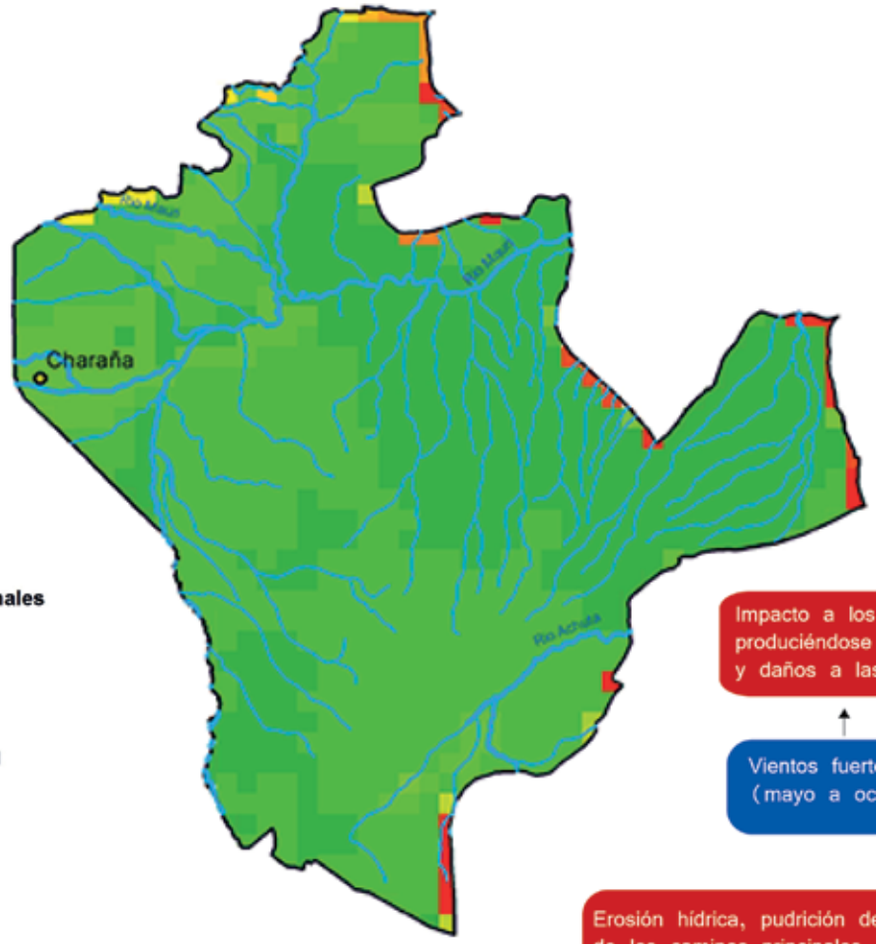
Granizadas (enero a marzo, junio a agosto, octubre)

Serio riesgo para la producción agropecuaria, afecta las condiciones de suelo (humedad) y de la cobertura vegetal para el pastoreo del ganado

Sequía (todo los meses excepto enero, febrero y marzo)

Provocación de contaminación de suelos.

El municipio no cuenta con un plan de manejo de residuos sólidos



Impacto a los suelos agrícolas produciéndose la erosión eólica, y daños a las viviendas

Vientos fuertes (mayo a octubre)

No hay problemas de contaminación de agua

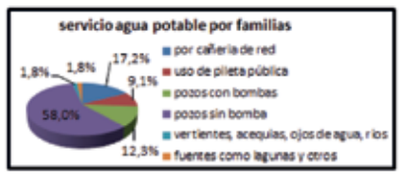
Eliminación de excretas: 30,35% de las familias cuentan con baño o letrina. No hay alcantarillado y la mayor parte de las familias tiene el desague del baño a un pozo ciego, muy pocas a una cámara séptica o a la superficie.

Erosión hídrica, pudrición de los cultivos y inaccesibilidad de los caminos principales

Inundaciones (enero a marzo)

Poco mantenimiento de los caminos existentes.

Cobertura de agua potable: 68%



Área de pastoreo: 33,07% del territorio, sobrepastoreo

Superficie susceptible de erosión: 4,05% del territorio

Hombres:1608 hab
Mujeres:1397 hab
Área:2894.583 km²

Es muy vulnerable ante las sequías provocadas por el paso de los eventos extremos además de que tener una baja cobertura de agua donde la mayoría de los usuarios del agua cuentan con pozos sin ambos, tanto las sequías como la poca cobertura de agua perjudican a los cultivos del municipio.

Figura II-72. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Charaña

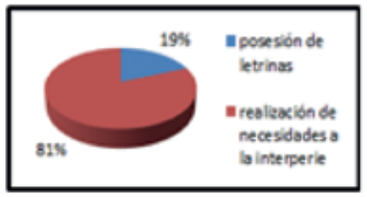
Municipio de Coro Coro

Foco de contaminación y transmisión de enfermedades

Sistema deficiente de agua potable, problemas de la toma y de la red de distribución.

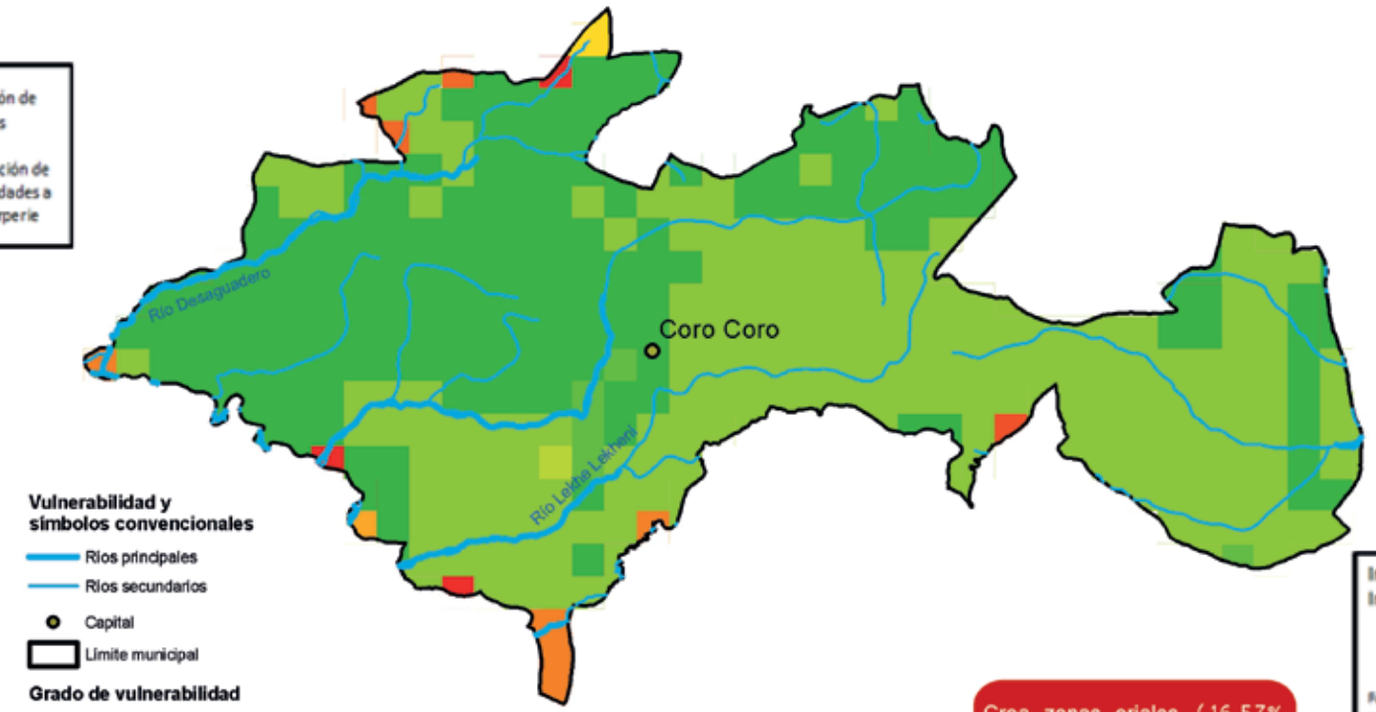
80% de las enfermedades tienen origen en el consumo de agua contaminadas, diarreas infantiles: principales causas de mortalidad

La población esta mal acostumbrada a echar la basura a la intemperie, en lechos de ríos, terrenos a ser cultivados. No se ha observado una forma de recolección de basura.



Área de pastoreo: 43,38%

Sobrepastoreo destruye los pastos naturales y compacta el suelo

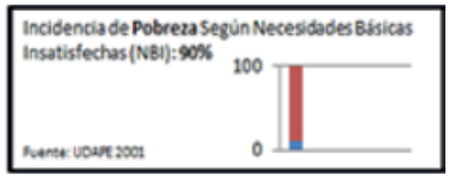


Principal uso de la tierra: ganadería
Suelos no aptos para la producción
Poca agricultura

Muerte de las crías de ovinos por enfriamientos

Ocurrencia de heladas (200 días el año, mayor frecuencia de mayo – octubre, bajas temperaturas

Fuentes de agua son relativamente bajas en caudal



Crea zonas eriales (16,57% del territorio) y erosión de suelos agrícolas por el uso de aguas con copagira.

Actividad minera: 4,76% del area total.

Depósitos de cobre, yacimiento de yeso y sal contribuyen grandemente a elevar la salinidad del rio Desaguadero y del lago Poopó

Actividades principales : comercio informal, minería con producción de cobre, producción pecuaria, actividad silvopastoril.

Hombres:3965 hab
Mujeres:5479 hab
Área:1114.424 km²

Este municipio es vulnerable porque se ve afectado principalmente por la presencia de heladas que afectan a sus cultivos, además que posee fuentes de agua con bajo caudal derivando en que la mayoría de las comunidades tengan reservorios de agua como Q'otañas, igualmente es vulnerable por ser considerado un gran depósito de cobre, asimismo un yacimiento de yeso y sal el ultimo contribuyendo a la salinidad del Río Desaguadero y por ende al Lago Poopó.

Figura II-73. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Coro Coro

Municipio de Jesús de Machaca

Heladas (marzo a diciembre)

Sequías (mayo a agosto)

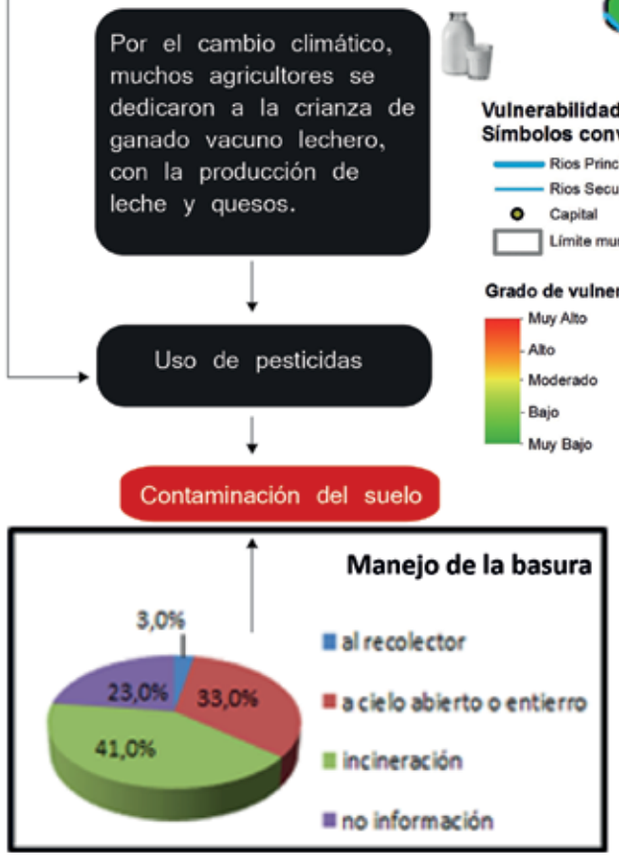
Daños físicos y económicos importantes de los cultivos

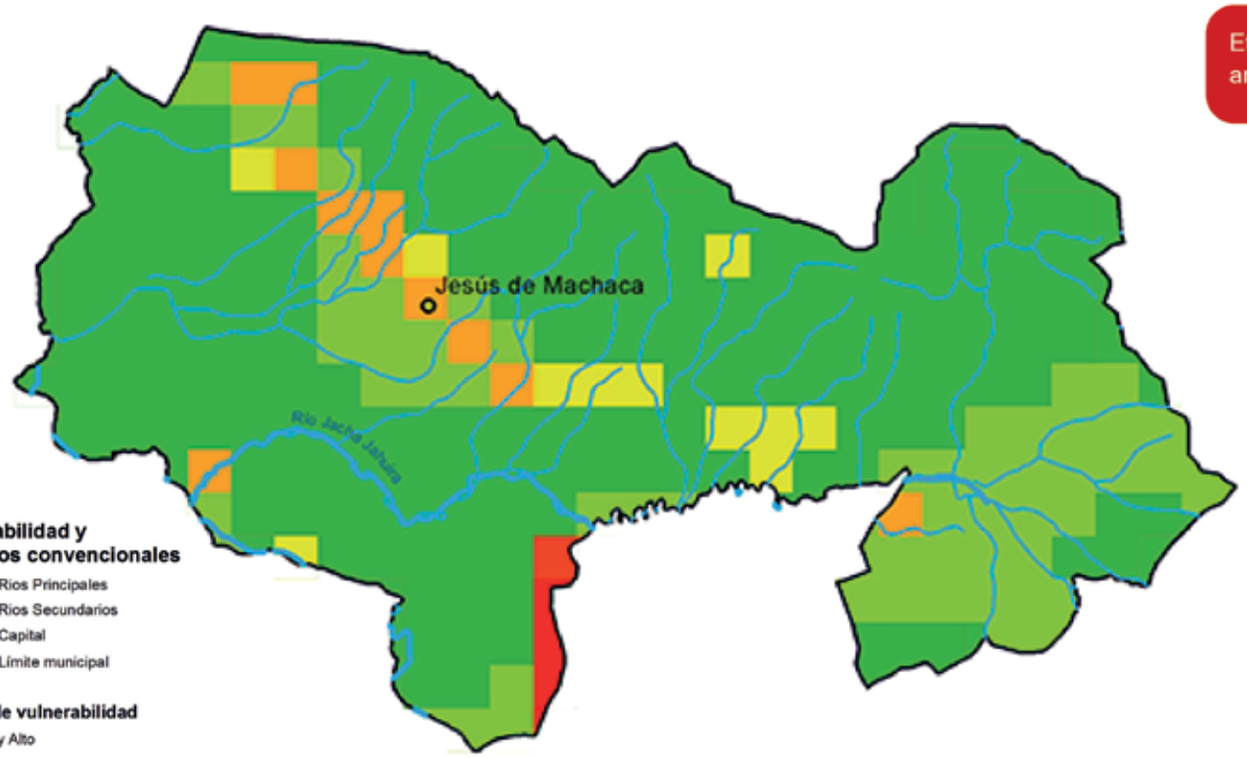
Actividades principales: Agricultura y pastoreo

Por el cambio climático, muchos agricultores se dedicaron a la crianza de ganado vacuno lechero, con la producción de leche y quesos.

Uso de pesticidas

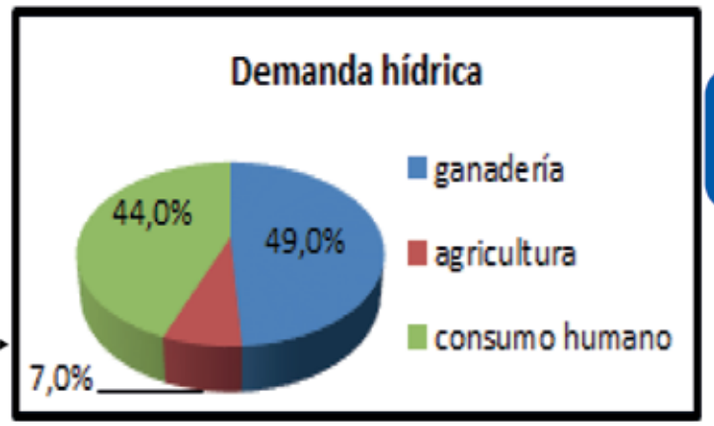
Contaminación del suelo





Área de pastoreo: 27,8% del territorio

Cobertura de agua potable: 44%



Efectos irreversibles a los animales, cultivos y productores

Riesgo para la producción agropecuaria

Granizadas (mayo a agosto)

Variabilidad de lluvias

Falta de sistemas de Riego apropriados

Daño erosivo: principalmente por erosión eólica

Constante aumento de frío (especialmente en el piso de Alto Andino y Puna)

Hombres: 7860 hab
Mujeres: 7696 hab
Área: 838.924 km^2

Este municipio es vulnerable al verse afectado por la presencia de eventos extremos, como ser heladas y sequías que causan pérdidas de cultivos, entre los factores positivos que reducen su vulnerabilidad se puede mencionar tiene ríos principales que abastecen con agua para consumo a la población y animales, asimismo en ocasiones es destinado para el riego de cultivos.

Figura II-74. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Jesús de Machaca

Sequías (agosto a noviembre)

Riesgo para la producción agropecuaria

Actividades principales: Agricultura y pastoreo

Daños y pérdidas en la agricultura, ganadería

Granizadas (diciembre a marzo)

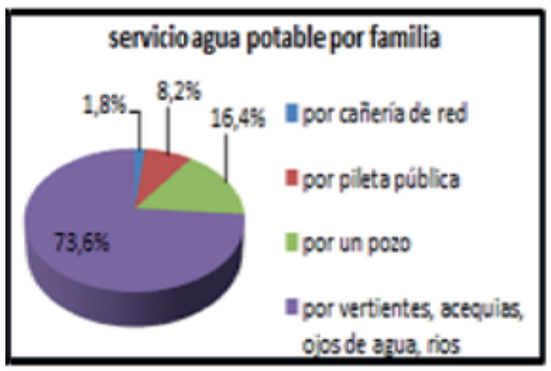
El municipio no cuenta con un plan de manejo de residuos sólidos

Provocación de contaminación de suelos.

Erosión hídrica en los bordes de los ríos, pudrición de los cultivos y la inaccesibilidad de los caminos

Inundaciones (enero a marzo)

Buena calidad de fuentes de agua (Río Desaguadero, Vertiente Nazacara).



Nevadas (julio a septiembre)

Enfermedades respiratorias (población y ganado)

Vientos fuertes (julio a septiembre)

Las poblaciones deberían adaptar sus técnicas ancestrales a las condiciones de fuertes lluvias, sequías, granizadas etc.

Cobertura de agua potable: 26%

Área de pastoreo: 43,8% del territorio, sobrepastoreo

Baja cobertura vegetal y serios problemas a las praderas nativas, pétrdida de fertilidad de los suelos

Erosión eólica y daños a las estructuras de las viviendas

Hombres: 266 hab
Mujeres: 225 hab
Área: 19.020 km^2

Es un municipio que se ve afectado por las heladas afectando a los cultivos de la zona, afectando a la población que tiene como fuente principal de ingresos el cultivo y la ganadería.

Figura II-75. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Nazacara de Pacajes

Municipio de Papel Pampa

Área de pastoreo: 41,94% % del territorio, sobrepastoreo

Deforestación de los árboles, arbustos y plantas, consumo de leña; crecimiento poblacional, la sobre carga animal (sobre pastoreo), la labranza inadecuada en la orientación de la pendiente.

Actividades principales: Pastoreo. Agricultura (cultivos a secano y forestales). Orientación al consumo familiar antes que al mercado.

Erosión mecánica

Congelación de cultivos en plena floración

Cobertura agua potable: 60%

Expansión limitada de cultivos

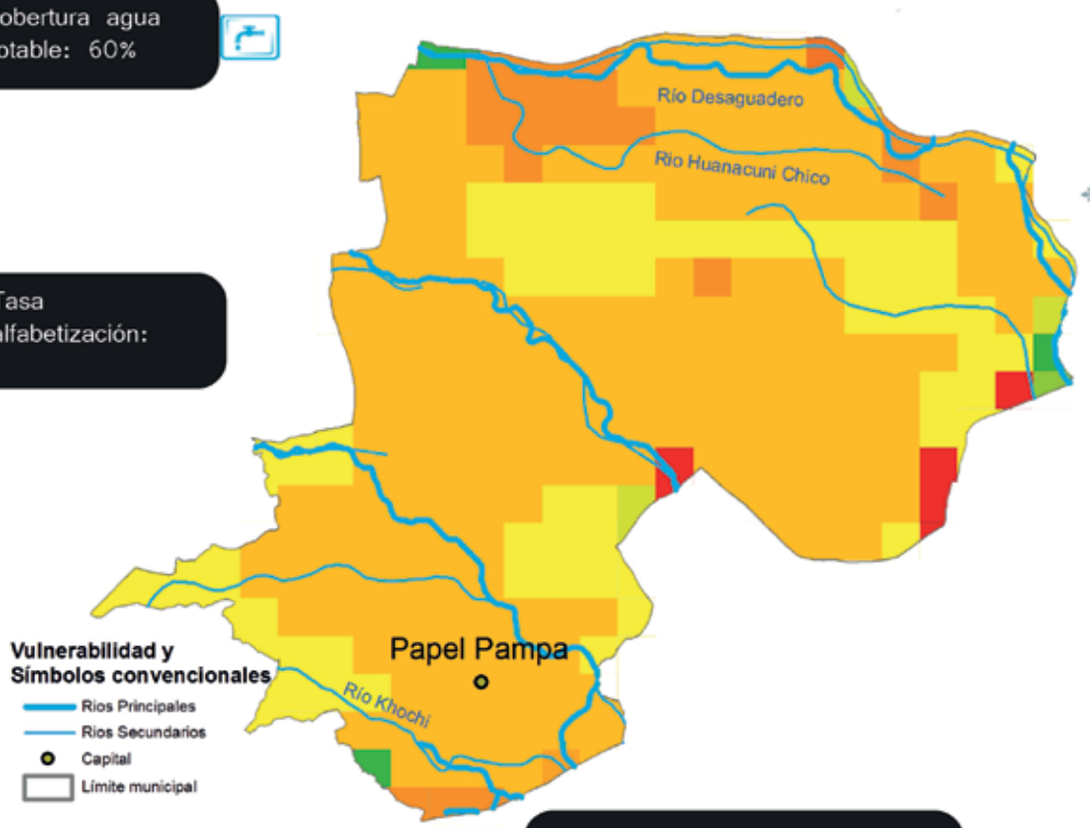
Granizadas (imprevistamente)

Heladas (más peligrosas a fines de enero y principio de febrero)

Tasa alfabetización:

Sequías (mayo a agosto)

Pérdidas económicas en la producción agrícola



Inundaciones (enero y febrero, representan el 22,22% en el año)

Erosión hídrica

Destrucción de vías camineras, remojo de infraestructuras, viviendas, escuelas, centros de salud y otros

Topografía plana que no permite la fácil construcción de sistemas de alcantarillado

Esterilidad de los suelos agrícolas por el uso inadecuado de productos químicos

Contaminación y degradación de los suelos

No hay sistemas de alcantarillado

Suelos fuertemente alcalinos con acumulación de sales.

Enfermedades diarréicas agudas por falta de agua y saneamiento básico.

Precipitación promedio anual: 31,29 mm (muy baja precipitación)

Hombres: 4192 hab
Mujeres: 3445 hab
Área: 908.942 km^2

La vulnerabilidad en este municipio se debe a la baja precipitación media anual que es de 31,29 mm provocando sequía a lo largo del municipio derivando así en perdida de cultivos y ganado, uno de sus principales afluentes es el río Desaguadero que se ve afectado por la alta salinización que de igual forma afecta a los suelos tornándolos alcalinos.

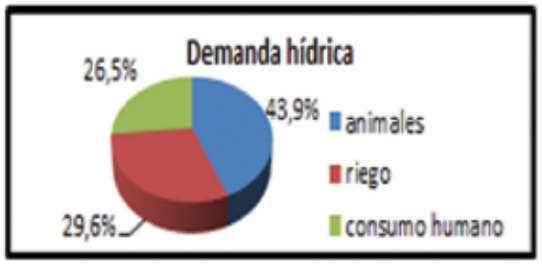
Figura II-76. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Papel Pampa

Municipio de Patacamaya

Explotación inadecuada y perdida de agua mediante métodos tradicionales (riego por inundación) y frecuencia de riego prolongada

Recurso hídrico insuficiente

41,7% de los ríos son temporales y 58,3% de los ríos, riachuelos y vertientes, pozos superficiales son permanentes



Reducción de los rendimientos, marchites permanente de cultivos

Limitación de la producción agropecuaria

Heladas (en la zona altiplana: mayo a agosto, coincide con el inicio de la época de crecimiento de las plantas)

Inundaciones (en las cercanías del Río Kheto)

Sequías (mayo a septiembre)

Actividad principal: comercio (cultivo de papa, cebada, haba y quinua; producción de carne, leche, huevo, fibra y animales de carga

Daños físicos de los cultivos.

Granizadas (mayo a agosto)

Uso intensivo de los suelos: sobrepastoreo y parcelación

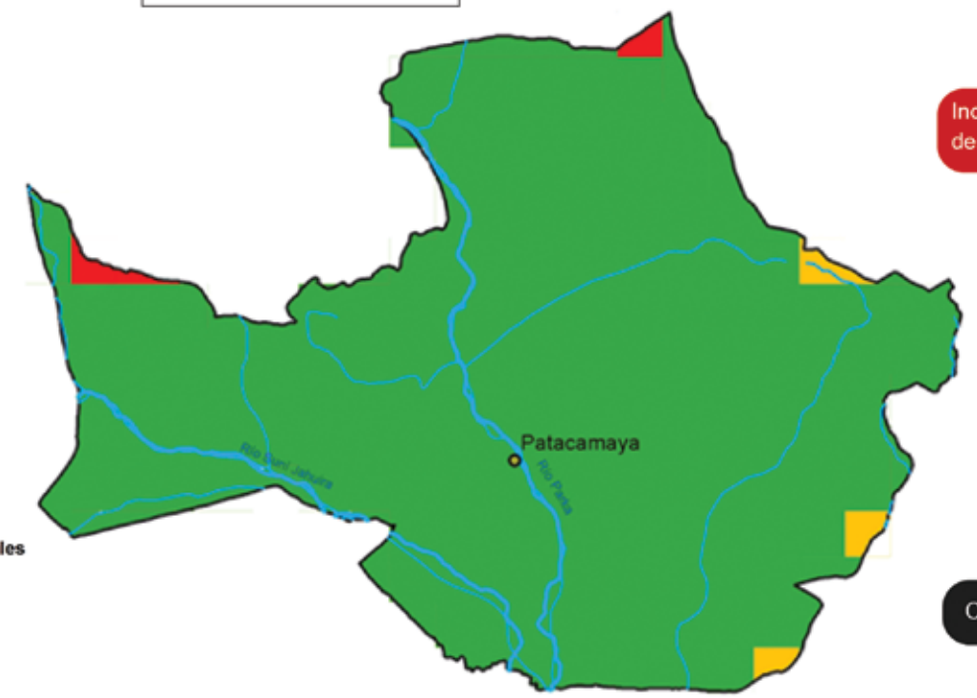
Utilización de maquinaria agrícola (tractor) y agroquímicos

Incrementación de la susceptibilidad de los suelos a la erosión

Época lluviosa: erosión hídrica en surcos y cárcavas en las serranías, y erosión hídrica laminar en terrenos de menor pendiente

Época seca: erosión eólica (en áreas de cultivo dejando los suelos sin cobertura vegetal y desprotegidos)

Cobertura de agua potable: 94%



Tasa alfabetización: 93,4 %

Servicio con poca cobertura en el recojo de basura y su posterior traslado al relleno sanitario (dispersión de plástico por el viento)

Contaminación ambiental

Animales ingieren el plástico

Hombres: 12762 hab
Mujeres: 12160 hab
Área: 535.302 km²

Los recursos hídricos superficiales son reducidos y la ocurrencia de heladas e inundaciones han sido un limitante para la producción agropecuaria, sin embargo la presencia de aguas subterráneas principalmente en la parte baja del municipio permitiendo que se reactive la producción de cultivos.

Figura II-77. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Patacamaya

Municipio de San Andrés de Machaca

Inundaciones (lluvias intensas 22,22% de meses : enero y febrero)

Destrucción de infraestructura caminera, viviendas, escuelas

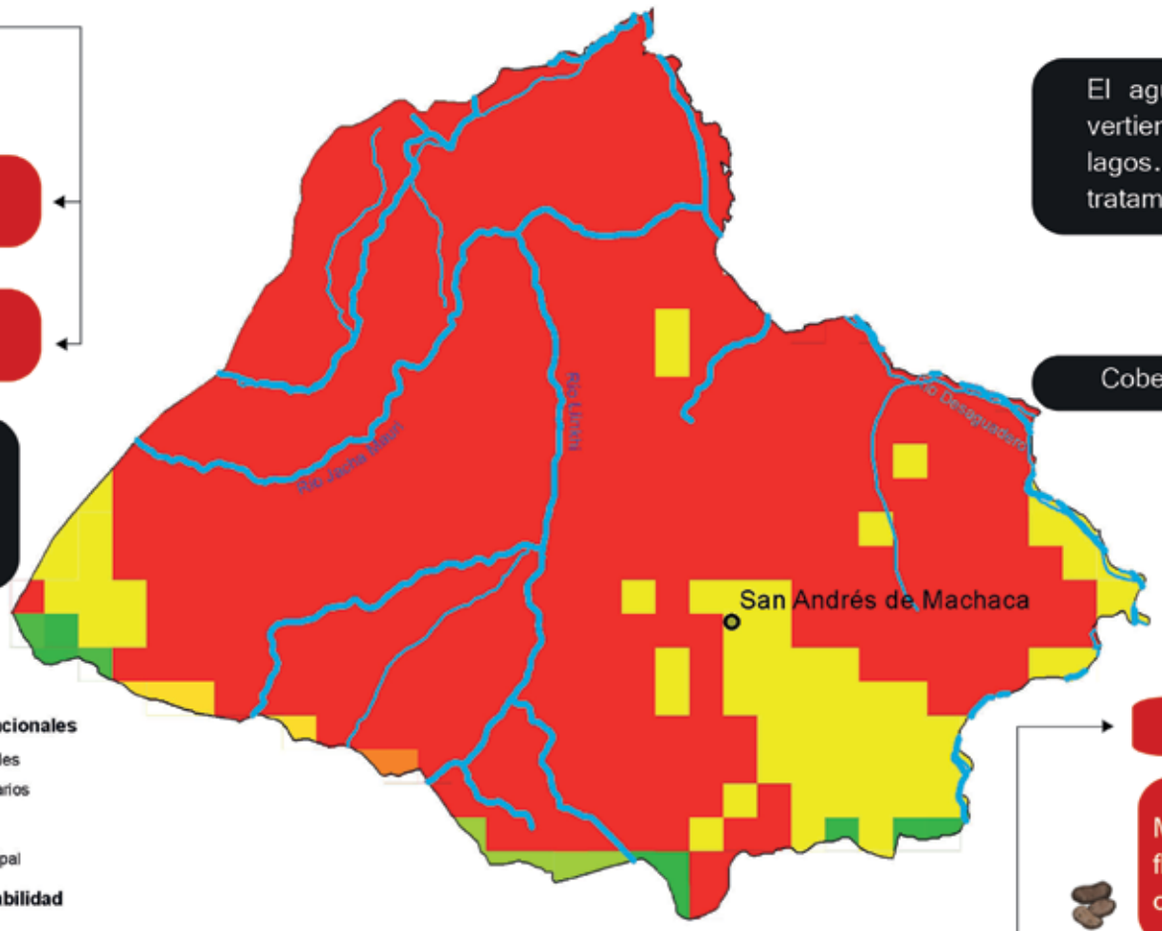
Erosión hídrica: zonas en las riveras. Erosión eólica (agosto y septiembre),

No existen aguas contaminadas tóxicas. Existencia de aguas servidas domésticas ya que se carecen de sistemas de alcantarillado.

El municipio no cuenta con servicios higiénicos. Las diferentes comunidades cuentan con letrinas y pozos ciegos. Falta de inversión en los sistemas de saneamiento básicos.

Riesgo de contaminación

La mayoría quema su basura. Solo 30,66% de manejo mas adecuado



El agua de consumo es de vertientes subterráneos, ríos y lagos. No se realiza ningún tratamiento para su consumo.

Cobertura de agua potable: 0%

Granizadas

Tormentas eléctricas, Vientos huracanados (julio a agosto)

Erosión mecánica

Maltrato de los hojas, flores y tallos de los cultivos

Sequias (66,66% de meses en el año son secos, particularmente mayo a agosto)

Grandes perdidas económicas en la producción agrícola

Cultivos congelados, grandes daños en la economía familiar campesina

Heladas peligrosas (a fines de enero y febrero)

Actividades principales: Pastoreo y agricultura (cultivo de papa, quinua, cañahua, cebada)

Esterilidad de los suelos por el uso inadecuado de productos químicos

Área de pastoreo: 21,67%del territorio

Hombres: 3737 hab
Mujeres: 3660 hab
Área: 1512.578 km^2

Las familias de este municipio se ven afectadas por la ocurrencia de sequías, además de tener una baja cobertura de servicios de agua y una muy baja implementación de proyectos de agua, perjudicando a los cultivos que son una de las fuentes principales de ingreso del municipio.

Figura II-78. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de San Andrés de Machaca

Municipio de San Pedro de Curahuara

Actividad principal: Agricultura y ganadería

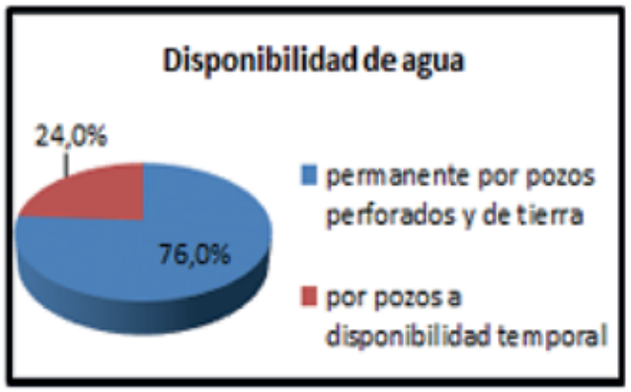
Restricción del desarrollo de los cultivos y menores rendimientos

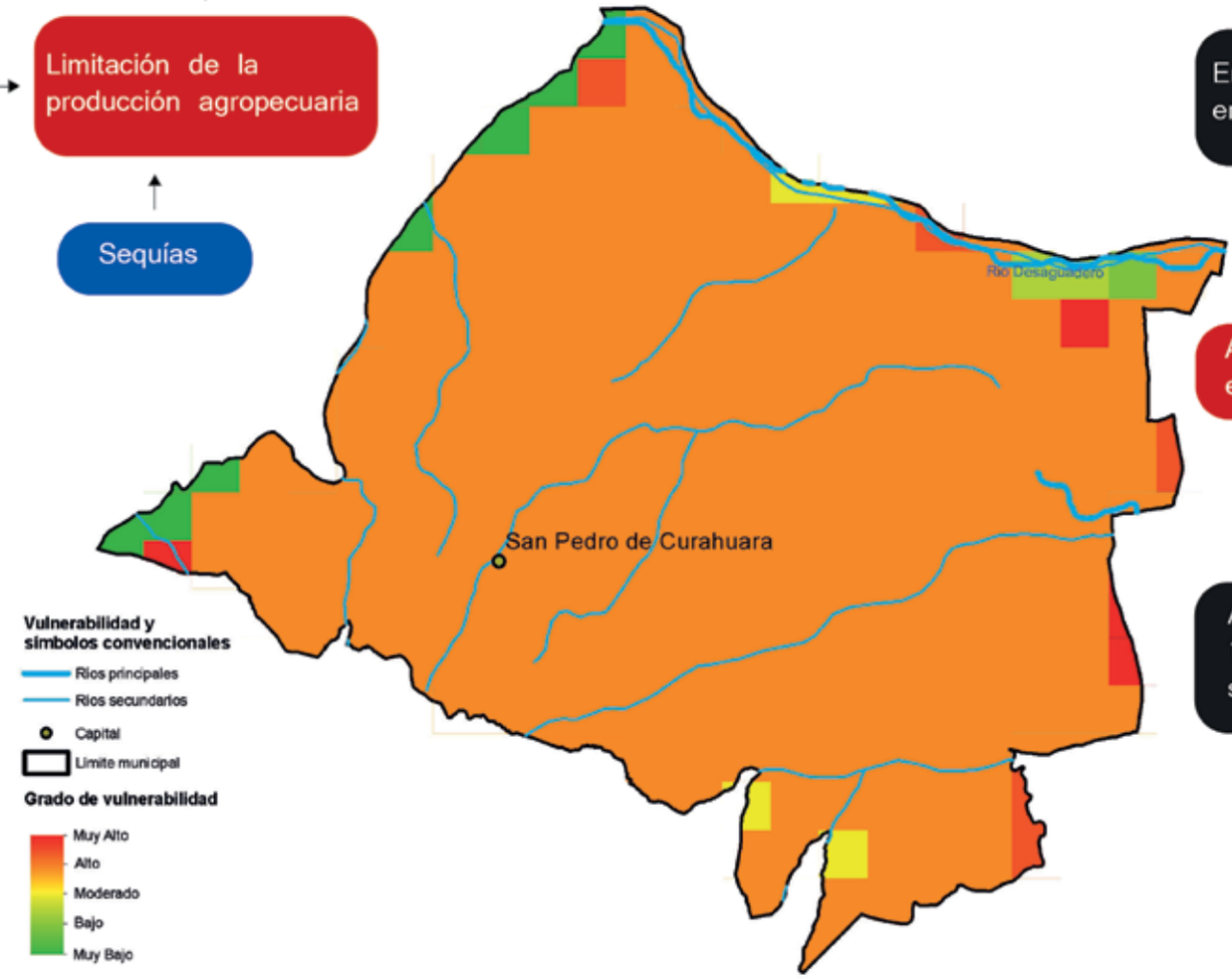
Heladas

Reducidas precipitaciones

Limitación de la producción agropecuaria

Sequías





Erosión hídrica en la zona alta y erosión eólica en la zona baja.

Aceleración del proceso de la erosión

Área de pastoreo: 10% del territorio, sobrepastoreo

No existe rotación de praderas

Cobertura de agua potable: 97%

Tasa alfabetización: 95 %

La calidad de las fuentes de agua disminuye por la presencia de sales

Utilización de las aguas del río Desaguadero con fines de riego

Peligro para la salinización y/o sodicidad de los suelos y los cultivos

Hombres: 6454 hab
Mujeres: 5137 hab
Área: 728.470 km^2

La vulnerabilidad del municipio se debe al alto número de inundaciones suscitadas derivando en pérdida de cultivos y cabezas de ganado, además que se puede evidenciar la presencia de cal en suelos impidiendo el crecimiento de cultivos.

Figura II-79. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de San Pedro de Curahuara

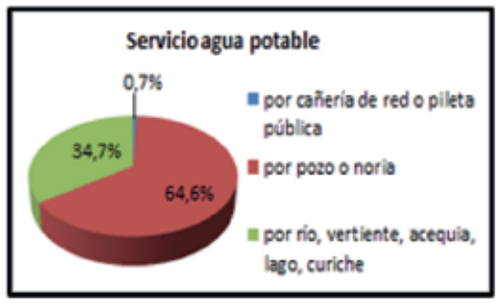
Municipio de Santiago de Callapa

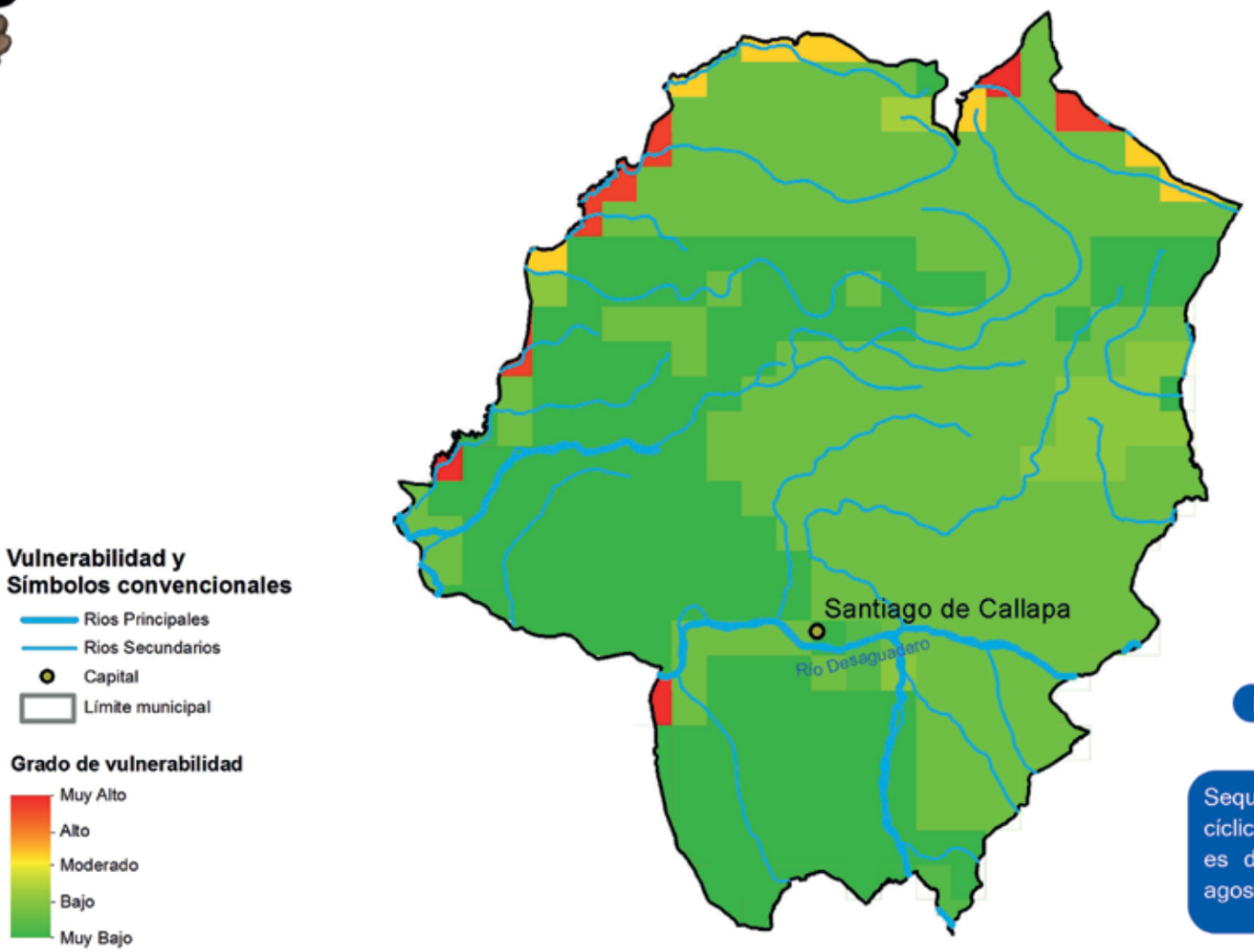
Actividades principales: Principalmente ganadería. Agricultura (papa, cebada y quinua).

Objetivo de almacenar las aguas de lluvia para abrevar los animales y riego de parcelas.
Pozos de aguas superficiales : abastecimiento para el consumo humano.

Disponibilidad de fuentes de agua superficial reducida, pero reservas aprovechables grandes de agua subterráneas de las subcuentas del rio Desaguadero (especialmente en las épocas de lluvia)

Cobertura de agua potable: 65%





Manejo de residuos: Proyecto de construcción de basureros metálicos, trabajos en los sitios de relleno sanitario, plan de recolección y disposición final de residuos sólidos.

Cambios bruscos de temperatura (abril a septiembre, su frecuencia sobrepasa los 15 días por mes).

- Heladas
- Granizo

Sequias forma cíclica, predicción es difícil (abril a agosto)

Rayos en épocas de lluvia

Área de pastoreo: 76,2% del territorio → Suelo con una alta susceptibilidad a la erosión. Erosión laminar, columnar, eólica y hídrica. 8 de 11 subcentrales tienen este problema. ↔ Riesgo para la producción agropecuaría y ganadería

Hombres:5022 hab
Mujeres:3902 hab
Área:1226.130 km²

La disponibilidad de agua superficial en este municipio es reducida, a pesar de eso las fuentes de agua subterránea son grandes en especial en época de lluvias, además que los habitantes del municipio han desarrollado técnicas que minimizan la demanda de agua y les permite mantener una producción de autoconsumo

Figura II-80. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Callapa

Municipio de Santiago de Machaca

Heladas (frecuente presencia de heladas en invierno, pero suelen presentarse en cualquier época del año)

Daños a los cultivos

Actividad principal: Ganadería. Agricultura a secano.

Granizadas (febrero y marzo, coinciden con las etapas finales de la producción agrícola)

Peligro para las cosechas

Inundaciones

Crecida de los ríos cercanos a la puna (pampa)

torrenciales lluvias (enero y febrero)

Procesos avanzados de salinización de suelos los mismos que originan la afloración de sales causados.

inexistencia de sistemas de drenaje

Degradación de la sucesión natural de las especies

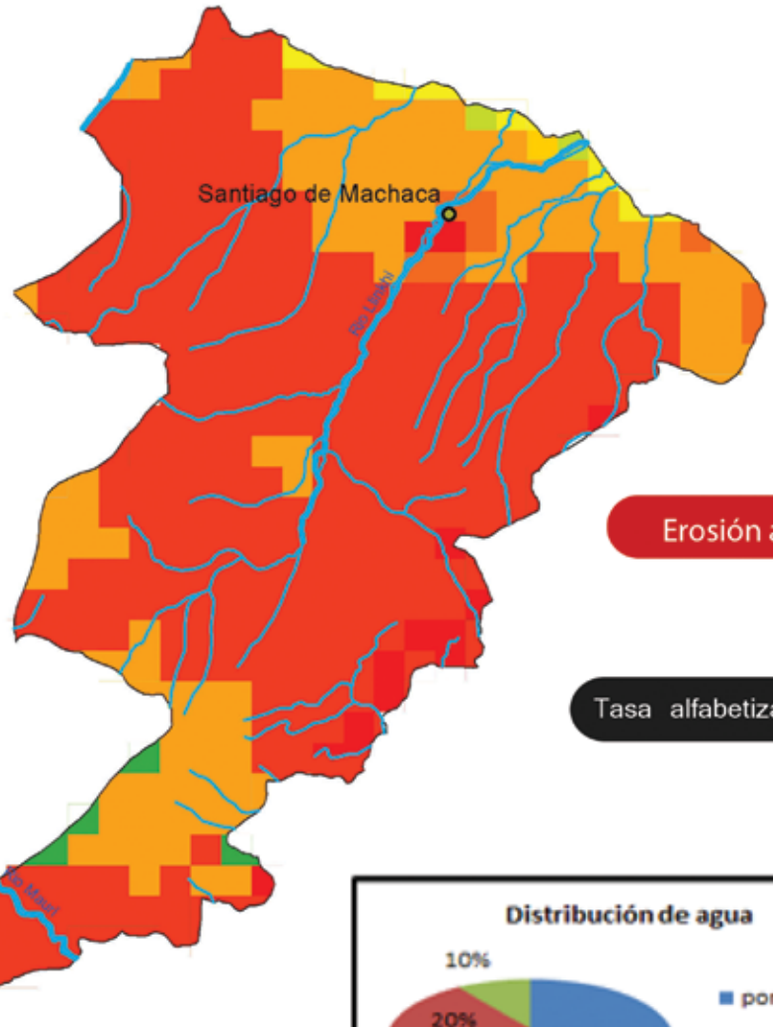
Área del pastoreo: 41,44% Sobrepastoreo

Escasa vegetación y suelos pobres en fertilidad.

No hay instalación de alcantarillado

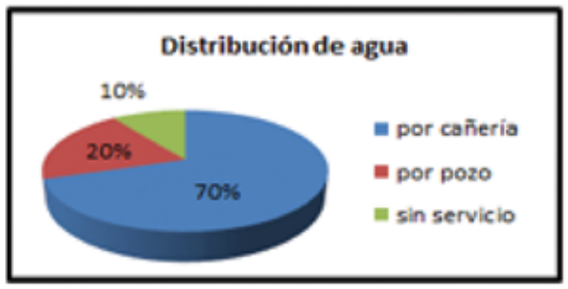
20% de los establecimientos deben realizar sus necesidades a la intemperie

Contaminación de suelos



Erosión acelerada

Tasa alfabetización: 96 %



Hombres: 2566 hab
Mujeres: 2242 hab
Área: 1262.486 km²

Los efectos climatológicos que más aquejan a este municipio son las sequías, además se puede mencionar que a través de la observación de campo se ha advertido procesos avanzados de salinización de suelos los mismos que originan la afloración de sales causados por la inexistencia de sistemas de drenaje o bien por la inundación de las partes bajas

Figura II-81. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Machaca

Municipio de Sica Sica

Actividades principales: ganadería semi intensiva de bovinos y ovinos y agricultura → Área de pastoreo: 68,23% del territorio

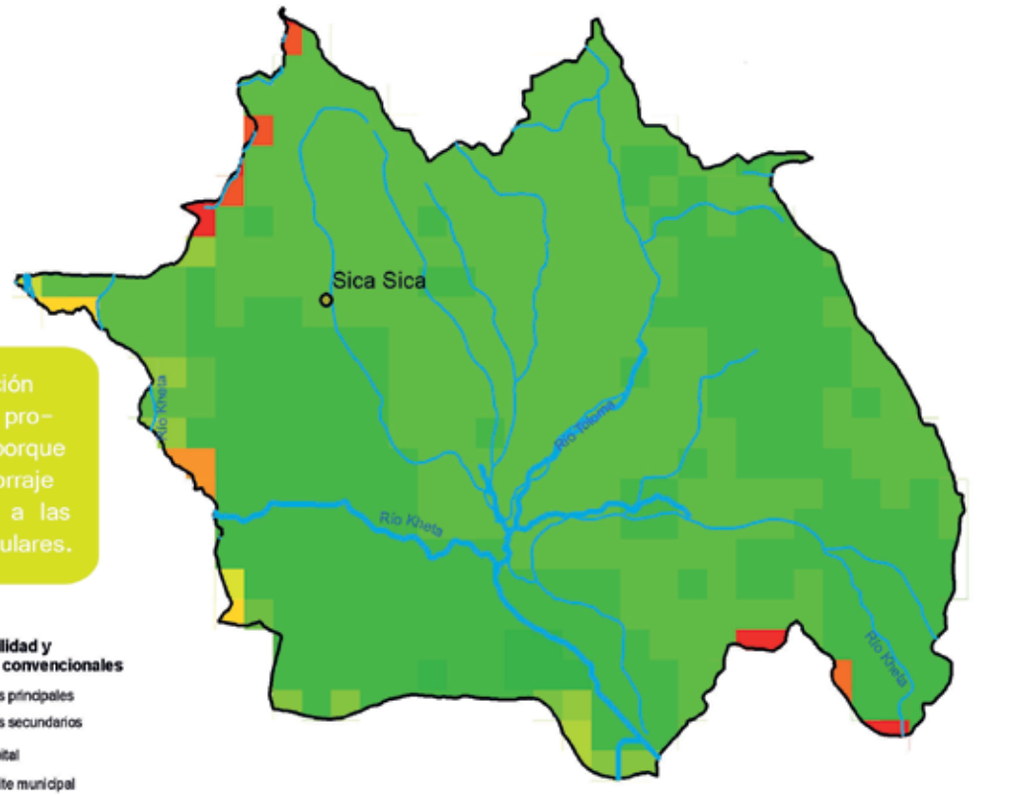
Daños físicos de los cultivos
- Heladas en la madrugada (abril a octubre)
- Granizadas (junio a agosto, aprox. 117 días por año)

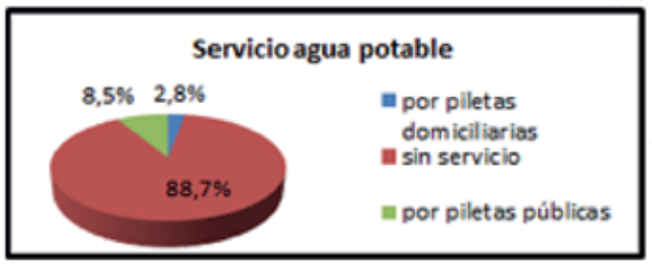
Limitación drástica de la producción agrícola ← Sequías prolongadas durante el desarrollo de las → Cambiar la producción agrícola hacia una producción pecuaria, porque la producción de forraje es menos riesgosa a las precipitaciones irregulares.

Erosión eólica acentuada de los terrenos cultivables ← Vientos intensos (agosto a octubre), velocidad máxima estimada: 216 km/día

Erosión: alto grado en la cabecera de valle, erosión media en las serranías, erosión baja y no generalizada en la panicie.

Tasa alfabetización: 94%





Cobertura de agua potable: 11%

Contaminación de suelos.

Hombres: 18675 hab
Mujeres: 16732 hab
Área: 1512.805 km²

Las inundaciones afectan a este municipio que además presenta una baja capacidad de adaptación al cambio climático, además de tener una baja capacidad de conservación debido a que solamente el 30% del total de las familias utilizan técnicas de conservación de cultivos.

Figura II-82. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Sica Sica

Municipio de Umala

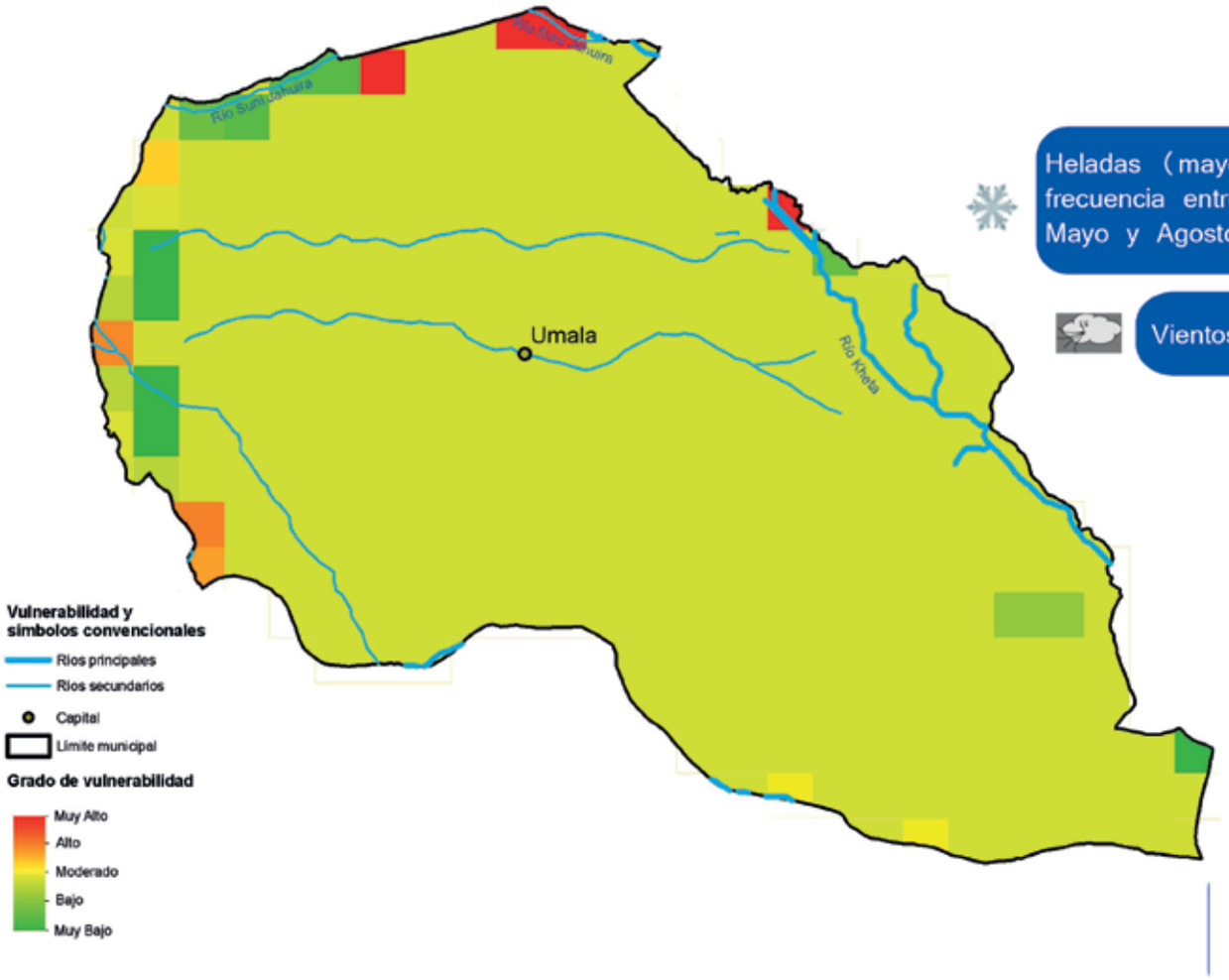
Extracción selectiva de plantas nativas y pastos forrajeros, quemas incontroladas → Reducción de las plantas y perjuicio de la dispersión de semillas

Área de pastoreo: 27,8% del territorio, sobrepastoreo

Zonas de erosión : 28,02% del territorio

Producción lechera

Base de ingresos



Actividades principales: agrícola (papa, quinua, haba); ganadería (lechera de bovinos y ovinos) para consumo familiar. .

Heladas (mayor frecuencia entre Mayo y Agosto)

Vientos fuertes

Sequías

Daños de los cultivos

Grandes pérdidas en las cosechas

Inseguridad alimentaria (communidades con mayor vulnerabilidad: Chirijiri, Espíritu Willki,

Daños a la infraestructura y a cultivos

Cobertura de agua potable: 43%

Tasa alfabetización: 92%

Dependencia de la producción (papa, quinua, canahua etc) a los periodos de lluvia. ↔ Recursos hídricos limitados, (fuentes temporales) → Alternativas generadas para la recolección de agua: uso de represas, q'otañas y perforación de pozos agua para el consumo humano, del ganado y para riego.

Hombres: 7539 hab
Mujeres: 5891 hab
Área: 854.698 km²

Este municipio se ve perjudicado por la ocurrencia de sequías, además hay que resaltar que los recursos hídricos en el municipio son limitados pues la mayoría de ríos y vertientes presentes en el municipio son solamente temporales a excepción de la parte baja que se ve beneficiada por el paso del río Desaguadero.

Figura II-83. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Umala

Municipio de Waldo Ballivián

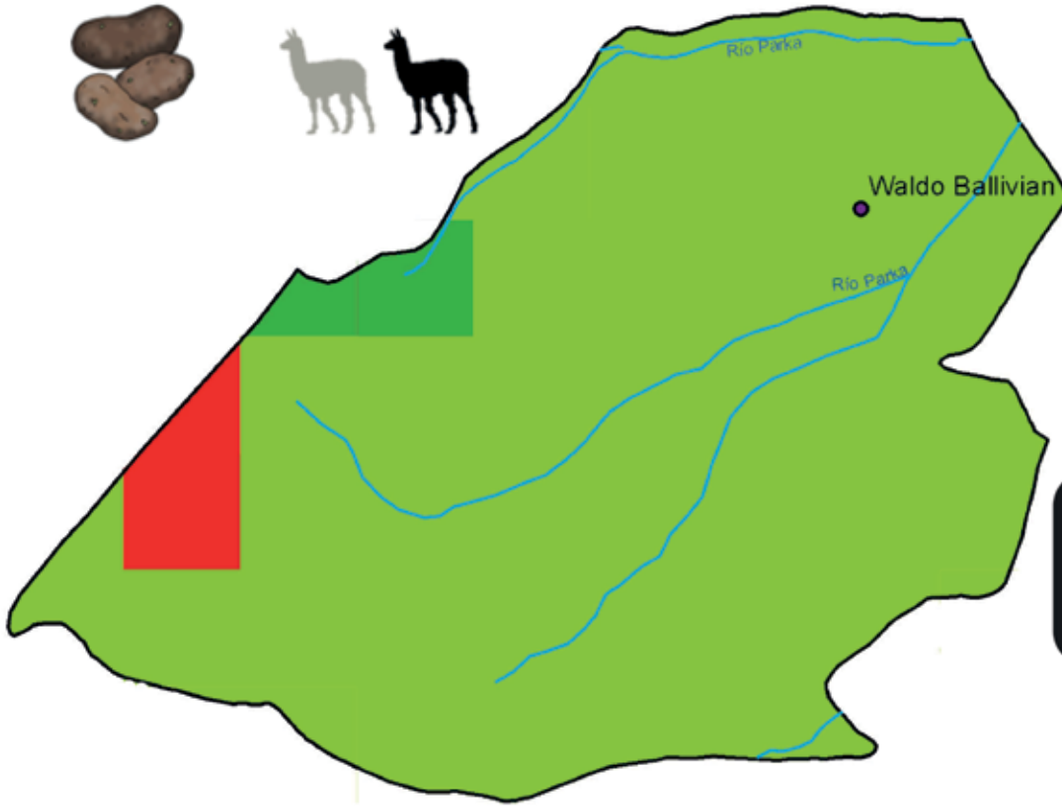
Actividades principales: Pastoreo extensivo de ganado y práctica de agricultura de autoconsumo con cultivos de papa amarga, cereales como quinua, cañahua, cebada.

Daños y perdidas en la agricultura, ganadería

Heladas

Sequías

Problemas en la producción: baja productividad de los cultivos y poca disponibilidad de alimentos



Ausencia de fuentes de agua:
Falta de riego por la producción pecuaria.

Del total de la superficie cultivada, el 20% son efectuadas con riego y el restante es en condiciones a

La cobertura y distribución de agua potable solo alcanza al centro poblado de Tumarapi. Las comunidades restantes solo se abastecen de agua mediante la captación de pozos y aguas

Sujetos al comportamiento de las lluvias/del clima.

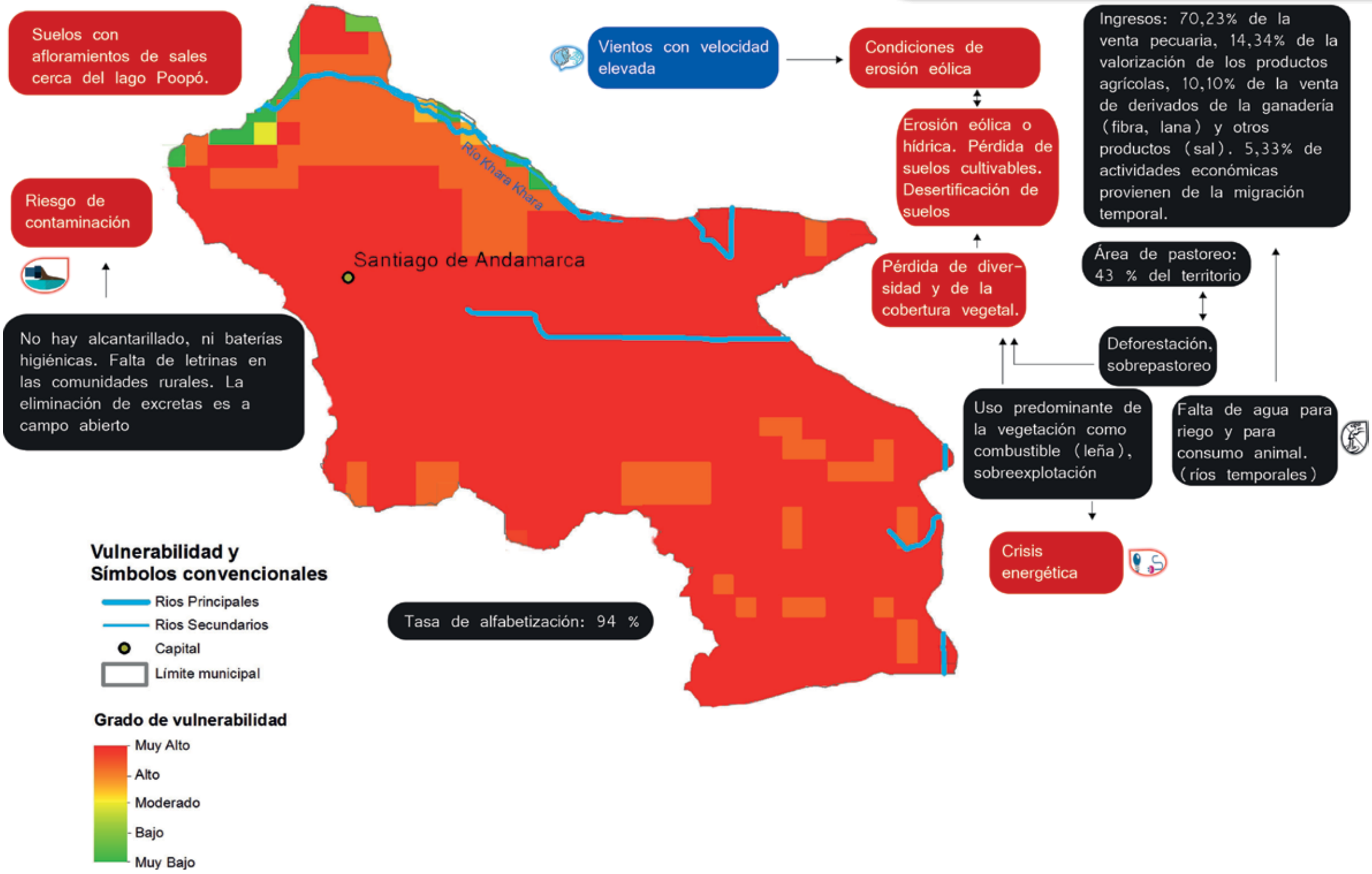
No hay implementación de servicios básicos en las unidades educativas (no energía eléctrica, no agua, pocas letrinas)

Hombres: 1099 hab
Mujeres: 897 hab
Área: 122.628 km^2

Es vulnerable debido a la poca cobertura de agua potable, además que el municipio reporta que se ve azotada por inundaciones, heladas, sequías y granizadas que afectan principalmente al ganado en la zonas.

Figura II-84. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Waldo Ballivian

Municipio de Santiago de Andamarca

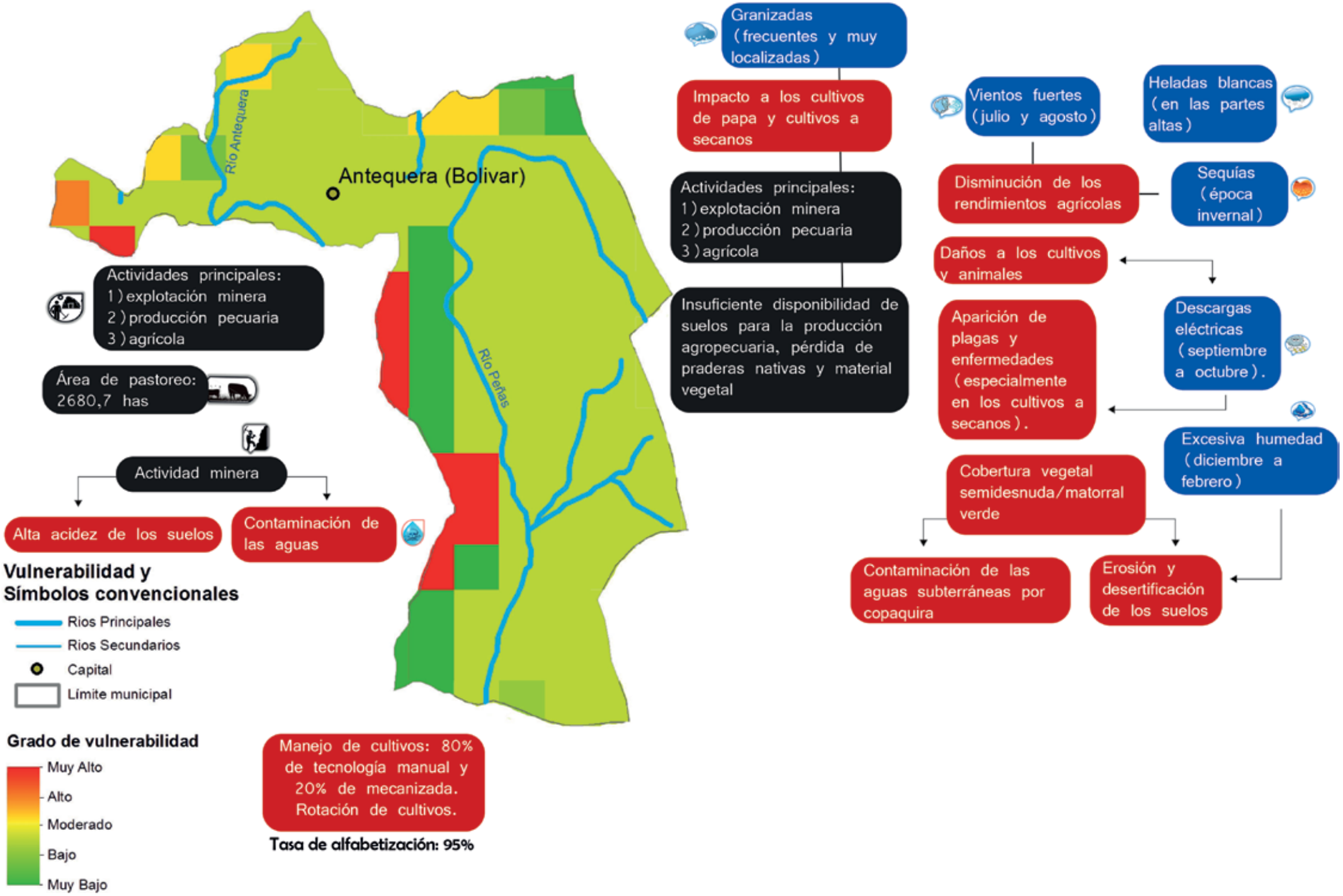


Hombres: 3655 hab
Mujeres: 3139 hab
Área: 1576.454 km²

Uno de los problemas más preocupantes en este municipio es la falta de agua para riego y consumo debido a que existen cuerpos de agua que solo se originan cuando es época de lluvias, pero por otro lado la amenaza de sequías no es el principal problema por el cual este municipio es vulnerable sino que la presencia de heladas hacen que este municipio tenga percances en el desarrollo normal de las familias y el desarrollo de sus cultivos.

Figura II-85. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Andamarca

Municipio de Antequera



Hombres: 1614 hab
Mujeres: 1451 hab
Área: 283.210 km²

La amenaza de granizos en el municipio afecta al desarrollo de las actividades de la población haciendo que el municipio sea vulnerable.

Figura II- 86. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Antequera

Heladas (abril a septiembre)

Granizada

Sequías

Actividades principales: actividad agrícola y pecuaria.

Daños físicos y económicos importantes de los cultivos

Área de pastoreo: 58% del territorio

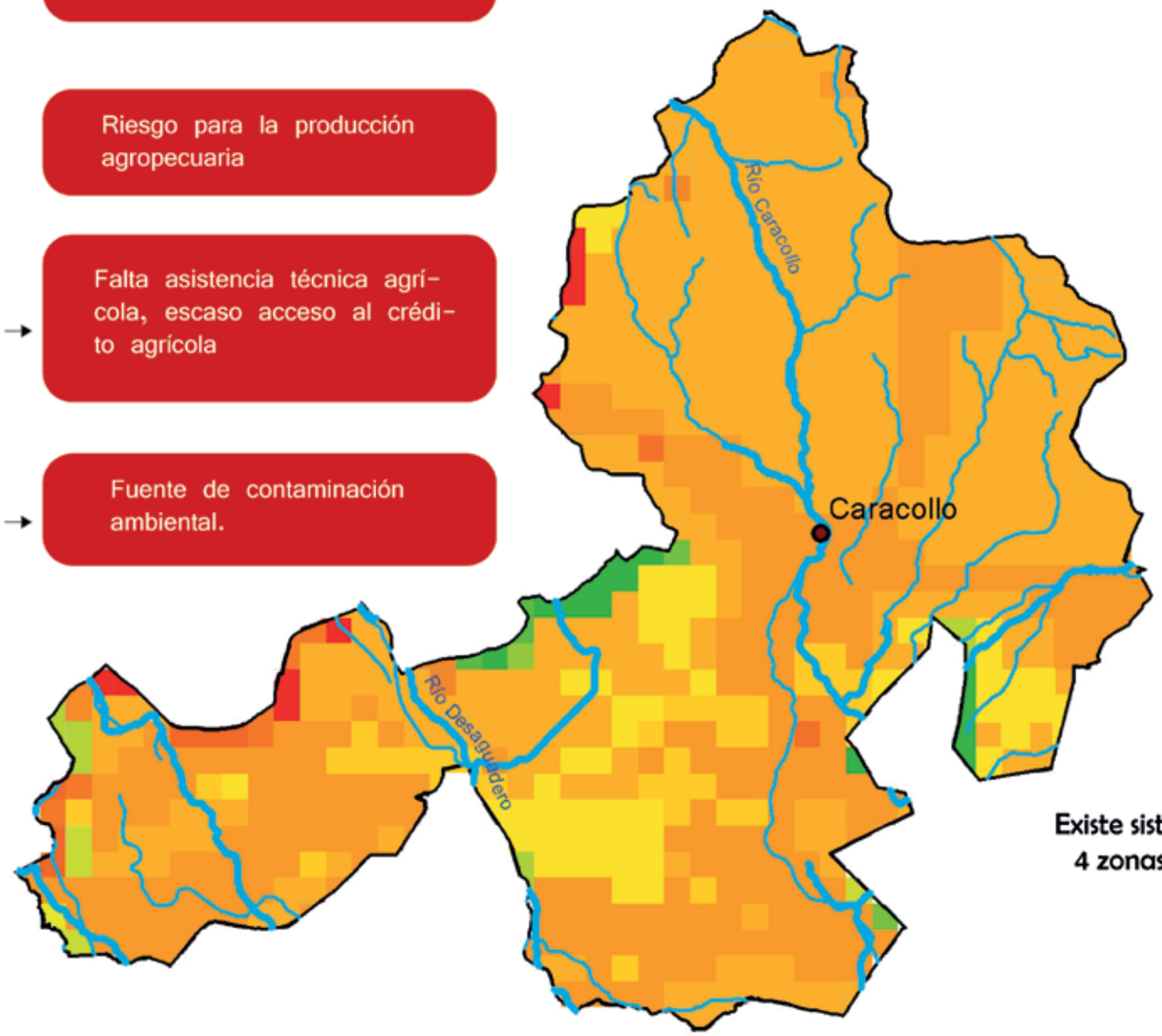
Riesgo para la producción agropecuaria

Rotación de cultivos : conservación de suelos. 10% de agro forestaría y de zanjas de infiltración

Falta asistencia técnica agrícola, escaso acceso al crédito agrícola

La mayoría quema su basura. 40.13% cuenta con un manejo de basura mas adecuado.

Fuente de contaminación ambiental.



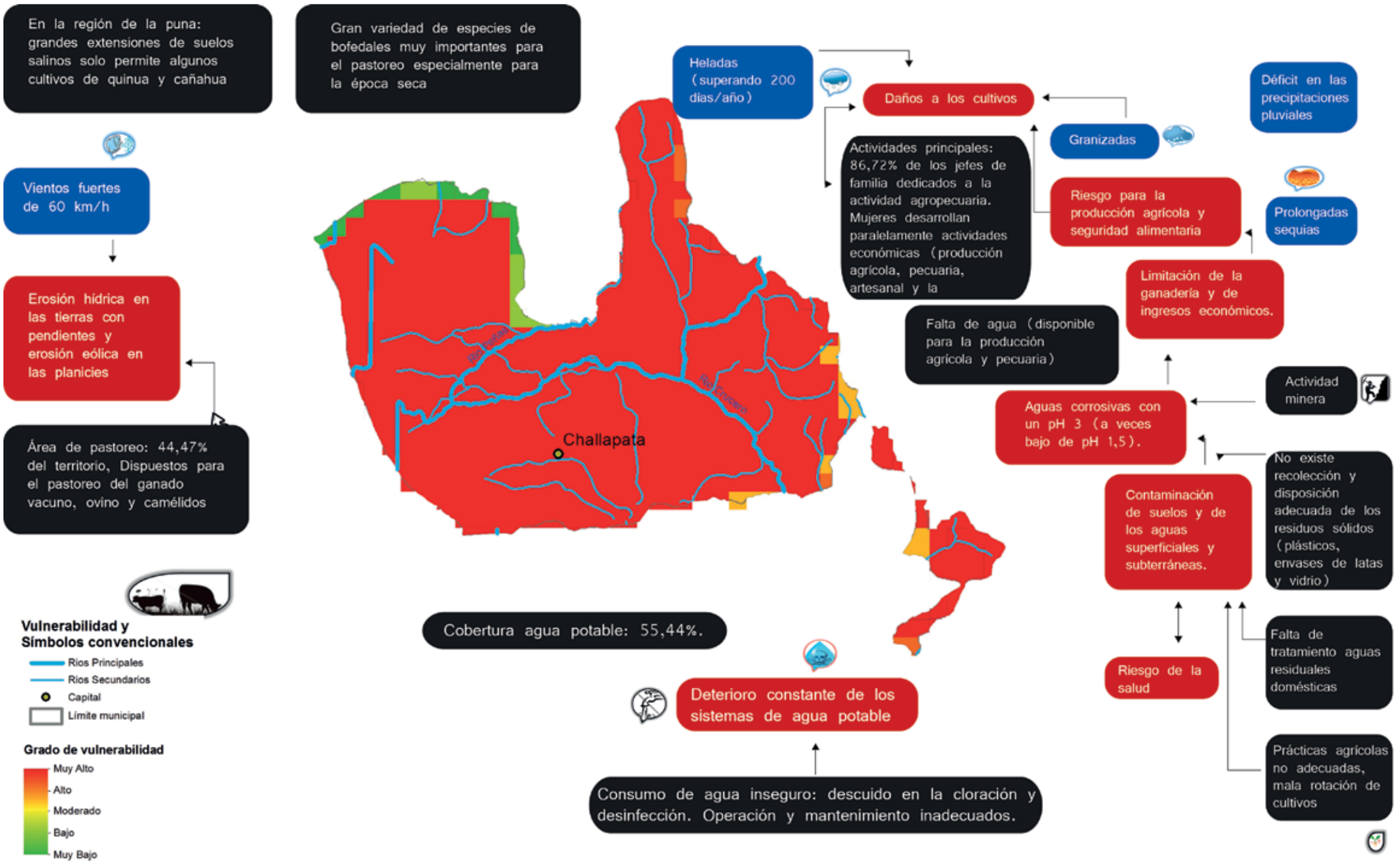
Existe sistema de agua potable en los 4 zonas, la calidad de las aguas es buena.

Hombres: 11797 hab
Mujeres: 12738 hab
Área: 2351.942 km^2

El nivel freático de este municipio es 7 [m] en promedio por lo que el uso de aguas superficiales representa un gran uso para cubrir la demanda existente de la población. Las amenazas de granizadas y sequías logran afectar en gran medida a los cultivos de la población haciendo que el municipio sea vulnerable ante estas anomalías climáticas, la fuente de agua usada para la actividad agrícola deriva del río Desaguadero.

Figura II- 87. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Caracollo

Municipio de Challapata



Hombres: 5022 hab
Mujeres: 3902 hab
Área: 1226.130 km^2

La disponibilidad de agua superficial en este municipio es reducida, a pesar de eso las fuentes de agua subterránea son grandes en especial en época de lluvias, además que los habitantes del municipio han desarrollado técnicas que minimizan la demanda de agua y les permite mantener una producción de autoconsumo.

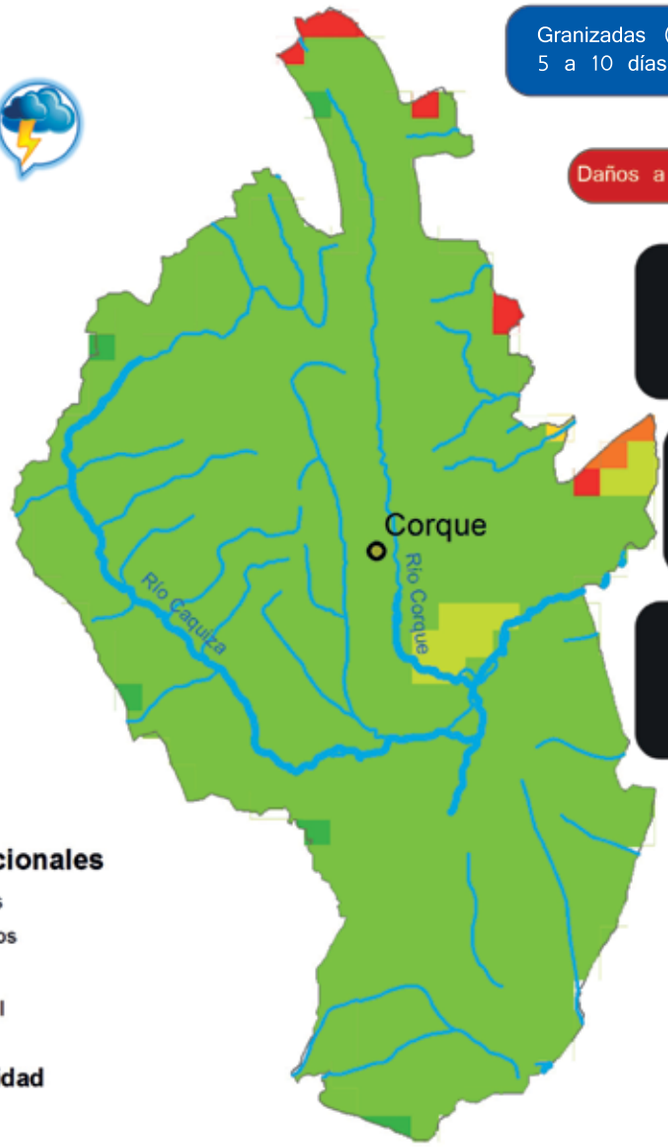
Figura II-88. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Challapata

Municipio de Corque

Rayos frecuentes en verano (enero a mayo)

Riesgo de muerte de personas.
Alta mortalidad en el ganado (mata 15 a 20 animales por año).

Tasa de alfabetización: 94%



Granizadas (promedio de 5 a 10 días por año)

Daños a los cultivos

Heladas (junio y julio, en promedio 158,9 días por año)

Prolongadas sequías (junio a septiembre)

Riesgo para la producción agrícola

Actividades principales: Pecuaria, agricultura (en la mayor parte), artesana.

Extracción de la vegetación con fines energéticos y por la creciente población de animales

Desaparición y reducción de la cobertura vegetal: Desertificación

Erosión eólica y hídrica de los suelos (es mayor en las serranías bajas).

Compactación de las capas superficiales

Disposición de letrinas: 64,61% del total (áreas concentradas). 35,39% no poseen letrinas (áreas dispersas).

Mayoría de la población sin sistema de agua potable, abastecimiento de ríos, vertientes, pozos y acequias.

Riesgo de contaminación

Riesgo de la salud

Vulnerabilidad y Símbolos convencionales

- Rios Principales
- Rios Secundarios
- Capital
- Límite municipal

Grado de vulnerabilidad

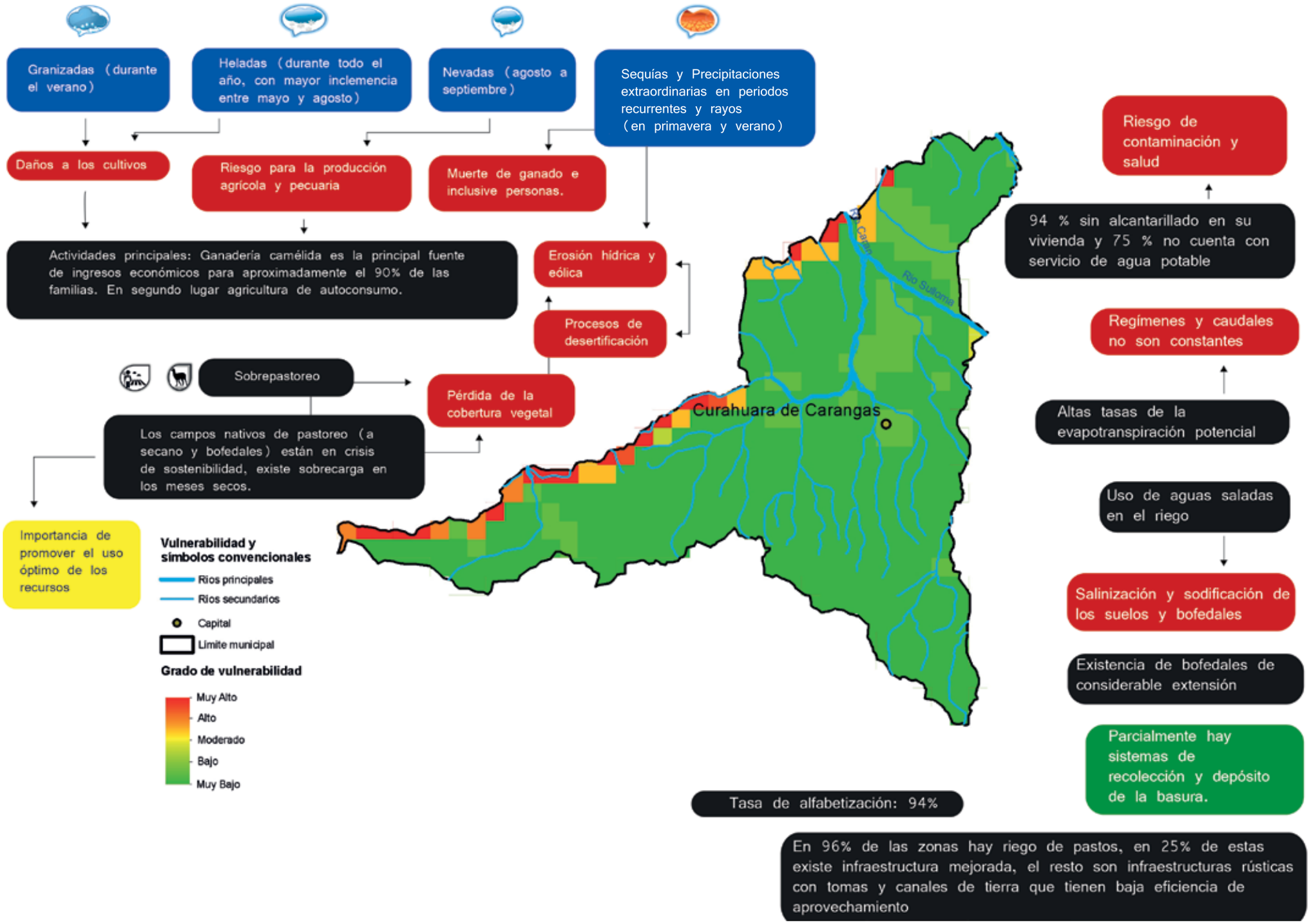
- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy Bajo

Hombres: 6410 hab
Mujeres: 5009 hab
Área: 1699.358 km^2

La vulnerabilidad del municipio recae sobre la presencia de fenómenos climatológicos de sequías y heladas. Este tipo de ocurrencias climatológicas afectan de forma directa en el desarrollo de las actividades cotidianas de las familias y el desarrollo adecuado del ganado.

Figura II- 89. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Corque

Municipio de Curahuara de Carangas



Hombres: 3476 hab
Mujeres: 3038 hab
Área: 1268.264 km^2

Las sequías que se dan en este municipio logran afectar al ganado de la región, ya que el agua es un recurso muy importante para el desarrollo óptimo de los animales del municipio.

Figura II-90. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Curahuara de Carangas

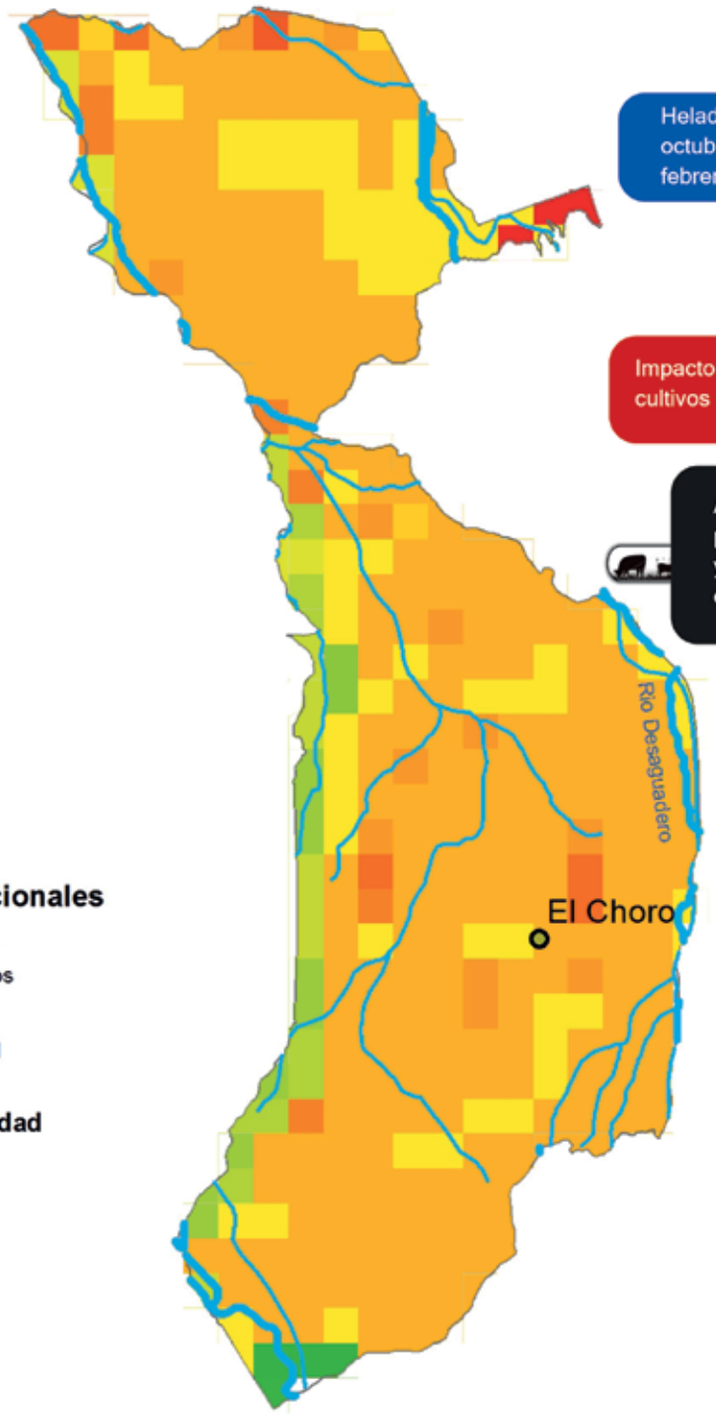
Cobertura de agua potable en los establecimientos de educación 10% y alcantarillado 0%

17,3% del territorio son tierras salitrosas

Contaminación con desechos minerales (salitre)

Fuente de contaminación

No hay servicios de saneamiento básico eliminación de excretas sanitariamente deficiente en las letrinas (pozos sépticos). Los pozos son clausurados cuando su capacidad volumétrica ha sido rebasada.



Vulnerabilidad y Símbolos convencionales

- Rios Principales
- Rios Secundarios
- Capital
- Límite municipal

Grado de vulnerabilidad

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy Bajo

Heladas (junio a octubre, enero y febrero)

Granizadas (mayo, abril y agosto, uno a dos días por mes)

Impacto a los cultivos y al ganado

Sequias (octubre y noviembre)

Actividades principales: pastoreo de ganado (ovino y vacuno) y cultivo de especies agrícolas

Disminución/limitación de los rendimientos de la producción agrícola

Viento (julio a noviembre, agosto y septiembre con la mayor intensidad)

Sistema de canalización de riego, mantenimiento permanente

Erosión eólica, hídrica

Calidad del agua es regular y/o aceptable.

Tasa de alfabetización: 95.5%

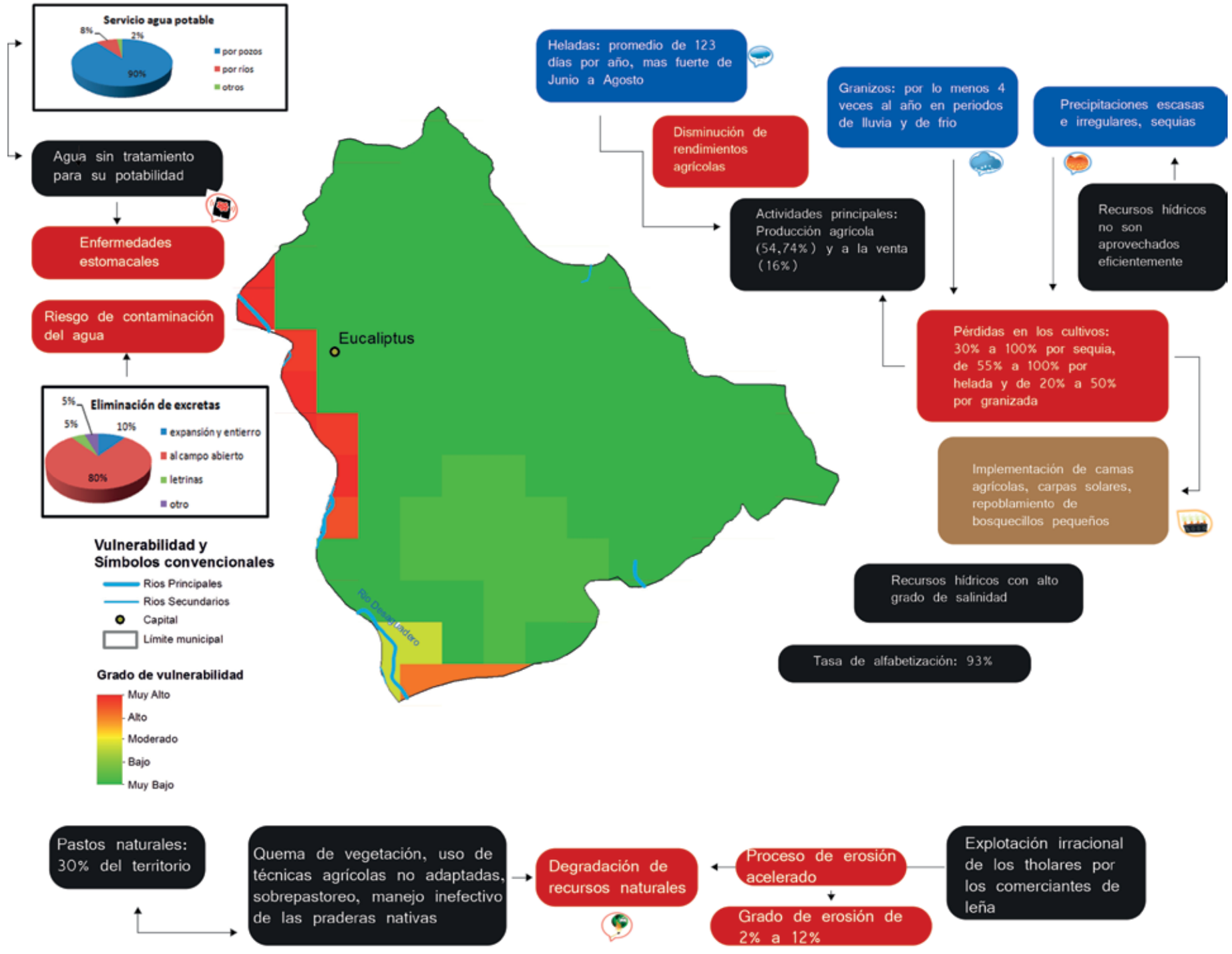
Presencia de agua en el Lago Uru uru es debido a la estacionalidad de lluvias.

Hombres: 3965 hab
Mujeres: 5479 hab
Área: 1114.424 km²

Las inundaciones que se dan en este municipio provocan percances en la población haciendo que el municipio sea vulnerable ante la ocurrencia de estas, las inundaciones se dan más que todo en la época de lluvia por el aumento del caudal en el río Mauri. La calidad del agua con la que dispone la población oscila entre regular y aceptable.

Figura II-91. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de El Choro

Municipio de Eucaliptus

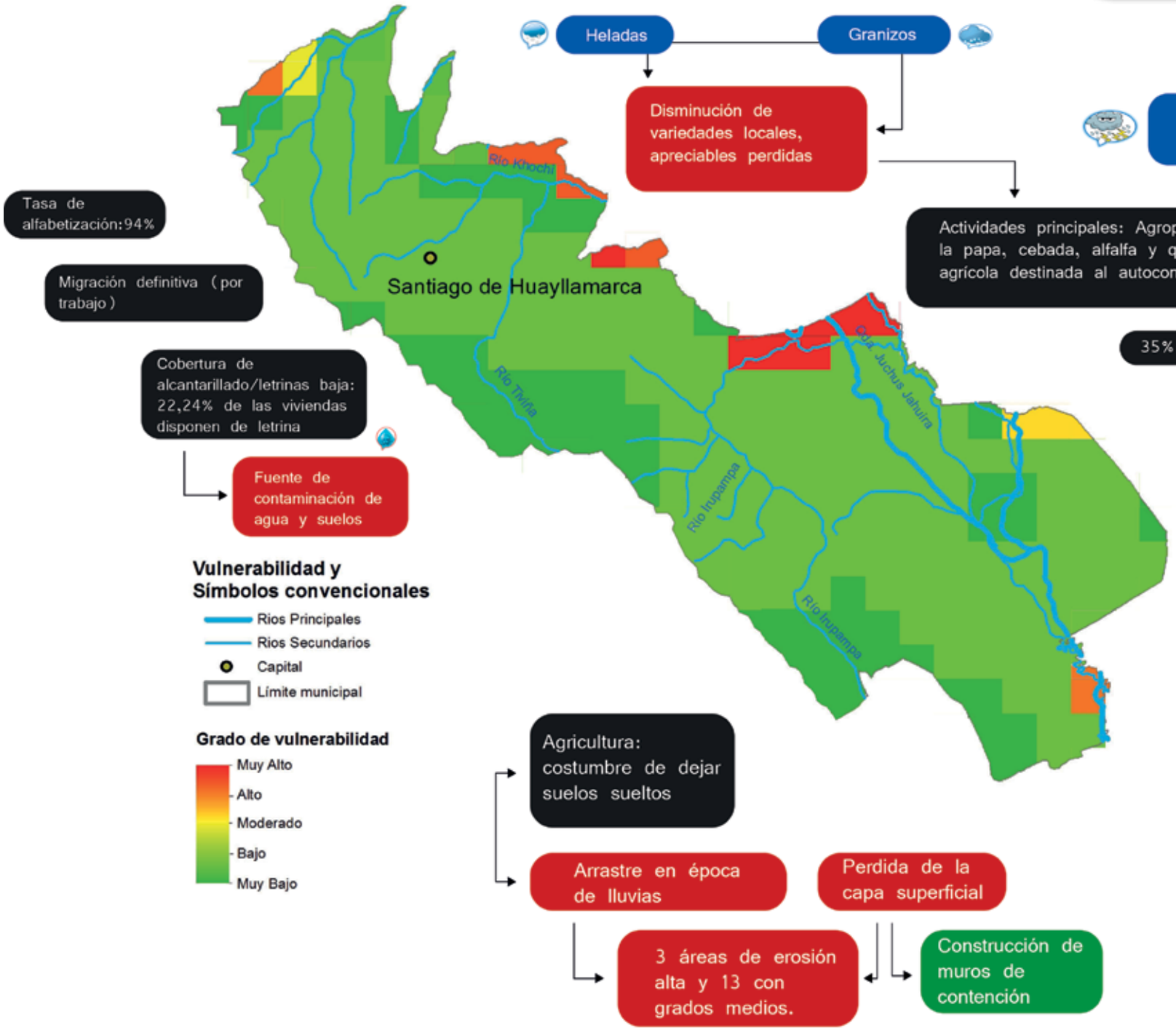


Hombres: 2937 hab
Mujeres: 2939 hab
Área: 332.198 km²

La oferta hídrica que existe sobre el municipio de Eucaliptus es de origen superficial como subterránea, la gran diferencia entre estas fuentes es la calidad que presentan. Ya que el agua subterránea extraída de pozos es de buena calidad por lo que esta es usada para sistemas de uso doméstico. Como la oferta hídrica abastece a la demanda este no es el problema por el cual el municipio es vulnerable, sino que las heladas que se dan en el municipio hacen que este sea vulnerable afectando en mayor medida a las familias y a la producción agrícola

Figura II- 92. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Eucaliptus

Municipio de Santiago de Huayllamarca



Hombres: 3735 hab
Mujeres: 2965 hab
Área: 695.443 km²

Las sequías que se presentan en este municipio repercuten directamente sobre el cultivo y el ganado de la zona. Pero el que se ve más afectado de estos dos por la presencia de sequías son los cultivos.

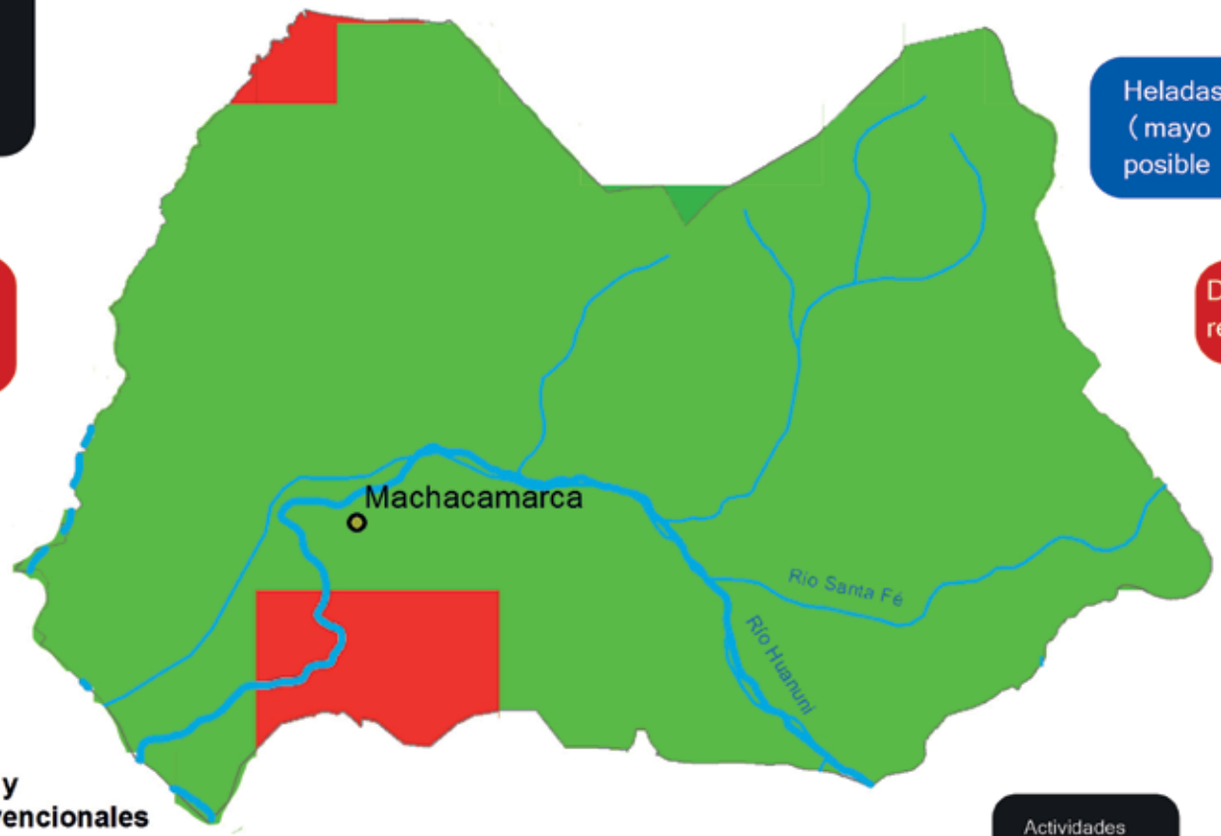
Figura II- 93. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Huayllamarca

Municipio de Machacamarca

Eliminación de excretas: alcantarillado sanitario, pero mayor porcentaje de las familias sin alcantarillado sanitario y la eliminación es a campo abierto

Río completamente contaminado

Tasa de alfabetización:94%



Vulnerabilidad y Símbolos convencionales

- Rios Principales
- Rios Secundarios
- Capital
- Límite municipal

Grado de vulnerabilidad

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy Bajo

Heladas intensas (mayo a agosto, posible todo el año)

Granizadas intensas (principalmente en diciembre y febrero).

Disminución de rendimientos agrícolas

Sequías (septiembre a diciembre y mayo a agosto)

Aumento de la evaporación, secando las plantas

Vientos fuertes

Riesgo de muerte para el ganado

Rayo (en épocas lluviosas)

Baja productividad agropecuaria

Actividades principales: Agropecuaria

Solo permite la presencia de pastos bajos y escasa vegetación

40% de tierras para el pastoreo, 25% cultivo y 35% contaminadas

Actividad minera

Mortandades por intoxicación con metales pesados (especialmente flamencos)

Alto grado de erosión (laminar, hídrica, eólica, columnar), aridez y salinidad de los suelos

Río contaminado

Ríos expuestos a descargas del Drenaje de Acido de Roca (DAR).

Hombres: 1692 hab
Mujeres: 1622hab
Área: 305.801 km²

Los aportes del río San Juan hacen que el municipio de Machacamarca, tenga una elevada disponibilidad de agua, que se ve contrarrestada por la baja calidad de agua que presenta este río. La presencia de metales pesados por la explotación de minerales provoca que la fauna local en especial los flamencos tengan una elevada tasa de mortalidad. El problema que hace vulnerable a este municipio son las inundaciones que afectan en mayor medida al desarrollo del ganado local.

Figura II- 94. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Machacamarca

Municipio de Oruro

Área de pastoreo: 74,77% del territorio, sobrepastoreo

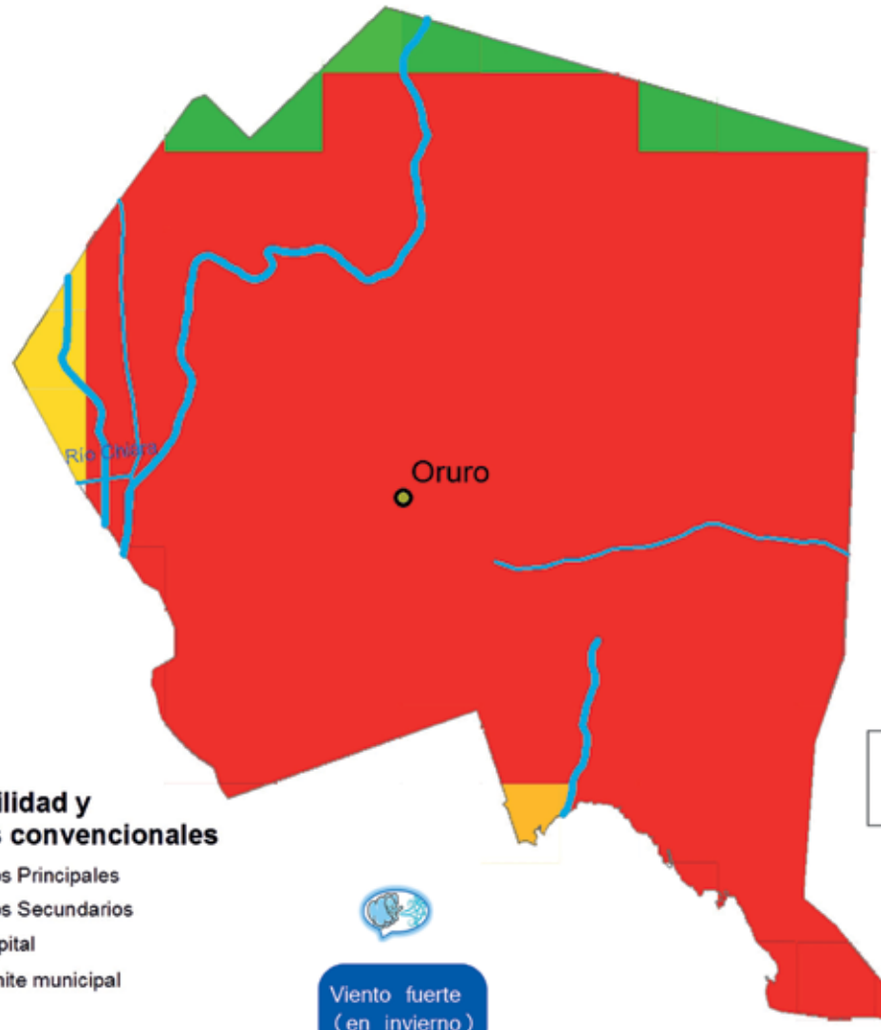
Uso incorrecto de la mecanización en la preparación de los suelos

Degradación de suelos

Cobertura de agua potable (territorial): 77%

Explotación hortícola : 86,95% cultivos a secano y 13,05% bajo riego

Tasa de alfabetización: 97,6%



Vulnerabilidad y Símbolos convencionales

- Rios Principales
- Rios Secundarios
- Capital
- Límite municipal

Grado de vulnerabilidad

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy Bajo

Granizadas (diciembre a febrero, durante la formación del fruto)

Disminución/limitación de los rendimientos de la producción agrícola

Deficiente eficiencia de los sistemas de micro riego. 71,05% de tecnología de riego tradicional

Infiltraciones de la lluvia en los desmontes

Profundidad del nivel freática: 0,60 a 1,2m

Contaminación de las aguas subterráneas volviéndolas ácidas y agresivas

Concentraciones de metales en agua superficiales (arsénico)

Sequia (se presentá con frecuencia en el periodo de lluvias)

Contaminación de los ríos y suelos aledaños.

No hay recojo, ni traslado y disposición final de la basura

Erosión tipo eólica y lluvial (57% de la superficie)

Proceso de desertificación

Centros mineros (operaciones de mantenimiento y bombeo del agua ácida de la mina)

Viento fuerte (en invierno)

Daños a los cultivos y dificultad del desarrollo de la flora

Heladas (todas las noches de Mayo a Agosto, en 80% dificilmente predecible

Impacto a los cultivos a secano y al ciclo vegetativo de las plantas

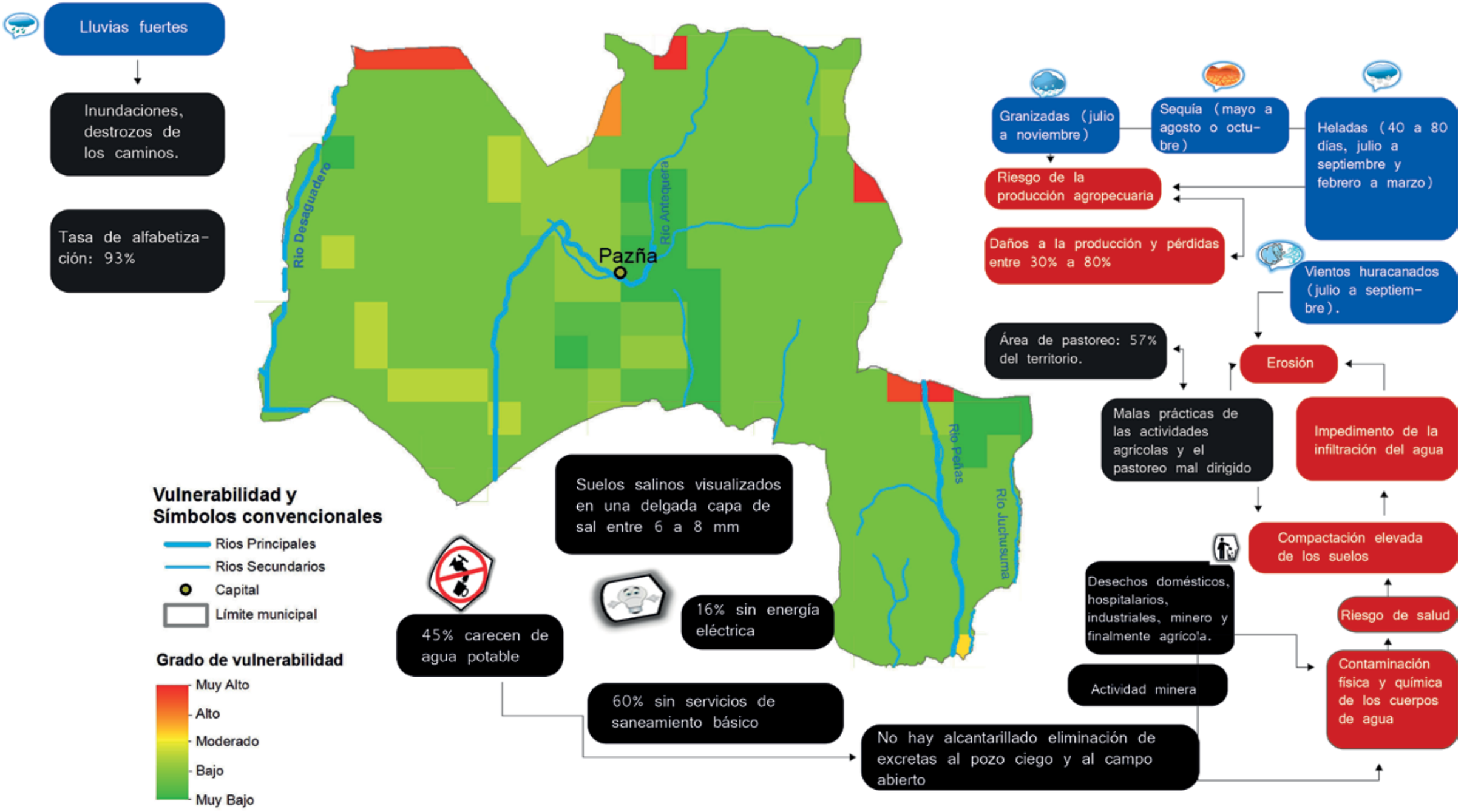
Actividades principales
Área rural: actividades agropecuarias o primarias
Área urbana : actividades comerciales, industriales y de prestación de servicios.

Hombres: 104748 hab
Mujeres: 112450 hab
Área: 275.206 km^2

La ocurrencia de inundaciones, granizadas y heladas en Oruro hacen que este municipio sea vulnerable afectando en mayor medida a su población, los cultivos también se ven afectados por las inundaciones, granizos y heladas pero en menor medida. Esto puede deberse porque en Oruro existe una gran extensión de suelos salinos o arenosos haciendo que la producción agrícola disminuya en gran medida. Pese a que las actividades mineras tuvieron un cierre el año 1991 todavía existen operaciones de mantenimiento y bombeo del agua ácida de la mina lo que puede contribuir a contaminar las fuentes subterráneas de agua con metales pesados.

Figura II- 95. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Oruro

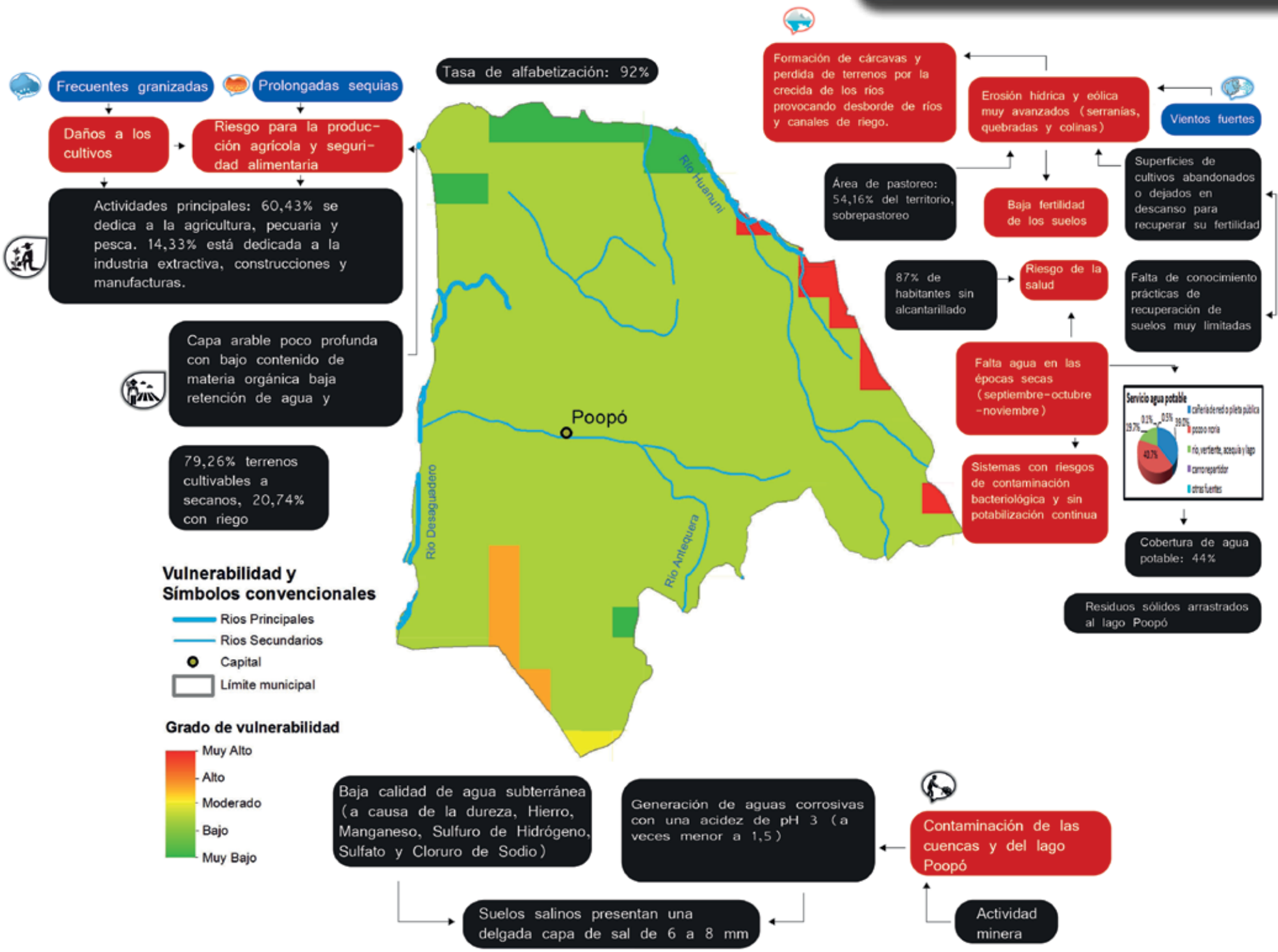
Municipio de Pazña



Hombres: 1735 hab
Mujeres: 1843 hab
Área: 737.820 km²

La escasez de agua es un problema recurrente en la población, ya que Pazña cuenta con pequeños ríos temporales dificultando la disponibilidad de este recurso para su uso en actividades económicas o sociales. Las sequías que se dan en el municipio afectan más que nada al desarrollo de su ganado haciendo que este municipio sea vulnerable ante este tipo de fenómenos climatológicos.

Figura II-96 . Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Pazña



Hombres: 2953 hab
Mujeres: 3151 hab
Área: 701.977 km²

Las fuentes de agua que abastecen la demanda de este municipio son de origen superficial y subterránea, estas fuentes presentan sequías haciendo que Villa Poopó sea vulnerable ante la ocurrencia de este tipo de fenómeno, la población y los cultivos son los que se ven afectados directamente. El daño de los ecosistemas de la zona se da por la existencia de residuos sólidos y afluentes mineros.

Figura II- 97. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Villa Poopó

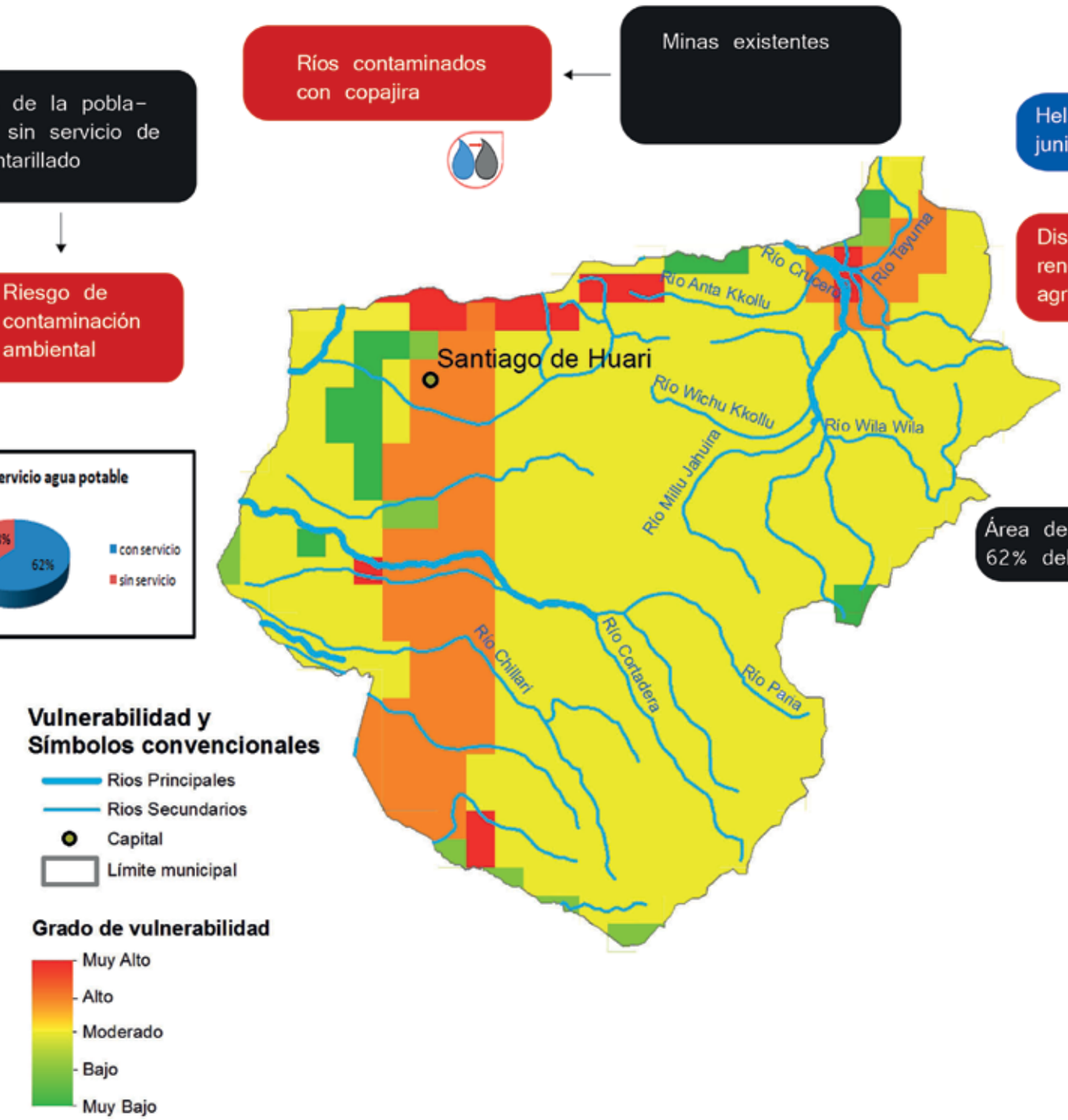
Municipio de Santiago de Huari

40% de la población sin servicio de alcantarillado

Riesgo de contaminación ambiental

Ríos contaminados con copajira

Minas existentes



Heladas (22-28 días en junio, julio, agosto)

Vientos fuertes (julio, agosto y septiembre)

Disminución de rendimientos agrícolas

Perjuicio para los productos agrícolas

Erosión hídrica y eólica

Actividades principales: agricultura y ganadería, comercio, construcción y servicios diferentes.

Área de pastoreo: 62% del territorio.

Erosión hídrica y eólica

Excesiva carga animal sobre las praderas

Sistema de cultivos en terrazas orientadas en curvas de nivel para controlar la erosión hídrica y eólica

Hombres: 4811 hab
Mujeres: 5713 hab
Área: 2914.087 km^2

Toledo es un municipio que presenta heladas, que afecta a los cultivos de los habitantes del municipio ademas que este factor limita la producción agropecuaria de la región pese a que la demanda hídrica de la población se ve cubierta por vertientes en zonas altas que son de carácter permanente o temporales haciendo que los caudales varíen en diferentes épocas del año.

Figura II-98 . Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Santiago de Huari

Municipio de San Pedro de Totora

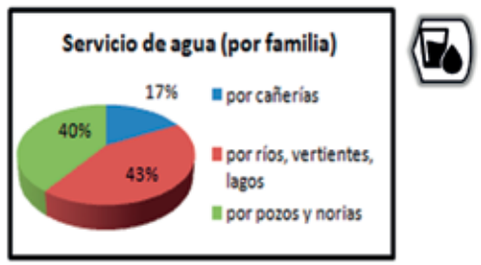
Granizo

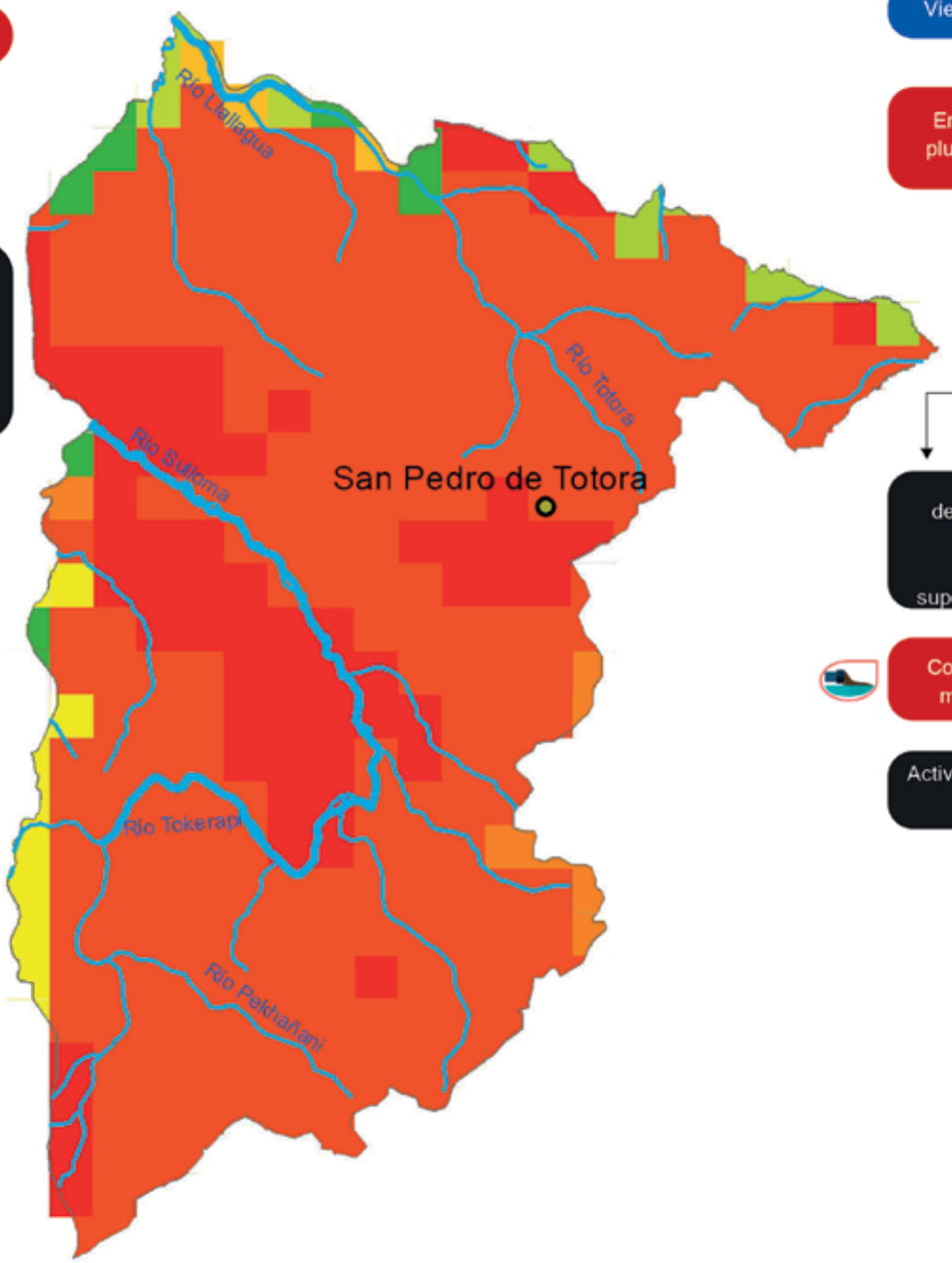
Sequías prolongadas

Heladas

Disminución de rendimientos agrícolas

Actividades principales: agropecuaria (hasta 99%), jornaleros, trabajos de albañilería, herrcría, transporte, sector educación, salud, gobierno municipal e instituciones diversas





Vientos fuertes

Crecida de los ríos

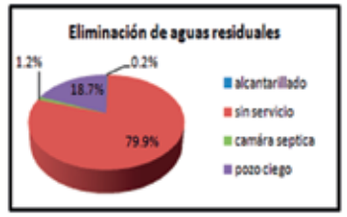
Erosión eólica, pluvial o hídrica

Perdida de terrenos

Fertilidad muy baja de los suelos

Sobrepastoreo, superficies de cultivos abandonados o dejados en descanso para recuperar su fertilidad

85% son terrenos destinados al pastoreo, 3% a los cultivos andinos, 12% son superficies sin vegetación.



Contaminación del medio ambiente

Actividad minera muy limitada

Tasa de alfabetización: 95%

Vulnerabilidad y Símbolos convencionales

- Rios Principales
- Rios Secundarios
- Capital
- Límite municipal

Grado de vulnerabilidad

- Muy Alto
- Alto
- Moderado
- Bajo
- Muy Bajo

Hombres: 3160 hab
Mujeres: 2732 hab
Área: 1001.307 km²

Las heladas. sequías prolongadas y granizadas en la zona hacen que el municipio sea vulnerable, la incidencia de este fenómeno hace que el ganado y las familias se vean afectadas haciendo que el desarrollo normal de sus actividades cotidianas sean más dificultosas de lo habitual.

Figura II- 99. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de San Pedro de Totora

Municipio de Soracachi

Una baja tasa de analfabetismo (7,01%)

El municipio presenta pastos nativos y pastas introducidas como la alfalfa

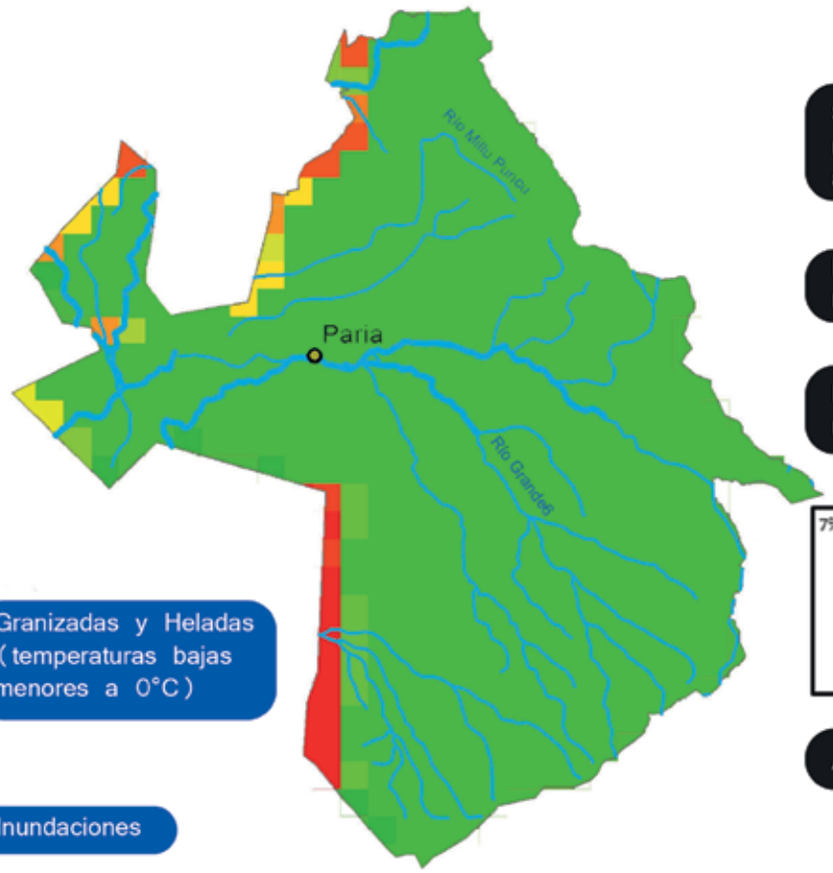
Actividad productiva: relacionada con el sector agropecuario y el turismo

Granizadas y Heladas (temperaturas bajas menores a 0°C)

Daños físicos y ecónomicos importantes en los cultivos

Inundaciones

Desborde del Rio Soracachi (Condi Auqui) y el oleoducto que cruza por la parte sur de la población, ante posibles derrames, puede afectar cultivos y animales cercanas



Sistemas de Riego: Cuenta con sistemas de micro riego que se encuentran muy cercanos al rio y a viviendas

Fuentes de agua: El municipio cuenta con rios permanentes como el rio Paria

Fuentes de agua: El municipio cuenta con rios permanentes como el rio Paria

La población que no realiza manejo de residuos deposita sus residuos solidos en el rio ocasionando contaminación

Actividad minera

Provoca contaminación con un impacto muy alto por la actividad con niveles de concentración de metales pesados altisimos

Hombres: 3160 hab
Mujeres: 2732 hab
Área: 1001.307 km^2

Las heladas. sequías prolongadas y granizadas en la zona hacen que el municipio sea vulnerable, la incidencia de este fenómeno hace que el ganado y las familias se vean afectadas haciendo que el desarrollo normal de sus actividades cotidianas sean más dificultosas de lo habitual.

Figura II-100 . Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Soracachi

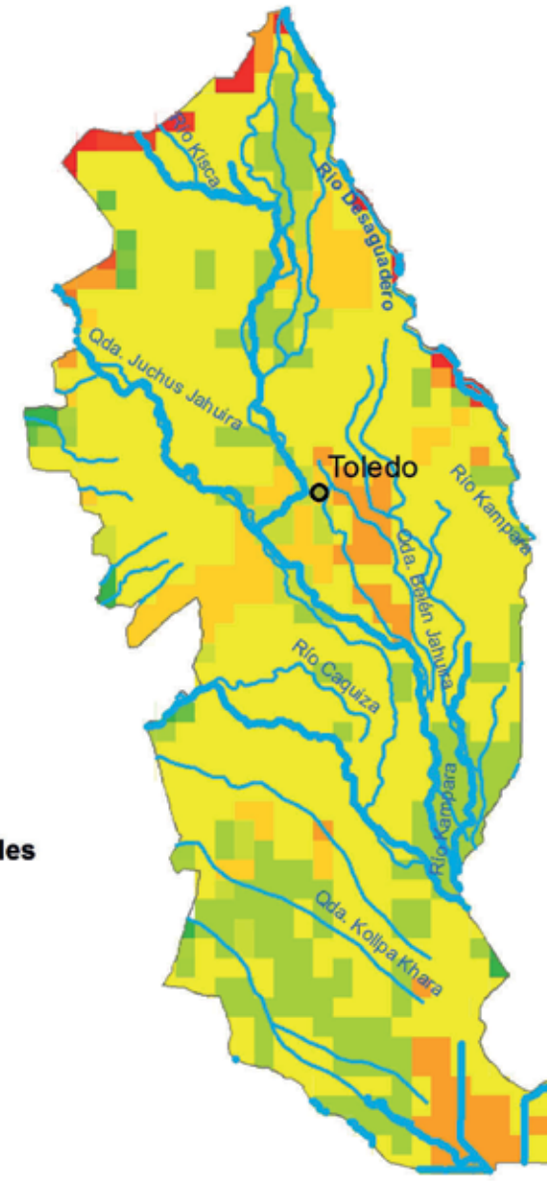
Municipio de Toledo

Riesgo de contaminación de aguas y suelos

16,22% son terrenos salitrosos susceptibles a inundación

Terrenos salitrosos y aguas saladas debidos a la existencia antigua del lago Minchin

Tasa de alfabetización:94%



Heladas

Escasa e irregular precipitación

Actividades principales: pastoreo (llamas, ovejas, vacas), agricultura de subsistencia (papa, quinua, cebada)

Daños a cultivos

Insuficientes recursos hídricos

Limitación de la producción agropecuaria

Falta de sistemas de riego (98,62% a secano)

Solo 11,06% de superficie cultivable

Área de pastoreo: 42,14% del territorio

Degradación de suelos

Tratamiento del oro (Chuquiña): remanentes de las colas, desmontes y desechos de aguas

Manejo inadecuado por el sobrepastoreo, extracción de plantas y quema de pajonales

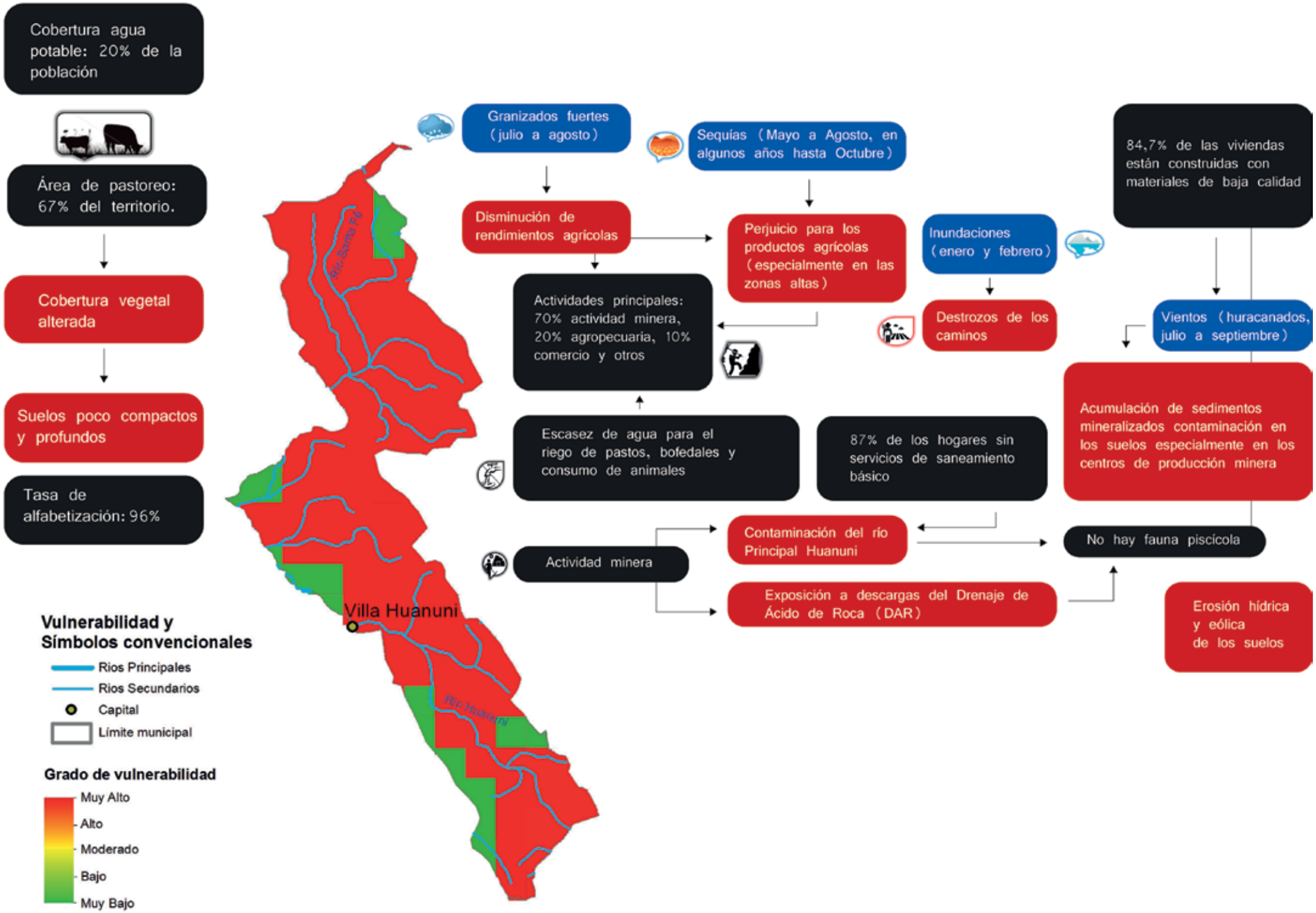
Contaminación de terrenos aledaños

Hombres: 4811 hab
Mujeres: 5713 hab
Área: 2914.087 km^2

Toledo es un municipio que presenta heladas, que afecta a los cultivos de los habitantes del municipio ademas que este factor limita la producción agropecuaria de la región pese a que la demanda hídrica de la población se ve cubierta por vertientes en zonas altas que son de carácter permanente o temporales haciendo que los caudales varíen en diferentes épocas del año.

Figura II-101. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Toledo

Municipio de Villa Huanuni



Hombres: 9819 hab
Mujeres: 8945 hab
Área: 303.754 km^2

La vulnerabilidad del municipio se da debido a las inundaciones que ocurren por el aumento del caudal en el río Huanuni, este río a su vez se encuentra expuesto a contaminación minera por los diques de colas que fueron depositados en el lecho del río haciendo que el pH del agua disminuya hasta volverla ácida, por este motivo es que no existe fauna piscícola en el río.

Figura II-102. Vulnerabilidad y resiliencia del municipio de Villa Huanuni

"Cada año, las pérdidas económicas en la cuenca, por efectos del cambio climático, ascienden a 450 millones de bolivianos en promedio, de los cuales solo 118 millones de bolivianos corresponden a recursos públicos de adapatción"

"La planificación participativa y concertada depende de conocer nuestras amenazas, vulnerabilidades y potencialidades"

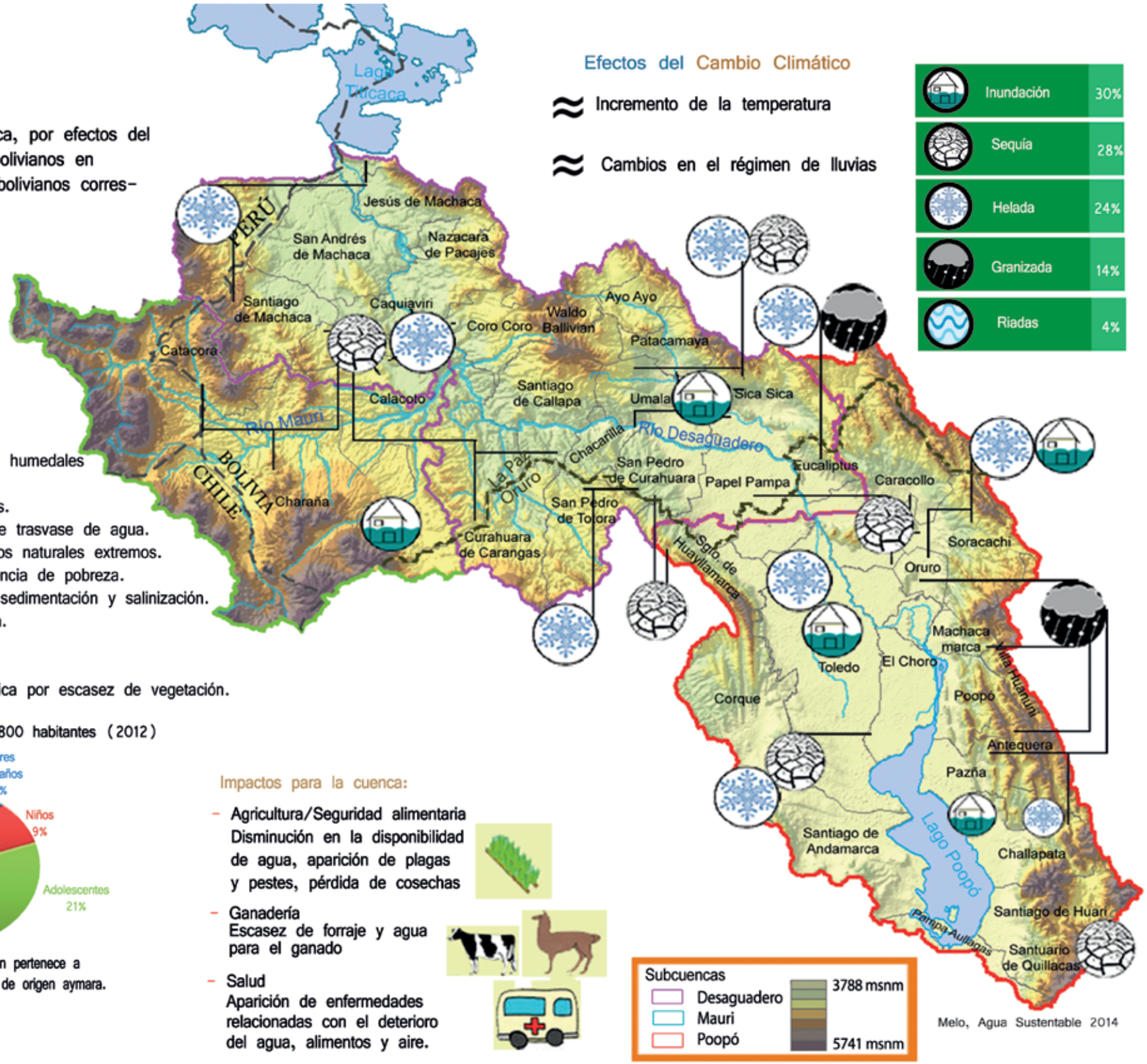
Razones por las cuales, la cuenca es vulnerable

10

1. Ecosistemas fragiles: Bofedales, humedales y lagos.
2. Zonas áridas y semi-áridas.
3. Presencia de proyectos de trasvase de agua.
4. Zonas expuestas a eventos naturales extremos.
5. Municipios con alta incidencia de pobreza.
6. Tendencia creciente a la sedimentación y salinización.
7. Presencia de contaminación.
8. Gran amplitud térmica.
9. Gestión institucional débil.
10. Zonas propensas a erosión eólica por escasez de vegetación.

Población total de la cuenca: 615.800 habitantes (2012)

La mayor parte de la población pertenece a comunidades indígenas campesinas de origen aymara.



Impactos para la cuenca:

- Agricultura/Seguridad alimentaria
  Disminución en la disponibilidad de agua, aparición de plagas y pestes, pérdida de cosechas
- Ganadería
  Escasez de forraje y agua para el ganado
- Salud
  Aparición de enfermedades relacionadas con el deterioro del agua, alimentos y aire.

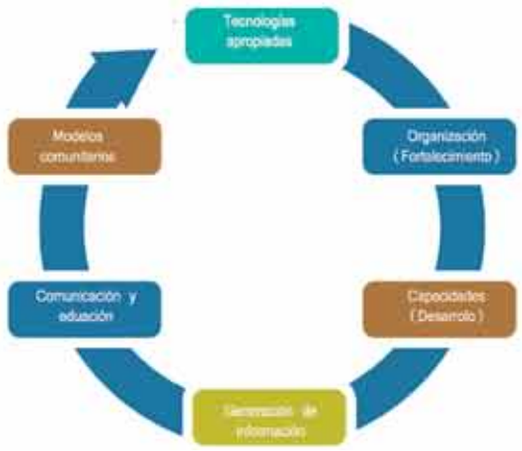
Melo, Agua Sustentable 2014

"Cada año que no se actua, el costo de la adaptación incrementa"

"La adaptación al cambio climático requiere un enfoque integrado"

Aspectos claves para la resiliencia de la cuenca

1. Proteger cabecera de cuencas y bofedales
2. Almacenamiento y aprovechamiento eficiente de agua.
3. Fortalecer institucionalidad para la gestión de la cuenca.
4. Inversión en prevención de riesgos climáticos.
5. Desarrollo de capacidades en Cambio Climático.
6. Reducción de la tasa de erosión y disolución de sales.
7. Proteger y mejorar la calidad del agua
8. Uso de variedades de cultivos resilientes
9. Recuperación desaberes y conocimientos tradicionales.
10. Revegetación de praderas nativas



Lineamientos estratégicos en el mecanismo de adaptación:

- Resiliencia de los sistemas de vida y seguridad alimentaria
- Prevención y reducción de riesgos por impactos del cc
- Gestión integral del agua
- Educación y Salud

Proyectos piloto, TESAS y Plan de Adaptación

- Uso Eficiente del agua
- Conservación de la esponja verde
- Protección de la Salud
- UGR — Unidad de Gestión de Riegos (UGR)
- TESAS

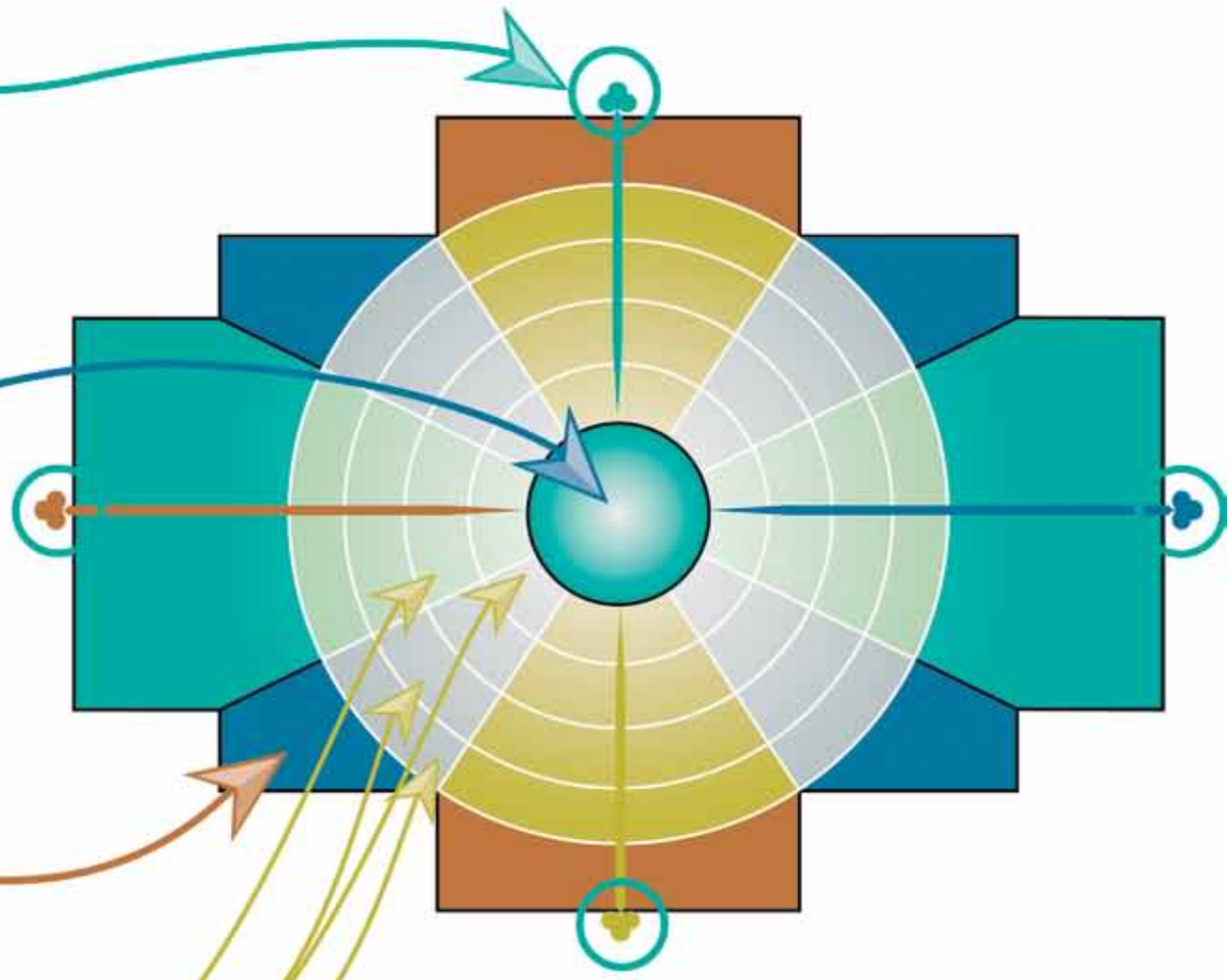
CAPÍTULO III

PLAN ESTRATÉGICO DE RESILIENCIA CLIMÁTICA PARA VIVIR BIEN

La Cruz Andina presenta una sinopsis, que muestra todos los elementos que se consideran fundamentales para el Plan y las relaciones entre todos estos

Los 4 puntos o áreas "cardinales" constituyen los programas del Mecanismo de Adaptación de la Política Nacional de Cambio Climático.

El centro de la Cruz constituye la Ley de la Madre Tierra y el Programa Nacional de Cuencas como políticas públicas que orientan el Plan. El Eje vertical muestra la relación del Estado y la Sociedad a través de estas políticas, principalmente de la Ley Marco de La Madre Tierra y Desarrollo Integral para vivir bien. El Eje horizontal recoge las relaciones entre los conocimientos, tecnologías y prácticas tradicionales, con el conocimiento y tecnología moderna, el conocido "dialogo de saberes", que alimentan y se alimentan de dichas políticas.



Los cuatro vértices lo conforman los cuatro componentes del Desarrollo Integral de Capacidades: La formación de los recursos humanos y liderazgos, el fortalecimiento de las organizaciones e instituciones, reforzar y aplicar la normatividad pública y promover redes de cooperación.

Los círculos concéntricos son dinámicos, estos recogen las propuestas y proyectos del Plan, que en la mayor parte son intersectoriales y requieren de un tratamiento integral.

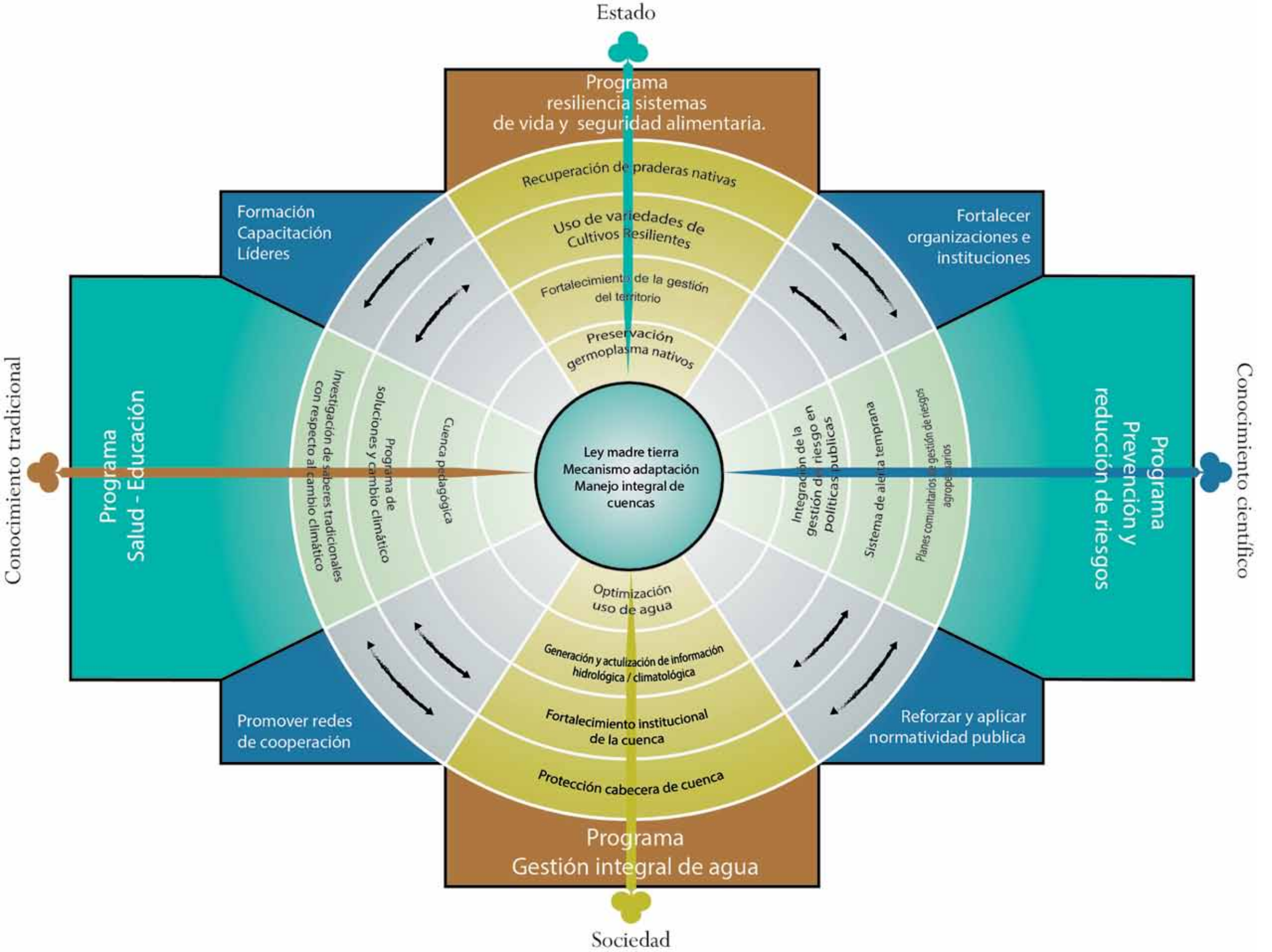


Figura III-1. Cruz Andina del Plan de Adaptacion al Cambio Climático

1. CARACTERÍSTICAS Y ALCANCES

1.1. Objetivo y Principios

Planificar de forma participativa y concertada la adaptación al cambio climático, mediante la identificación de acciones y elaboración de información sólida, que permita a los tomadores de decisión, el uso eficaz de los fondos de inversión pública, a través de la implementación de programas nacionales, departamentales y municipales en forma concurrente.

Figura III-2. Ejes estratégicos para el Plan

1.2. Alcances

El ámbito de acción es la cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero dentro del sistema TDPS. Es una cuenca además transfronteriza con toda la complejidad que lleva su tratamiento en términos internacionales.

La perspectiva del Plan es contribuir al manejo integral y sustentable de sistemas de vida de la Madre Tierra. Por las características del sistema, la integralidad tanto a nivel físico como cultural y social, hacen que el sistema TDPS sea un sistema de vida a nivel macro donde el equilibrio del mismo depende del tratamiento holístico sin fronteras políticas.

La información recopilada, procesada y sistematizada es de carácter multisectorial y multidisciplinaria, desde los estudios geo-físicos, recursos naturales hasta la información económica, social y de inversión pública en los diferentes niveles de Gobierno.

Se espera que la información generada en la construcción del Plan y las acciones mismas propuestas como estratégicas para la resiliencia al cambio climático puedan servir de insumo de planificación tanto a nivel local, municipal, departamental, nacional y bi-nacional.

Las acciones propuestas serán las de corto plazo implementadas como proyectos piloto, las de mediano plazo que puedan ser implementadas entre 2016-2020 que podrían ser incluidas en los POAs (Planes Operativos Anuales) de los Municipios en los años siguientes. Y las propuestas de largo plazo que tienen que ver con la Agenda Patriótica 2025, los Planes de Desarrollo Departamentales, el Plan Director global Binacional de protección-prevención de inundaciones y aprovechamiento de los recursos del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Lago Salar de Coipasa (Sistema TDPS) y el Plan Director de la Cuenca del Lago Poopó.

1.3. Metodología de construcción del Plan

El Plan de resiliencia, es un instrumento de planificación de acciones para abordar los impactos del cambio y la variabilidad climática. La generación del Plan de adaptación, se basa en procesos de aprendizaje social, métodos y herramientas desarrollados, adaptados y comprobados por Agua Sustentable en previos planes (Mururata, Illimani, Sajama) donde tanto hombres como mujeres de las comunidades participaron en las actividades desde el inicio mediante el acompañamiento de investigaciones, la interacción en procesos de gestión de conocimientos, la recopilación de información, la planificación y la construcción de medidas de acción comunitarias de adaptación, y el posterior análisis de lecciones aprendidas. A través de los procesos descritos, se construye un enfoque metodológico basado en un flujo secuencial y simultáneo de acciones integradas en tres ejes fundamentales paralelos, los cuales se retroalimentan unos a otros: 1) Investigación, 2) Espacios de deliberación público social e incidencia y 3) Planificación e inversiones para la adaptación.

Constituye la base de soluciones, con un conjunto de herramientas construidas a partir de la recopilación de buenas prácticas de adaptación, la revalorización de saberes tradicionales integrados con propuestas innovadoras, como parte de un bagaje amplio de factores resilientes.

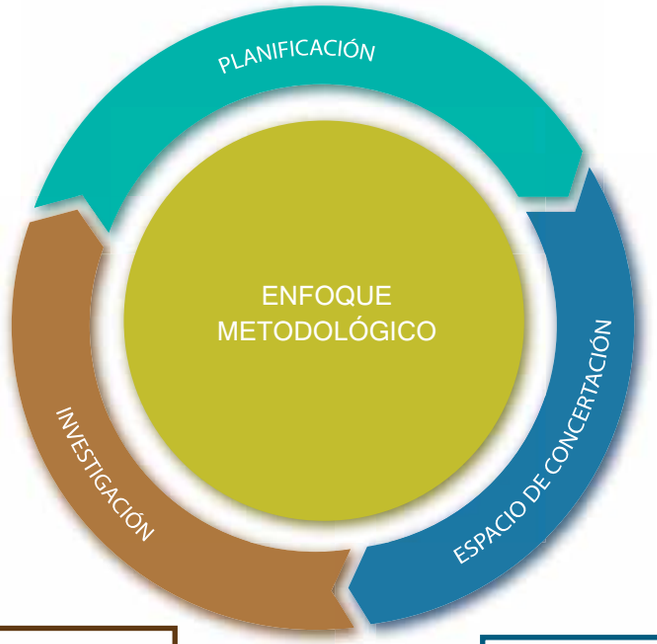


Figura III-3. Metodología de construcción del Plan

Se genera información meteorológica histórica y futura, el proceso hidrológico de la cuenca y cómo la variabilidad y cambio climático influyen en su funcionamiento, usos, derechos y formas de gestión del agua bajo escenarios diferentes de disponibilidad del recurso, cómo influye ésta disponibilidad en las actividades productivas principales de las comunidades de la cuenca.

Espacios de deliberación público social, donde se toma el desarrollo de capacidades como un instrumento de resiliencia y el fortalecimiento mediante la promoción de diálogo en la Cuenca donde se encuentren los actores de instituciones a nivel nacional, departamental, municipal, organizaciones sociales y sociedad civil en general.

1.3.1 Etapas del proceso de construcción del Plan

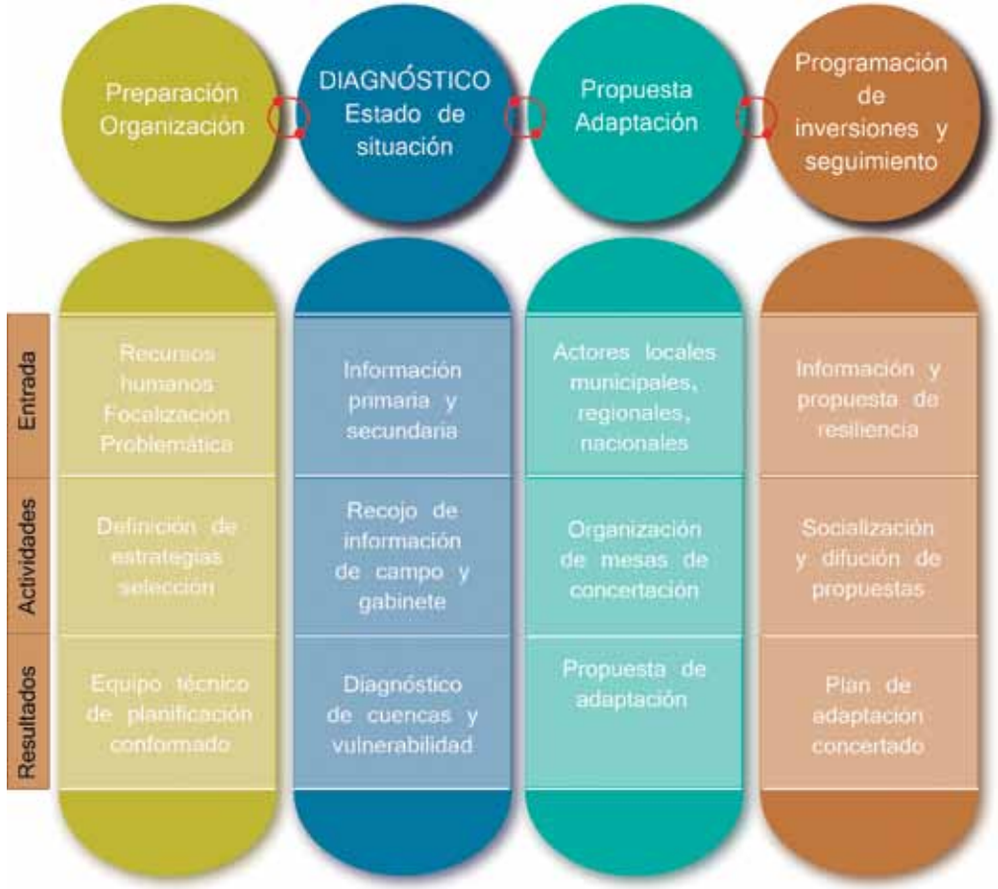


Figura III-4. Etapas del proceso de construcción del Plan de Adaptación

Etapa 1. Preparación y organización del proceso, se conformó un equipo técnico multidisciplinario, tomando en cuenta la construcción de redes interinstitucionales en los diferentes ámbitos dentro del área de trabajo, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Autoridad de la Madre Tierra, Gobernaciones, Municipios e institutos de investigación.

Etapa 2. Elaboración del Marco Teórico y el estado de situación (Diagnóstico de Vulnerabilidad), se realizó un trabajo científico de análisis de la situación actual y futura de la cuenca (mediante recolección de información secundaria, integración de la información, trabajo en campo y procesamiento de gabinete).

Etapa 3. Elaboración de la propuesta de Adaptación y Resiliencia, se realizaron tres Mesas de concertación más varios talleres y reuniones más locales. La primera mesa de concertación, se concentró en el diagnóstico, la segunda en las propuestas y la tercera en el diseño de la implementación institucional. En estas mesas se conformaron grupos de trabajo, de acuerdo a los cuatro programas del Mecanismo de Adaptación al cambio climático de la Política plurinacional de la Madre Tierra.

Etapa 4. Formulación de la identificación de inversiones y sistema de seguimiento, fue idealmente concebida bajo el supuesto de cierta continuidad institucional de las Mesas de concertación y que los diferentes actores de la cuenca, tendrían como herramienta de planificación y gestión el Plan de resiliencia. En la práctica, los procesos que se están dando, han seguido otro camino para identificar recursos concurrentes e inversiones públicas, que coadyuven a mejorar las resiliencias y capacidades de respuesta a los impactos del cambio climático, como muestran los casos del Municipio de Curahuara de Carangas y el primer Plan de Adaptación al Cambio Climático del área protegida del Sajama y sobre todo las iniciativas de un conjunto de municipios de la Plataforma de Aroma Sur y Oruro Centro, para elaborar proyectos de inversión a nivel Diseño Final.

2. INDUCTORES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PLAN: DESARROLLO DE CAPACIDADES Y OBRAS PILOTO

2.1. Desarrollo Integral de Capacidades

El concepto mismo de Desarrollo Integral de Capacidades conlleva a fomentar o crear oportunidades que permitan a la gente valorizar, utilizar y ampliar al máximo sus propias capacidades. Es por esto que el Desarrollo Integral de Capacidades, se relaciona con la construcción concertada de reglas de convivencia equitativa

La inducción nos lleva a la idea de provocar, promover, inducir, facilitar y crear condiciones para construir el Plan de Resiliencia. Una viga indispensable para dicha construcción es la concepción del Desarrollo Integral de Capacidades (DIC). El DIC, a su vez, es un proceso por el cual los individuos, redes, organizaciones y sociedades adquieren capacidades (en el plano individual y colectivo) para desempeñar funciones, participar equitativamente en la toma de decisiones, en la resolución de problemas, en establecer y lograr objetivos (PNUD, 1997). Una equivocación muy frecuente es reducir el desarrollo de capacidades a la capacitación de los recursos humanos. El DIC es mucho más amplio e integrador, pues busca movilizar y proyectar el Capital social, las capacidades autóctonas existentes en una sociedad, desde los valores, las actitudes, las creencias, hasta las diversas formas de organización (productiva, social, política) pasando por todo el bagaje amplio de prácticas y expresiones culturales y religiosas.

En la imagen de una mariposa (Figura III-5), se recogen las cuatro dimensiones interdependientes del DIC (COSUDE-DEZA, 2003).

1. **Desarrollo de los recursos humanos.** Ampliar las capacidades de aprendizaje, temático, metodológico, de auto-reflexión, discusión y comparación de valores y actitudes - Aprender habilidades y destrezas prácticas. La gestión de conocimientos como un instrumento.
2. **Desarrollo organizacional y gestión de cambio Aprendizaje organizacional,** aumento de capacidades de elaborar productos, prestar servicios, mejorar procesos internos de organización y de cooperación, capacidades de adaptación al cambio.
3. **Cooperación interinstitucional y desarrollo de redes.** Promover y desarrollar la cooperación horizontal entre diferentes actores públicos, privados y sociales. Fortalecer circuitos, redes, plataformas, que sirven para el intercambio de conocimientos, coordinación de actividades y la planificación y producción conjunta de iniciativas.
4. **Desarrollo del marco normativo e institucional.** Promover, acordar y favorecer normas y reglas de juego institucionales y políticas públicas para favorecer el desarrollo de las capacidades en contextos específicos.

Las cuatro dimensiones constituyen las Alas de la mariposa y son interdependientes, el lograr activar las cuatro de forma consecutiva permitiría alzar el vuelo del Desarrollo.

En la construcción del Plan, se buscó impulsar cada una de las alas, con el propósito de generar algunas bases y plantar semillas que pudieran dar frutos en la implementación futura del Plan. De manera especial, se concentró el esfuerzo en impulsar las redes de cooperación y plataformas pues en base a experiencias comparables, esta dimensión puede constituir un factor que puede movilizar las otras dimensiones en juego.

MARIPOSA DEL DESARROLLO DE CAPACIDADES (INSTITUCIONALIDAD)
4 DIMENCIONES INTERDEPENDIENTES PARA PODER "VOLAR"

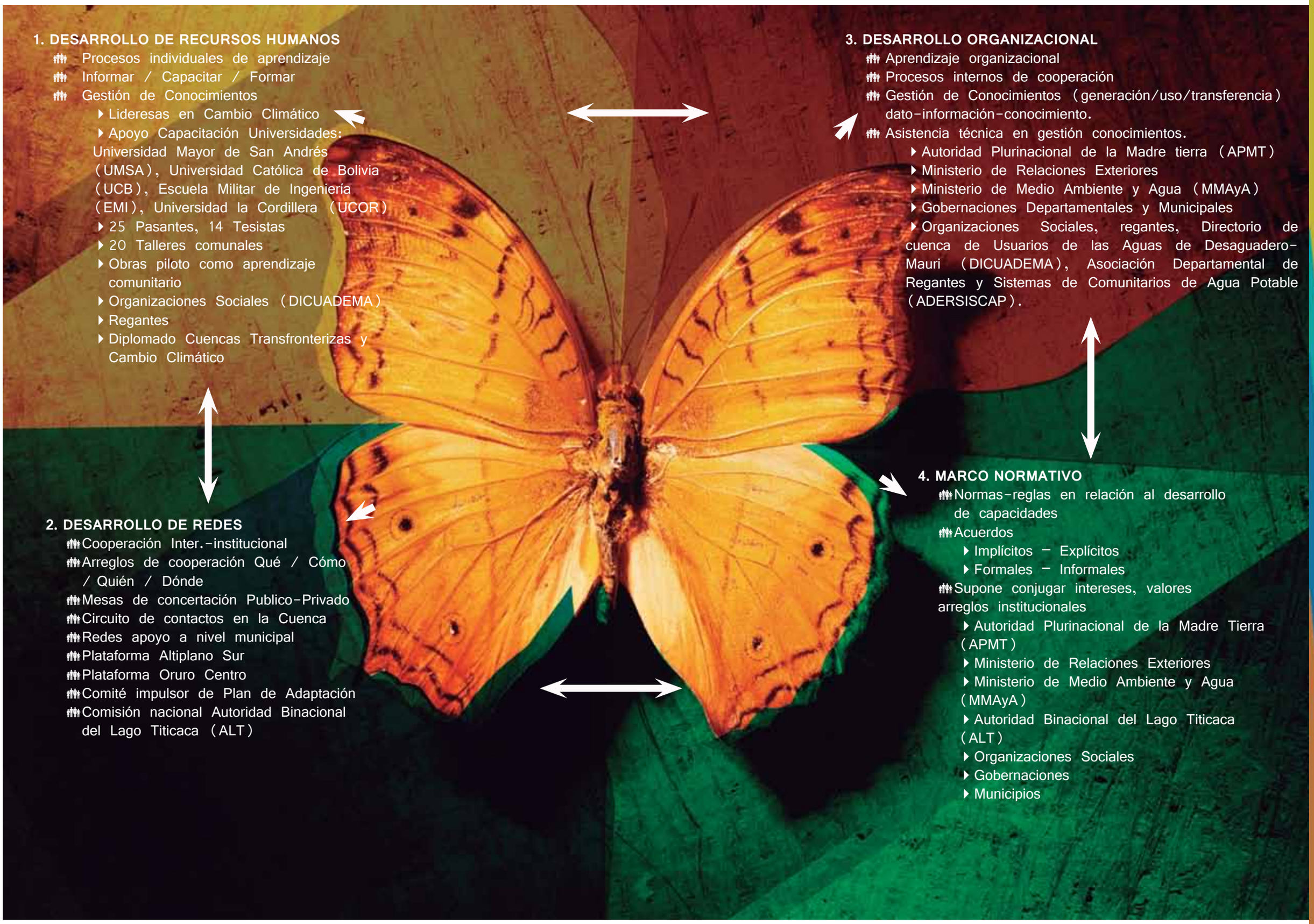


Figura III-5. Mariposa del Desarrollo de Capacidades

2.1.1. Obras piloto y el relacionamiento con las comunidades y municipios

Todo el proceso de construcción del Plan tuvo como base las Mesas de concertación, talleres locales y una dinámica muy activa de relacionamiento con municipios y comunidades de la Cuenca, tal como se muestran en el Mapa III-1.

La amplitud, extensión y dispersión de la población en la Cuenca hacen muy difícil el contacto con la totalidad de los actores. No obstante, se consignó en los tres años de la construcción del plan, alrededor de unos siete mil contactos con las comunidades, instituciones, organizaciones locales y municipios, a través de talleres, reuniones, entrevistas, visitas de campo, ferias. Asimismo, se recorrieron un promedio anual de 40.000 kilómetros.

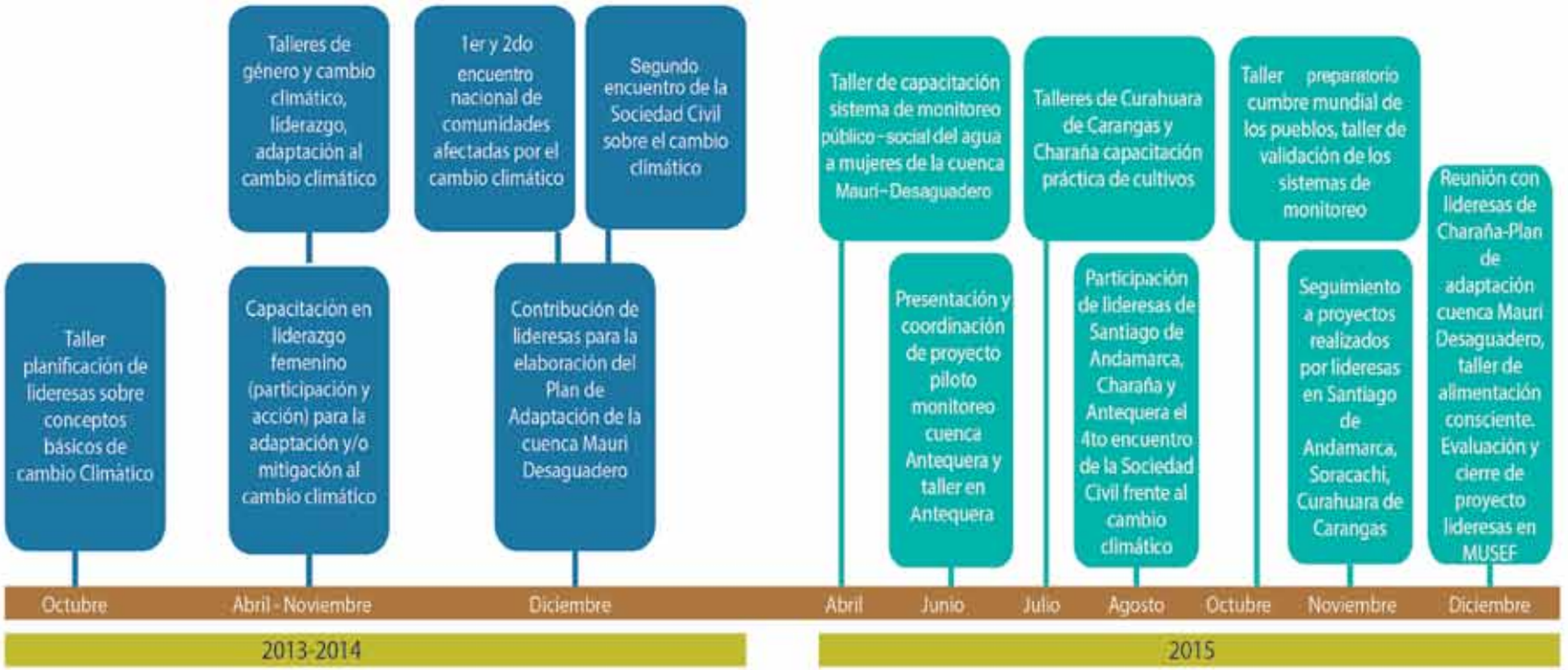
Se realizaron en Total 3 MESAS DE CONCERTACIÓN con participación de actores de toda la cuenca: Comunidades, Municipios, organizaciones sociales de base, Secretarios de la Madre Tierra de ambas Gobernaciones, Representantes del Gobierno Central como Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Autoridad de la Madre Tierra y Ministerio de Relaciones Exteriores además de la Autoridad Bi-Nacional del Sistema TDPS (ALT).

Participantes: 478

Mapa III-1. Desarrollo de capacidades

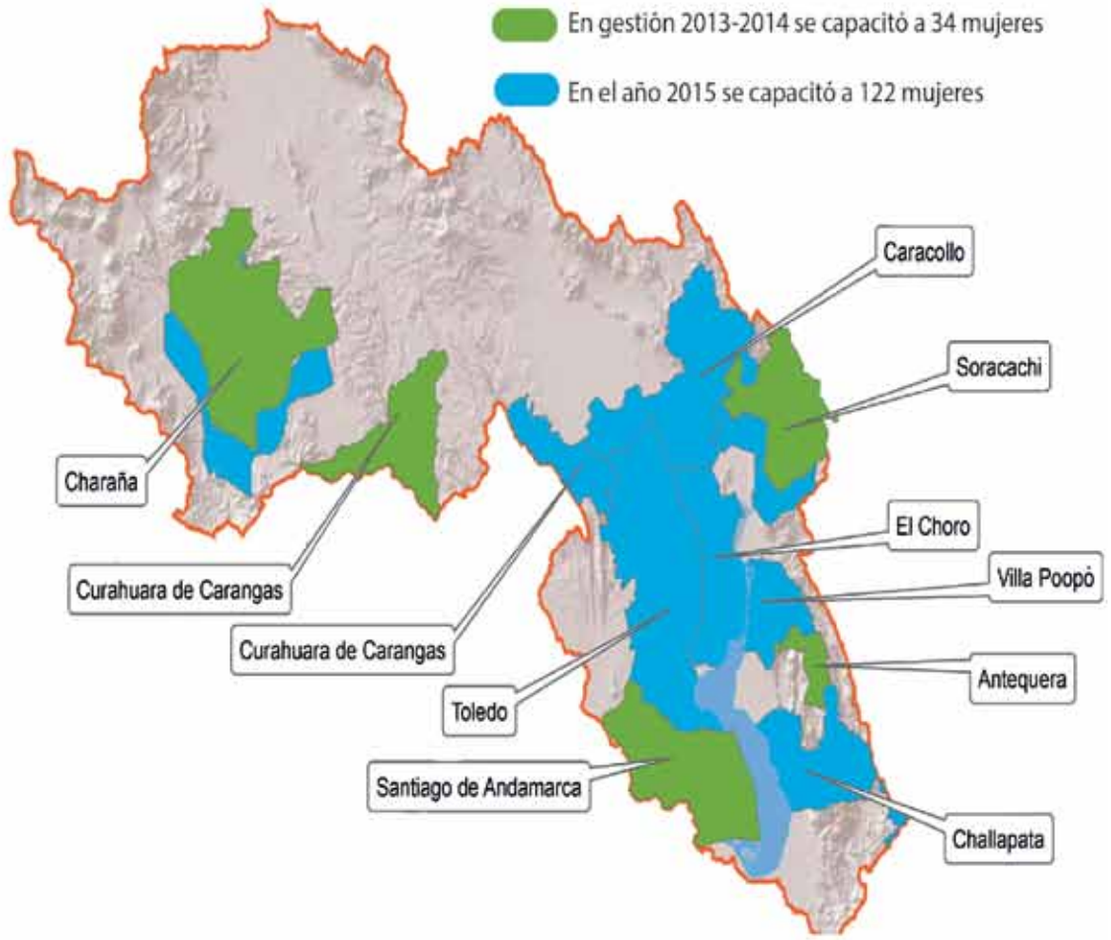
2.1.2. Desarrollo de Capacidades a Mujeres

El concepto mismo de Desarrollo de capacidades privilegia y focaliza el factor del recurso humano y en este caso se hizo el trabajo más específico con las mujeres rurales en un programa de formación de líderes. El Mapa III-2 muestra el alcance de este trabajo de capacitación de 122 mujeres a lo largo de talleres y encuentros, tanto en la Cuenca como llevando a las mujeres a otros encuentros y reuniones en otros departamentos y en algunos casos en países del exterior.



2013-2014: 6 Talleres 3 Intercambios de Experiencias 3 lideresas participan del 2do Encuentro de Sociedad Civil frente al Cambio Climático 2 lideresas participan en la COP20 en Lima; 2 lideresas Cumbre de los Pueblos; 14 Lideresas hacen capsulas radiales "El Agua tambien tiene voz"

2015: 9 Talleres - Participación de 1 mesa de concertación 5 visitas de seguimiento a Planes de Incidencia; 1 Convenio (Antequera-Municipio y Monitoreo Público Social de la calidad del agua validado por el VRHyR 4 lideresas participaron en el 4to encuentro de la Sociedad Civil frente al Cambio Climático; 5 Lideresas Cumbre de los Pueblos



Mapa III-2. Desarrollo de Capacidades de Lideresas

2.2. Implementación de obras piloto como ejemplos de estrategias de adaptación

Los proyectos piloto se constituyen en un instrumento que cumplen varias funciones en relación al acompañamiento en la construcción de un Plan de Adaptación: Por una parte, son un incentivo para valorizar iniciativas de las comunidades para la recuperación de prácticas y conocimientos locales y ancestrales (q´otañas y atajados, construcción de nuevos, mantenimiento y ampliación de otros existentes, para la cosecha de agua, la reconstitución y promoción de los Inka Uyos) También se apoyaron otro tipo de obras (zanjas de infiltración, sistemas de riego, riego tecnificado con paneles solares).La identificación de estas iniciativas se hicieron a través de un concurso a nivel de las comunidades. Por otra parte, las obras piloto son un ejemplo concreto y demostrativo que ayuda a un acercamiento con las comunidades para motivar su participación en el Plan. También, son experiencias puntuales de aprendizaje, de gestión de conocimientos y de investigación participativa, en materia de implementación técnica, organización, cumplimiento de contrapartes, costos, tiempos y otros factores. Finalmente, son una muestra de apoyo a iniciativas que tienen otras características como el vivero comunal para la producción de Thola, el apoyo a iniciativas de producción del Kauchi y el equipamiento e instalación de estaciones meteorológicas que se integran y refuerzan al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Algunas obras y experiencias han sido desarrolladas a nivel local en varias comunidades como estrategias de adaptación. A continuación se muestra las obras que han sido identificadas de acuerdo al evento y/o problema que afrontan las poblaciones.

SEQUÍA Y ESCASEZ DE AGUA PARA EL CONSUMO

- Bomba de agua con panel solar
  Comunidad Vilcapalca (Municipio de Charaña, Dpto. La Paz)
- Aerobomba
  Comunidad Sajama y Lagunas
- Bomba manual
  Comunidad Sajama y Laguna
- Silos de Agua – Lluvia Sólida (optimización del uso de Agua en el cultivo de Lechuga)
  Comunidad Pizacaviña (Municipio de Calamarca, Dpto. La Paz)
- Atajado, Q'otaña
  Estancia Rosapata, (Municipio de Charaña); Comunidad Khapi y La Granja (Municipio de Murillo); Huancarama (Municipio Calacoto) (Dpto. La Paz) y Estancia Kalajaliri (Dpto. Oruro)
- Zanjas de infiltración
  Estancia Kalajaliri (Dpto. Oruro)
- Aljibe
  Comunidad La Granja (Dpto. La Paz)

PÉRDIDA DE LA COBERTURA VEGETAL Y DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

- Vivero comunal para la producción de t´ola (Parastrephia lepidopylla)
  Comunidad Río Florida Quisca (Municipio de Toledo, Dpto. Oruro)
- Inca Uyus
  Cerro Casarata (Municipio de Calamarca, Dpto. La Paz)
- Kurmicotas (trampas de agua de lluvia con cobertura vegetal)
  Comunidad Villa Pairumani (Municipio de Toledo, Dpto. Oruro)

BOFEDALES AMENAZADOS

- Obras de toma de agua y sistemas de riego y conducción por tubería en canales de riego
  Comunidad Manasaya (Dpto. Oruro)
- Captación y distribución de agua para riego
  Comunidad Papelpampa (Dpto. Oruro)
- Gaviones a las riberas de ríos
  Curahuara de Carangas

SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y ALMACÉN DE AGUA DEFICIENTES

- Chuwallani (Acueducto en el paso de quebrada)
  Comunidad Khapi (Municipio Palca, Dpto. La Paz)
- Mejoramiento de canales
  Comunidad Cebolludo (Municipio Palca, Dpto. La Paz)
  Comunidad Challasirca (Municipio Palca, Dpto. La Paz)

FALTA DE SISTEMAS DE SERVICIOS BÁSICOS

- Construcción de letrinas en la escuela
  Comunidad Khapi (Municipio Palca, Dpto. La Paz)

3. PROGRAMAS DE LA POLÍTICA DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL MECANISMO DE ADAPTACIÓN: POLÍTICAS, OBJETIVOS Y ACCIONES ESTRATÉGICAS

Las Mesas de Concertación fueron un espacio de diálogo donde se plantearon las vulnerabilidades de la cuenca, en base a esta problemática se contruyeron participativamente acciones estratégicas en base a los cuatro programas del Mecanismo de Adaptación. Posteriormente se siguió trabajando en grupos de trabajo inter-institucionales e inter-actorales en cada uno de los dos Departamentos.

3.1. Programa: Resiliencia de los sistemas de vida y seguridad alimentaria

POLÍTICAS	OBJETIVOS	ACCIONES ESTRATÉGICAS
Empleo de fuentes nutricionales con equidad (Saber alimentarse: valor del Vivir Bien)	Aumentar la utilización de alimentos de mayor valor nutritivo en los hogares	·Valoración y registro en una base de datos de la gastronomía local y su valor nutricional ·Elaboración de políticas para promover el consumo de productos locales (como la papa, quinua, cañahua) ·Diseñar una estrategia de información, educación y comunicación nutricional para la transmisión de información, que permita a las personas, comunidades y familias mejorar sus conocimientos, actitudes y prácticas en relación con la adecuada alimentación. ·Promover el consumo de productos locales en el desayuno escolar ·Fomentar la producción orgánica.
Eficiencia en el acceso a los alimentos	Mejorar el Acceso a alimentos	·Conservación de alimentos rescatando saberes locales (colcas, qitus, pirwas, etc.) e incorporando nuevas tecnologías socialmente apropiadas ·Fortalecer e incentivar las prácticas de producción para el autoconsumo ·Fomentar las modalidades de trueque ·Promover la conservación de alimentos ·Fortalecer los mercados campesinos
Disponibilidad de alimentos	Mejorar la disponibilidad de alimentos mediante el fomento de la biodiversidad y las ferias locales	·Manejo de pisos ecológicos ·Recuperación de praderas nativas ·Fortalecer banco de semillas para conservación de germoplasma nativo e introducido de manera in situ ·Manejo de suelos
Fortalecimiento de la seguridad alimentaria ante amenazas y riesgos climáticos.	Disminuir los riesgos asociados al clima en la gestión agropecuaria.	·Fortalecer la gestión comunal del territorio como el eje de las estrategias locales para enfrentar desastres naturales. ·Incrementar la inversión de recursos públicos para la prevención de riesgos agropecuarios. ·Incorporar y/o reforzar infraestructura para la prevención y/o reducción de impactos climáticos en la producción agropecuaria (almacenamiento de agua, defensivos, etc.) ·Promoción del uso de variedades de cultivos tolerantes a las amenazas ·Vigorizar y aplicar el Seguro Agrícola ·Activar servicios financieros que fomenten la seguridad alimentaria ·Valoración de la ganadería camélida como mecanismo de adaptación por su aptitud fisiológica.
Agua y suelo de calidad para la resiliencia de sistemas de vida y seguridad alimentaria	Mejorar la calidad de agua y suelos en la cuenca	·Rehabilitación de suelos salinos ▸ Manejo de suelos ▸ Introducción de especies tolerantes (fomento del empleo del kauchi) ▸ Manejo del agua para riego ·Implementación de un sistema de monitoreo de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas y suelos

3.2. Programa: Prevención y reducción de riesgos por impactos del cambio climático

POLÍTICAS	OBJETIVOS	ACCIONES ESTRATÉGICAS	RESPONSABLES
Desarrollo de competencias en gobernanza local para prevención y reducción de riesgos climáticos.	Fortalecimiento local, municipal, departamental y nacional en prevención y reducción del riesgo por impactos del cambio climático.	·Fortalecer y/o implementar Unidades de Gestión Riesgos (UGRs) en todos los municipios de la cuenca y donde no los hubiera. a. Intercambio de experiencias en la implementación de UGRs entre municipios de la cuenca ·Incluir acciones de prevención y contingencia de riesgos climáticos en los documentos de planificación (POA, PDM-Plan de Desarrollo Municipal). ·Elaboración e implementación de planes comunales de gestión de riesgo agropecuario. ·Fortalecimiento local para el uso y mantenimiento de la infraestructura local de prevención de riesgos. ·Fortalecimiento de la inversión pública en infraestructura de prevención de riesgos por impacto del cambio climático. ·Elaborar o actualizar una cronología de desastres por municipio.	·Municipios, Programa de Reducción del Riesgo de Desastres (PRRD), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Viceministerio de Defensa Civil (VIDECI), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO), instituciones con acciones/proyectos concurrentes ·Municipios, Gobernaciones, VIDECI. ·Comunidades (organización comunal originaria, sindical, junta de vecinos, club de madres, asociaciones de productores, colegios, etc.) y municipios. ·Municipio (sensibilización) y comunidades ·Gobernaciones, Federación de Asociaciones Municipales (FAM), Mancomunidades.
Fortalecer el funcionamiento del Sistema de Alerta Temprana	Estructurar una red de monitoreo en la cuenca	·Fortalecer el sistema de comunicación del Sistema de Alerta Temprana mediante: a. El equipamiento adecuado de los municipios b. Capacitar a técnicos municipales en la interpretación y uso de la información hidrometeorológica. c. Involucrando a distintos actores comunales para la diseminación de la información dentro de las comunidades. ·Implementar estaciones hidrológicas y meteorológicas por municipio. ·Utilizar mecanismos de organización comunales para la transmisión de información para la prevención de riesgos entre parte alta y baja de la cuenca.	·Gobernaciones, SENAMHI, VIDECI, FAO, organizaciones que trabajan en la zona. ·Municipios en coordinación con SENAMHI. ·Organizaciones comunales (organización comunal originaria, sindical, junta de vecinos, club de madres, asociaciones de productores, colegios, etc.)
Recuperación y revalorización de saberes ancestrales para la prevención de riesgos.	Combinar saberes ancestrales y herramientas tecnológicas para el monitoreo y la prevención de riesgos	·Recuperar técnicas y trabajo comunitarios de prevención de riesgos a través de la experimentación y comparación de técnicas. ·Intercambio de experiencias en técnicas ancestrales de prevención de riesgos.	·Organizaciones comunales (organización comunal originaria, sindical, junta de vecinos, club de madres, asociaciones de productores, colegios, etc.), instituciones especializadas, Prosuko.
Sensibilización para la prevención de riesgos de cambio climático	Informar sobre los riesgos de cambio climático y cómo prevenirlos.	·Generar información sobre los riesgos de cambio climático y sus impactos en los medios de vida. ·Difundir información comprensible para las comunidades de manera creativa y didáctica.	·Gobernaciones, Instituciones académicas y de investigación, VIDECI, SENAMHI, otras instituciones estatales. ·Municipios, Gobernaciones, Instituciones académicas y de investigación, VIDECI, SENAMHI, otras instituciones estatales.

3.3. Programa: Gestión integral del agua

POLÍTICAS	OBJETIVOS	ACCIONES ESTRATÉGICAS
Promover la gestión integral del recurso hídrico y el manejo de la cuenca.	Fortalecer la institucionalidad para la gestión integral y el manejo de la cuenca	·Actualización del Plan Director del sistema TDPS. ·Implementación del modelo de gestión del TDPS. ·Impulsar que la institucionalidad binacional del sistema TDPS facilite el acceso de los actores a la información. ·Fortalecimiento de la red meteorológica nacional del SENAMHI. ·Promoción y fortalecimiento de la conformación de un Organismo Gestor de la cuenca de los ríos Mauri Desaguadero, en coordinación con municipios, organizaciones sociales, gobiernos departamentales y centrales. ·Desarrollo de un Plan director de la cuenca. ·Priorización de inversiones en recursos hídricos.
Impulsar el uso eficiente y razonable del agua.	Recuperar conocimientos ancestrales	·Promoción e implementación de conocimientos ancestrales para manejo de agua y almacenamiento.
	Adaptar tecnologías para uso eficiente de agua.	·Promoción de investigación sobre tecnologías para uso eficiente de agua aplicables a la cuenca. ·Implementación de la tecnificación del riego (riego por goteo, aspersión, nebulización, fertirrigación, controladores automáticos, etc.). ·Implementación de infraestructura para distribución eficiente de agua para consumo humano. ·Implementación de infraestructura para la recarga de acuíferos.
	Mejorar el manejo del agua a través de infraestructura adecuada	·Implementar la infraestructura hidráulica prevista en el Plan Director del sistema TDPS. ·Utilizar la infraestructura ya existente para el manejo del agua en el sistema TDPS.
	Contar con información, climatológica hidrológica e hidrogeológica actualizada y confiable.	·Promoción de una red de observación ambiental del sistema TDPS. ·Promoción de realización de estudios sobre aguas subterráneas y recarga de acuíferos. ·Actualización permanente de los estudios sobre escurrimiento superficial y balance hídrico de la cuenca de los ríos Mauri-Desaguadero. ·Generación, validación y centralización de información climatológica, hidrológica e hidrogeológica. ·Desarrollo de un marco referencial para escenarios de cambio climático en la región del Altiplano. ·Análisis de oferta y demanda de agua, bajo escenarios de cambio climático en la región del Altiplano.
Conservación de los recursos hídricos y vegetación asociada	Recuperar cuerpos de agua y suelos	·Restauración de canales de agua degradados. ·Recuperación y restauración de la vegetación nativa para mejorar la retención del agua. ·Promoción de la forestación en la cuenca, como estrategia de prevención de riesgos de inundación, recarga, etc. ·Implementación de prácticas físicas, biológicas y agronómicas de conservación de suelos para evitar la erosión.
	Proteger y mejorar de la calidad del agua	·Implementar técnicas de tratamiento y mejora de la calidad de agua para consumo humano. ·Implementar sistemas de tratamiento de aguas servidas domésticas y aguas residuales. ·Implementar un sistema de monitoreo social en la cuenca.

3.4. Programa: educación y salud

POLÍTICAS	OBJETIVOS	ACCIONES ESTRATÉGICAS
Fortalecimiento de capacidades en cambio climático.	Sensibilizar y educar a la población e instituciones, enfocados en los niños y jóvenes, acerca de cambio climático, que les permite involucrarse activamente en el proceso de implementación del plan.	·Promover la implementación de un centro de investigación (conocimiento científico y conocimiento de las naciones indígena originaria campesinas). ·Promover la realización de investigaciones aplicadas participativas. ·Promover la formación de técnicos municipales en la temática de cambio climático. ·Promover la incorporación en la malla curricular de las escuelas y colegios de los 36 municipios, contenidos relacionados al cambio climático y su prevención. ·Desarrollar un conjunto de acciones extracurriculares para los colegios y escuelas, concursos u otras actividades que promueva el interés, transmita conocimientos fundamentales y motive a los jóvenes en la temática del cambio climático. ·Promover acciones para la recuperación de saberes ancestrales para recuperar buenas prácticas y conjugarlas con nuevas propuestas técnicas. ·Promover la concientización sobre problemas ambientales a las autoridades y la población. ·Implementar programas de concientización sobre contaminación hídrica (agricultura, minería, residuos sólidos). ·Desarrollar cursos de actualización docente relativa al Cambio climático. ·Promover la implementación de sistemas de alerta temprana locales en las unidades educativas. ·Gestionar la implementación del programa de cuencas pedagógicas en cuencas clave en diferentes regiones de la cuenca Mauri Desaguadero. ·Promover un programa de información, educación y comunicación sobre los impactos y soluciones para hacer frente al cambio climático. ·Desarrollar una campaña de difusión sobre la importancia de actuar contra el cambio climático.
Fortalecimiento de capacidades locales para la reducción de los efectos del cambio climático en relación a la salud.	Prevención de riesgos vinculados con los efectos del cambio climático sobre la salud.	·Fortalecimiento de capacidades al personal de salud en el tema de cambio climático y las medidas de adaptación relacionadas con la salud. ·Impulsar la investigación para identificar y prevenir enfermedades producidas por los cambios climáticos. ·Difusión de medidas de prevención de enfermedades vinculadas al cambio climático. ·Promover y fortalecer la medicina tradicional de los pueblos indígenas originarios campesinos en la atención en salud. ·Promover la salud a través del adecuado manejo de desechos sólidos y basura.

4. HACIA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

En este acápite se busca simplemente mostrar algunas iniciativas cobijadas por la Autoridad de la Madre Tierra y el Ministerio de Medio Ambiente y Agua a través del Programa Nacional de Cuencas en sentido de acompañar el proceso de construcción de un Plan de Resiliencia, buscando alianzas de forma complementaria y sinérgica. Más aun, se han marcado algunos hitos para orientar el rumbo hacia adelante.

Estos hitos buscaron el sentido integral de los sistemas de vida contribuyendo a la concurrencia de fondos de los diferentes niveles de gobierno. Algunas de las iniciativas que se muestran además ejemplifican la utilización de fondos ya existentes para desarrollo que contribuyen a la resiliencia climática en los sistemas de vida en armonía con la Madre Tierra.

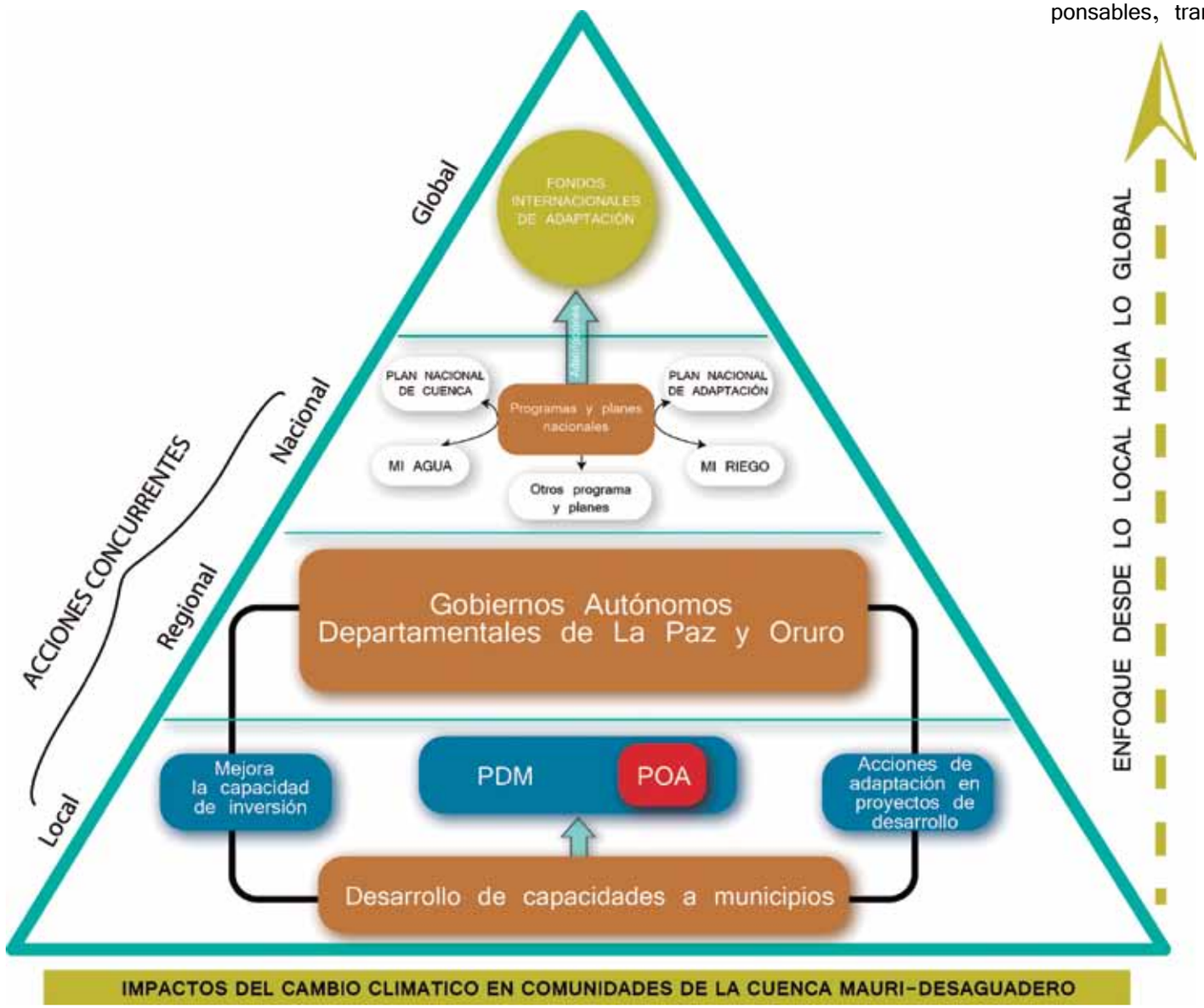


Figura III-6. Plan Estratégico de Adaptación al Cambio Climático en la Cuenca del Sajama

4.1. Enfoque de trabajo desde las comunidades tomando en cuenta sus sistemas de vida y la cuenca como un sistema integral

Para afrontar mejor los retos futuros que implican la variabilidad y el cambio climático, es necesario un permanente mejoramiento del sistema de planificación y gestión Micro-Meso-Macro de forma coordinada y articulada. El Plan de Resiliencia de la Cuenca a nivel meso puede contribuir a orientar sobre todo en los planes municipales y locales en el marco de los programas del Mecanismo de Adaptación de la Ley Madre Tierra y la preparación de capacidades y propuestas para acceder a recursos Nacionales en Programas de Desarrollo y fondos propios para el cambio climático y Fondos para el Cambio Climático globales. Adicionalmente, se busca y espera que las Gobernaciones de la Región, continúen profundizando su abordaje con enfoque de Manejo Integral de Cuencas y se puedan coordinar acciones concurrentes entre los tres niveles de gobierno. Estas acciones les permitirán vigorizar la relación entre los municipios, las Gobernaciones y el Gobierno Nacional en el marco de la cuenca. Los principios de una buena gobernanza implican que los esquemas de adaptación estén orientados al consenso, sean participativos, efectivos, eficientes, responsables, transparentes, flexibles, equitativos, inclusivos y apegados a las políticas.

4.2. El modelo Sajama - Municipio de Curahuara de Carangas

El diseño del Plan de Resiliencia Climática para Vivir bien de la Cuenca Mauri-Desaguadero siguió los pasos, las orientaciones y aprendizajes que se obtuvieron en la experiencia de elaborar el Plan de Adaptación del Parque Nacional Sajama (2011-2013) del Municipio de Curahuara de Carangas que también hace parte de la Cuenca.

La figura III-7 recoge el proceso metodológico y las fases de investigación-participativa, planificación e implementación. Los tres ejes del Plan de Adaptación para el Parque Nacional Sajama, se se concentran en el manejo integral y sostenido del agua, el manejo de sus bofedales que constituyen la esponjas verde de reserva de agua y la economía comunitaria basada en el manejo de su ganado auquénido, los tejidos y el ecoturismo.

La experiencia Sajama mostró la importancia de trabajar el Desarrollo de capacidades, con un énfasis del enfoque en género y en los jóvenes y niños. La ventaja de las comunidades del Parque es que tienen la práctica y cultura del Chacha-Warmi, que privilegia la participación equitativa y relevante de las mujeres de forma muy activa.

En el proceso de elaboración del Plan se implementaron un conjunto de obras piloto de adaptación (bombas de agua, riego de bofedales, manejo de su cuenca, el Centro de Interpretación socio-biocultural, planes de negocio con los productores(as) y otras). Pero lo más importante es que el Plan de Adaptación derivo en proyectos de inversión pública, que fueron presentados dentro del Programa Nacional de Cuencas del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego del Ministerio de Medio Ambiente y Agua como la carpeta a diseño final del proyecto de Manejo Integral de la Cuenca Sajama.

PROYECTO DE MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA SAJAMA

El Objetivo del proyecto fue disminuir las tasas de erosión, sedimentación y pérdida de áreas de bofedales de los ecosistemas altoandinos a través del control hidráulico, recuperación de áreas degradadas, manejo y formación de áreas forestales e implementación de sistemas de riego aplicando técnicas adecuadas, y de esta manera mejorar la capacidad productiva y el manejo sostenible de los recursos naturales, bajo el enfoque de integralidad.

El proyecto está formado por 6 componentes de los cuales 5 son de implementación y 1 de supervisión y seguimiento. Este beneficia a 5 comunidades: Sajama, Manasaya, Lagunas, Caripe y Papelpampa.

Tabla III-1. Componentes de Manejo Integral de la Cuenca Sajama

COMPONENTES	Presupuesto Bs.
1.-Manejo y formación de áreas forestales	990.200,15
2.-Aprovechamiento eficiente del agua para el consumo humano y animal.	812.953,82
3.-Manejo y gestión de canapas	912.798,11
4.-Riego de bofedales y pastizales	2.068.147,15
5.-Fortalecimiento gestión social del agua, acompañamiento e implementación	511.401,30
6.-Costos de supervisión de obras civiles	222.130,91
Costo total del proyecto	5.517.631,45

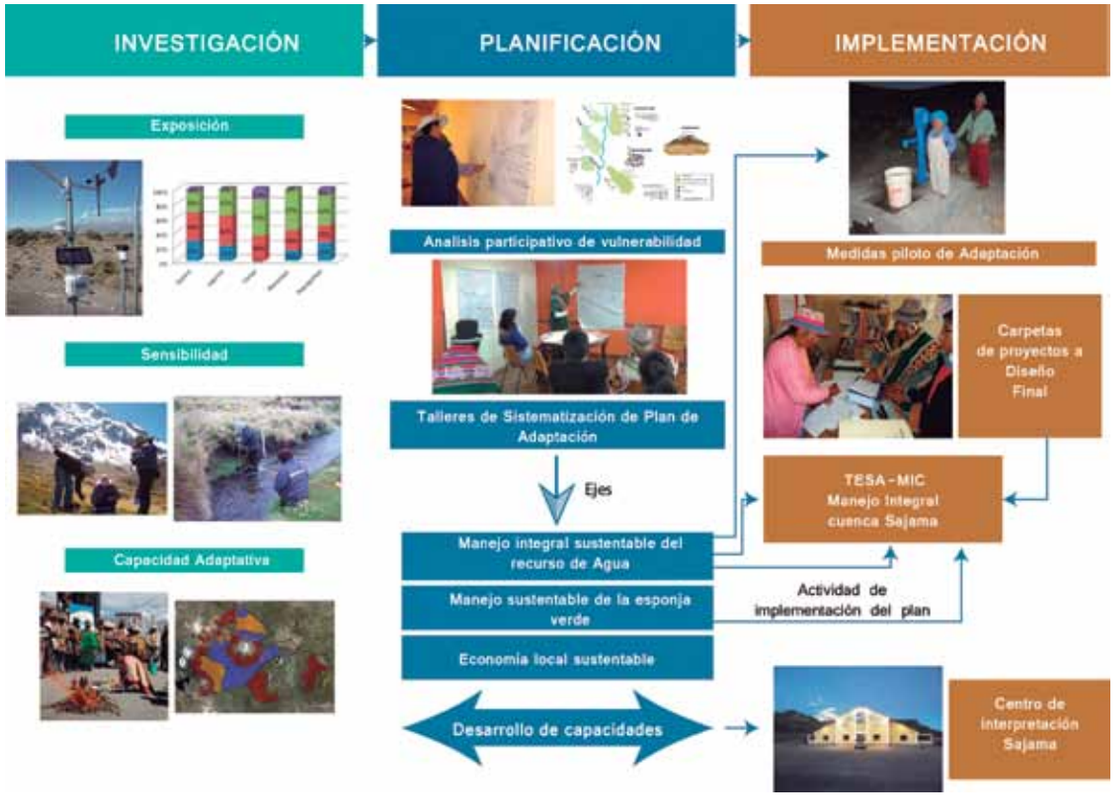


Figura III-7. Modelo Sajama

Por otra parte, Sajama cuenta con un Centro de Interpretación Socio-Biocultural con algunas facilidades y servicios (salón de encuentros, sala de comunicación, cafetería, espacios para el apoyo a los escaladores y montañistas). Más allá de la infraestructura que atrajo también el interés y la coinversión complementaria del Viceministerio de turismo, lo que se busca es que el Centro se consolide como un referente de gestión de conocimientos, intercambios, capacitación y pueda albergar el programa de Cuenca Pedagógica, del Programa Nacional de Cuencas del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego del MMAyA. La Cuenca pedagógica es una escuela de gestión social y comunitaria del agua, lugar del encuentro de conocimientos tradicionales y ancestrales con los conocimientos académicos, un centro de desarrollo de capacidades para generar modelos de gestión solidaria, recíproca y equitativa del agua.

4.3. La Plataforma Aroma Sur como punta de lanza de la implementación del Plan de Resiliencia

Las autoridades originarias, autoridades municipales y las comunidades en general de los municipios de Papelpampa, San Pedro de Curahuara y Chacarilla de la provincia Gualberto Villarroel y los Municipios de Umala, Patacamaya, Sica Sica y Calamarca de la Provincia Aroma, viendo la necesidad a afrontar los problemas de cambio climático que se está presentando en sus regiones, se han aliado en una Plataforma para encarar estudios a nivel de factibilidad como mecanismo de planificación y adaptación al cambio climático.

La Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra en coordinación con la Secretaría Departamental de los Derechos de la Madre Tierra del Gobierno Autónomo Departamental de La Paz en el marco del Plan de Resiliencia Climática de la Cuenca Mauri—Desaguadero apoyado por el Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y Medio Ambiente "Agua Sustentable" y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través del Diagnóstico de necesidades post Desastre y adaptación al Cambio climático, genera una serie de alianzas interinstitucionales que deciden apoyar a la formulación del Proyecto de Pre—Inversión "Manejo de las Zonas de Vida más Vulnerables al Cambio Climático en la Región Sur del Altiplano del Departamento de La Paz." (Cambio Climático Altiplano Sur). Este proyecto en su inversión asciende a un total de 141.176.684 de bolivianos, que incluye la participación y contraparte de los Municipios involucrados.

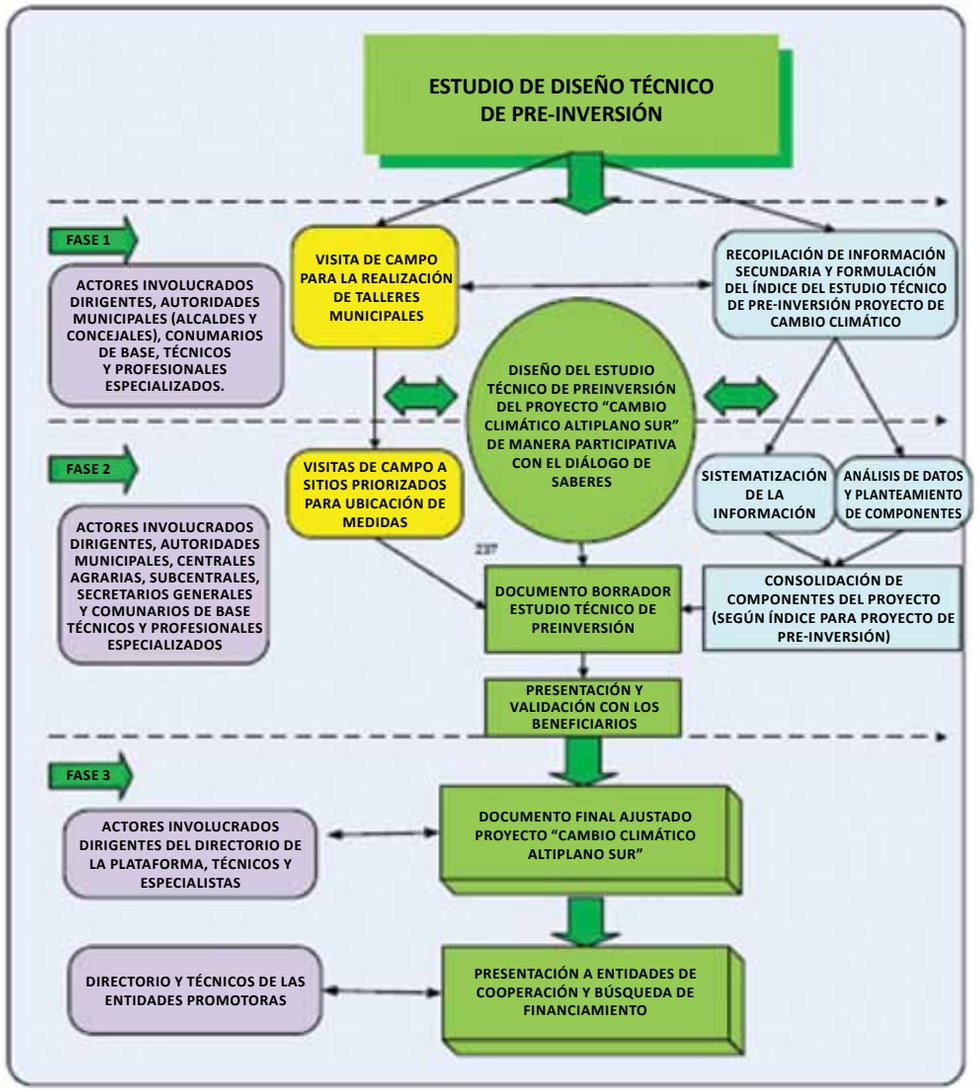


Figura III-8. Esquema de diseño de proyectos a nivel pre-inversión

Figura III-9. Componentes de la Plataforma Sur

4.4. Incentivos potenciales a corto plazo

Si bien existen varias opciones de recursos financieros que son una fuente significativa de incentivos para fortalecer las resiliencias y capacidades de respuesta, es necesario contar y hacer la adecuada valoración de otros recursos (humanos, técnicos, de planificación, de organización e institucionales), que juegan un rol decisivo en la gestión, en óptima utilización de los recursos financieros. Una primera fuente de financiamiento son los recursos propios a nivel municipal en sentido de optimizar su uso, hacerlos más eficientes en los temas sobre todo de prevención y riesgos con respecto a los impactos del Cambio Climático.

A corto plazo, es importante considerar proyectos ya aprobados por los Municipios que podrían ser considerados dentro del Plan de Resiliencia Climática, esta asignación presupuestaria, podría a futuro facilitar el acceso a otros recursos de programas nacionales.

Las siguientes tablas ejemplifica esta iniciativa. La Tabla III-2, muestra la sumatoria de proyectos en los POAs Municipales separados por el tipo de proyecto y clasificados dentro de los programas propuestos en el Plan de Adaptación para el cambio climático.

Tabla III-2. Programas de adaptación de la LMT y POAs municipales (Garafulic, 2015)

PROGRAMA DE ADAPTACIÓN LMT	PROGRAMAS POAs MUNICIPALES 2014
Resiliencia de sistemas de vida para la seguridad alimentaria.	10 Promoción y fomento a la producción agropecuaria 12 Construcción y mantenimiento de micro riegos. 29. Servicio de faenado de ganado. 35 Fomento al desarrollo económico local y promoción del empleo
Prevención y reducción del riesgo por impactos del Cambio Climático	13 Desarrollo y preservación del medio ambiente. 31 Prevención de riesgos y desastres naturales
Gestión integral del agua.	32 Recursos hídricos

En los Planes Operativos Anuales 2014 de los municipios de la Cuenca Mauri – Desaguadero se ha identificado 649 proyectos que podrían haber sido relacionados con el Plan de Adaptación al Cambio Climático, por un monto total de Bs. 120.246.889, distribuidos de la siguiente forma:

Tabla III-3. Planes Operativos Anuales 2014 relacionado al Plan de Adaptación al Cambio Climático

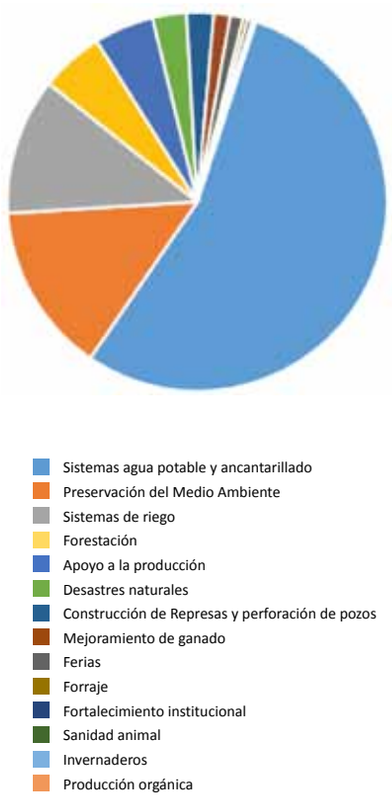
Departamento	Cantidad	Monto (Bs.)	Porcentaje
Municipios de La Paz	214	18.366.137	15,3%
Municipios de Oruro	435	101880752	84,7%
TOTAL	649	120.246.889	100,0%

Tabla III-4. Tipos de Proyecto relacionados a la Adaptación al Cambio Climático en el Municipio de La Paz

No	TIPO DE PROYECTO	Cantidad	Monto (Bs.)	Porcentaje
9	Sistemas agua potable	64	7.674.727	41,8%
10	Sistemas de riego	57	5.634.217	30,7%
1	Apoyo a la producción	26	1.246.869	6,8%
13	Desastres naturales	18	1.165.333	6,3%
6	Forraje	13	823.551	4,5%
5	Mejoramiento de ganado	10	565.869	3,1%
12	P. de Medio ambiente	11	424.000	2,3%
14	Const. Represas	2	307.701	1,7%
8	Fortalecimiento institucional	1	200.000	1,1%
3	Sanidad animal	5	155.000	0,8%
2	Ferias	3	85.575	0,5%
11	Forestación	2	47.500	0,3%
4	Invernaderos	1	25.795	0,1%
7	Mataderos	1	10.000	0,1%
	TOTAL	214	18.366.137	100,0%

Tabla III-5. Tipos de Proyecto relacionados a la Adaptación al Cambio Climático en el Municipio de Oruro

No	TIPO DE PROYECTO	Cantidad	Monto (Bs.)	Porcentaje
1	Sistemas agua potable y alcantarillado.	129	55.629.769	54,6%
2	Preservación del Medio ambiente	23	14.722.975	14,5%
3	Sistemas de riego	106	11.923.844	11,7%
4	Forestación	24	5.533.141	5,4%
5	Apoyo a la producción	64	5.227.341	5,1%
6	Desastres naturales	25	3.001.509	2,9%
7	Construcción de Represas y perforación de pozos.	23	2.297.310	2,3%
8	Mejoramiento de ganado	7	1.442.455	1,4%
9	Ferias	17	1.076.587	1,1%
10	Forraje	5	384.513	0,4%
11	Fortalecimiento institucional	3	358.793	0,4%
12	Sanidad animal	4	115.000	0,1%
13	Invernaderos	2	100.000	0,1%
14	Producción orgánica	3	67.515	0,1%
	TOTAL	435	101.880.752	100,0%



FONDOS EXISTENTES PARA EL FINANCIAMIENTO DE INICIATIVAS DE ADAPTACIÓN

El Fondo Plurinacional de la Madre Tierra, está establecido en la Ley Nro. 300 referida a la ley Marco de la Madre Tierra, a través del artículo 57 que dispone la constitución de este Fondo. Este Fondo tiene como función principal ¨canalizar, administrar y asignar de manera eficiente, transparente, oportuna y sostenible recursos financieros de apoyo a la realización de los planes, programas, proyectos, iniciativas, acciones y actividades de mitigación y adaptación al cambio climático de los Mecanismos de Mitigación y Adaptación de esta entidad¨ (Estado Plurinacional de Bolivia, 2014)

Para el acceso a estos recursos justamente, fueron previstos los Mecanismos de Adaptación, Mitigación y Conjunto, que la AMT está promoviendo en la actualidad. Los casos del Plan de Adaptación del Parque Sajama, adscrito al Mecanismo Conjunto y el Plan de Adaptación de la Cuenca Mauri-Desaguadero, adscrito al Mecanismo de Adaptación, se han orientado en esta dirección para poder acceder en el futuro a los recursos de este Fondo, cuando sea implementando.

El Fondo Verde del Clima, el cual tiene previsto movilizar grande cantidades de recursos para apoyar actividades de mitigación y adaptación ante el cambio climático y su pronta implementación es de vital importancia. Actualmente, este fondo está en plena organización y será sin duda una fuente importante de recursos en el futuro inmediato. La relación entre estos recursos internacionales y los fondos nacionales sin duda tendrán una vinculación que buscara la complementariedad. Tener recurso propios desde el nivel municipal hacia arriba, ayuda mucho a generar las contrapartes que son un requisito indispensable para acceder a recursos externos.

Responsabilidad Social. Bajo este título existen actualmente diferentes experiencias e incluso políticas estatales, tanto nacionales como internacionales, que buscan incentivar la participación privada en la inversión en programas sociales y también medio ambientales. A nivel Nacional, la actual Ley de Bancos prevé la participación del Sistema Financiero en proyectos y acciones de responsabilidad social. En esta ventana de oportunidades se podrían incluir, por ejemplo, el apoyo en la mitigación al cambio climático.

A nivel internacional existen varias instituciones privadas, fundaciones y Empresas que pueden apoyar este tipo de iniciativas siempre y cuando las condiciones institucionales del país ofrezcan seguridad.

Un ejemplo de iniciativas de responsabilidad social es el proyecto "Por los caminos del Tío" orientado a revalorizar los activos culturales del Departamento de Oruro, ejecutado a partir de una alianza interinstitucional entre el Gobierno Departamental de Oruro, la empresa minera Sinchi Wayra y la Empresa Nacional de Telecomunicaciones en Bolivia (ENTEL).

Tabla III-6. Presupuesto destinado a desastres en las campañas 2012-2013 y 2013-2014 (Tondelli, 2015)

	Campaña 2012-2013	Campaña 2013-2014
Nro. Hectáreas	91.226	175.814
Nro. Asegurados	57.410	106.053
Nro. Municipios	63	107
Nro. Comunidades	2.489	4.632
Nro. Hectáreas Peritadas	8.400	19.600
Nro. Asegurados siniestrados	7.141	
Monto pagado	7.601.460	

Seguro Agrícola y Micro seguros contra otros riesgos. El seguro agropecuario en el país, está poco desarrollado, sin embargo hay indicadores que muestran que este negocio empieza a tener una mínima participación desde 2010 en el mercado de seguros. Los antecedentes que explican esta buena posibilidad tienen que ver con que el Estado está promoviendo el seguro agrario a través de la Ley de la Revolución Productiva Nro. 144, también está la Ley de servicios financieros como parte del marco normativo, y la creación estatal del Banco de Desarrollo Privado (BDP). Existe el Instituto del Seguro Agrario (INSA) que promueve y administra un seguro para catástrofes, dirigido a la seguridad alimentaria, hay experiencias piloto promovidas por la Fundación PROFIN desde el 2009.

El seguro Agrario Universal Pachamama, (PIRWA) está dirigido a Municipios de extrema pobreza, que cubre riesgos de granizo, inundaciones, sequías, incendios y cubre los rubros de quinua, cebada, trigo, papa, maíz.

Como ejemplo, el Municipio del Choro que es parte de la Cuenca Mauri –Desaguadero, mostro resultados promedio en dos campañas realizadas; de un universo total de 4.979 hectáreas y 1.158 productores del Municipio, se registraron 433 productores y 830 hectáreas que fueron cubiertos por el seguro. Los cultivos asegurados en orden de importancia fueron quinua, haba y papa. (Rojas, 2014)

En cuanto a otros seguros existe el proyecto de Micro-seguros rurales (2012-2015) de la Fundación PROFIN, que implica un Fondo de Transferencias de Riesgos que se está ejecutando de forma piloto en los rubros del durazno, maíz y papa, en Cochabamba, Chuquisaca y el Chaco incorporando a unos 1.500 productores.

Una variante innovadora de esta experiencia piloto es el seguro de Agro-vida tiene cobertura sobre muerte, invalidez, renta por canasta familiar, beneficio educacional. Así mismo, promueven un Plan Tranquilidad, para las mujeres seguro de vida, invalidez y cáncer uterino y de mama. En síntesis, el seguimiento de esta información y que los municipios interesados busquen entrar a este tipo de proyectos e iniciativas que serán ampliados y absorbidos por el gobierno en el futuro, abre otra ventana de oportunidades de resiliencia.

4.5. Mecanismo institucional de referencia para la implementación del Plan

El planteamiento de buscar un mecanismo institucional que pueda cobijar el Plan de Resiliencia climática y coadyuvar a su implementación, monitoreo y seguimiento futuro, estuvo presente a lo largo de la preparación del mismo. Las figuras existentes de plataformas institucionales prevista en los mecanismos de la Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, los Directorios de Cuenca establecidos en el Programa del Manejo Integral de Cuencas, fueron los referentes, principales para la propuesta.

En este contexto, surgieron preguntas sobre el carácter interdepartamental y trasfronterizo de la Cuenca y la importancia del marco que plantea la concepción del Sistema TDPS que invita a mirar la integralidad y la necesidad de articular todos los componentes del Sistema.

Es precisamente en este marco del Sistema TDPS donde se ubica la Comisión Nacional para Asuntos de la Autoridad Binacional del Lago Titicaca (CN-ALT) impulsada por la Dirección General de Límites, Fronteras y Aguas Internacionales del Ministerio de Relaciones Exteriores, que puede constituir un mecanismo adecuado para dar el marco donde el Plan Estratégico de Resiliencia se pueda cobijar y desarrollar su trabajo como una subcomisión de carácter técnico y acompañamiento a la Comisión en los temas de Cambio Climático y los impactos sobre los recursos naturales, especialmente hídricos, en la Cuenca y en el Sistema TDPS.

Es importante recordar que el objetivo general de la ALT es promover y conducir las acciones, programas y proyectos; dictar y hacer cumplir las normas de ordenamiento, manejo, control y protección en la gestión del agua, del Sistema Hídrico Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa, que en adelante también podrá ser denominado sistema Hídrico TDPS, en el marco del Plan Director Global Binacional del Sistema Hídrico TDPS. (Plan Director ALT, 1993)

En esta perspectiva de diseñar un esquema de trabajo de una posible subcomisión dentro la Comisión Nacional para Asuntos del CN-ALT se proponen estos objetivos:

a) Promover la implementación de espacios interinstitucionales, que faciliten y promuevan de manera participativa y concertada de los diferentes actores públicos, privados y sociales de la Cuenca, identificar y tratar agendas de trabajo que permitan conjugar de forma efectiva: el acompañamiento y apoyo a la Comisión Nacional del ALT, el fortalecimiento del Sistema TDPS y el seguimiento del Plan Estratégico de Resiliencia de la Cuenca en el mecanismo de Adaptación bajo la Ley 300.
b) Aprovechar los marcos institucionales y normativos existentes, como las Plataformas Municipales impulsadas por la Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, un futuro Directorio de la Cuenca, para promover, formalizar y avanzar en la concertación de acuerdos regionales, sectoriales, municipales y locales, que permitan el avance del Plan de Resiliencia y su consolidación, como un referente e instrumento de orientación estratégica de la Cuenca dentro del Sistema TDPS.

Hay un consenso en las Instituciones públicas, privadas y sociales de la Cuenca (Reunión de la Comisión Nacional para asuntos de la ALT. Oruro 25 enero 2016) que ven indispensable actualizar y avanzar de forma efectiva en el trabajo de la ALT en el marco del Sistema TDPS. Este avance, más allá de la actualización del Plan Director de la ALT, requiere un trabajo estratégico y operativo para constituir el Sistema como tal, que significa comenzar reconociendo, por una parte, la profunda interdependencia de factores, sectores y actores que actúan en el Sistema. Por otra parte, las relaciones e interacciones que existen entre los distintos elementos físicos, sociales, económicos, políticos y culturales en ese Sistema.

En la actual situación predomina un enfoque muy fragmentado, segmentado y disperso, por eso es necesario trabajar en la generación de condiciones para que el Sistema se vaya conformando de manera integral y sistémica. Supone impulsar un proceso de mediano y largo plazo, con una estrategia y la determinación política para realizarlo. Actualmente existen señales políticas para avanzar en este sentido y el trabajo del Plan Estratégico de resiliencia de la Cuenca quiere contribuir en la construcción conjunta público-privada-social de una Institucionalidad dinámica que se adapte a los cambios tanto sociales como físicos como el clima.

Esta construcción requiere de insumos técnicos, institucionales, recursos convencionales y no convencionales, pero el aspecto fundamental, indispensable e insustituible, es la participación de los actores sociales. Es una ecuación establecida que la participación social es más sostenible y empoderada si está bien informada y convencida de los propósitos que le interesen. Este es el punto crítico donde, el Plan Estratégico de Resiliencia Climática busca contribuir a través del presente documento.

Tener un instrumento que ponga la información científica y técnica a servicio de la gente, que pueda informarse, ilustrarse, interesarse en tópicos de interés común como son el agua, los recursos naturales, la producción alimentaria y el comportamiento climático, entre otros, pero viendo y aprendiendo del conjunto y de las múltiples interrelaciones existentes de la Cuenca y del Sistema es esencial para la mejor gestión de los sistemas de vida. Si se quiere una visión integral de los actores se tiene que trabajar en la información y gestión de conocimientos que faciliten de la manera más visual, accesible y concreta esa concepción. El trabajo para avanzar en cualquier campo del desarrollo integral en armonía con la Madre Tierra, comienza desde abajo, desde la gente, las comunidades, hacia arriba y si esto se estructura con una visión del Sistema, estamos seguros de contribuir a generar las condiciones básicas para desarrollar progresivamente dicho Sistema. El Presente documento, pretende llegar de manera amigable a los hombres, mujeres, jóvenes y niños de las comunidades, los técnicos municipales y los tomadores de decisión tanto a nivel departamental como Nacional al conjunto de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agua Sustentable, 2013. Plan de Adaptación al Cambio climático del Parque Nacional Sajama. La Paz, Bolivia.

ALT, 2015. Estudio de macrozonificación ecologica económica del sistema TDPS, ALT.

ALT, 1993. Plan director global binacional de protección - Prevención de inundaciones y aprovechamiento de los recursos del lago Titicaca, río Desaguadero, lago Poopó y lago salar de Coipasa (sistema TDPS).

Anderson, E.P., Marengo, J.A., Villalba, R., Halloy, S.R., Young, B.E., Cordero, D., Gast, F., Jaimes, G., Ruiz, D., 2011. Consecuencias del cambio climático para ecosistemas y servicios ecosistémicos in los Andes Tropicales.

Beck, S., Domic, A., Garcia, C., Meneses, R., Yager, K., Halloy, S., 2010. El Parque Nacional Sajama y sus plantas, Departamento de Oruro, Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia. La Paz, Bolivia.

Carrasco, L., Molina, J., 2014. Estudio sobre la determinación de la oferta de agua para escenarios de Cambio Climático en el Sistema TDPS. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia.

Castel, A.P., 2015. Reporte de Análisis de los cambios estacionales y anuales en la vegetación de los bofedales de la cuenca del río Mauri a partir del Índice de Diferencia Normalizada (NDVI). Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio cli. La Paz, Bolivia.

Castel, A.P., 2013. Reporte de Diagnostico de estaciones hidrometeorológicas en la cuenca de los rios Mauri, Desaguadero y Poopó. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Chavez, A., 2014. Estudio de la Adaptación al Cambio Climático desde la Planificación e Inversión Municipal. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

CIIFEN, 2016. Fenómeno de El Niño El Niño 2015-2016 Evolución y perspectivas.

Cornejo, C., Molina, J., 2014. Estudio de Análisis de tendencias climáticas en el Sistema TDPS. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

COSUDE-DEZA, 2003. Desarrollo de capacidades - Desarrollo humano e institucional. Sparte DEZA.

Domic, A., 2014. Estudio de estrategias de adaptación al cambio climático de bofedales altoandinos. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Fernandez, O., 2013. Estudio del cambio climático y estructura socio productiva. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Frere, J.M., Rijs, J., Rea, J., 1975. Estudio agroclimatológico de la zona andina.

Garafulic, E., 2015. Reporte del componente institucional del plan estratégico de adaptación al cambio climático. Cuenca Mauri - Desaguadero. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Garcia, M., 2013. Informe del componente agroclimático zona del parque Sajama. Agua Sustentable dentro del Proyecto "Adaptación al cambio climático en comunidades andinas bolivianas que dependen de glaciares tropicales. La Paz, Bolivia.

Gutierrez, B., Molina, J., 2015a. Estudio del modelo de gestión de la cuenca Mauri-Desaguadero y escenarios de cambio Climático. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Gutierrez, B., Molina, J., 2015b. Actualización del estudio del modelo de gestión de la cuenca Mauri-Desaguadero y escenarios de Cambio Climático. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Gutierrez, B., Molina, J., 2014. Estudio del balance hídrico de la cuenca del lago Titicaca y aplicación de escenarios de cambio climático. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Hernandez, D., Molina, J., 2014. Estudio de selección y Análisis de Modelos Climáticos Globales futuros para escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

IPCC, 2012. Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático.

IPCC, 2000. Informe Especial del IPCC sobre el Uso de la Tierra, Cambios en el Uso de la Tierra y Silvicultura, Cambridge. ed.

Jimenez, C., 2014. Estudio hidrogeológico de los bofedales de la sub cuenca de los ríos Caño y Putani (cuenca Río Mauri). Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Lorini, H., 2013. Influencia del derretimiento glaciar y la composición florística sobre los patrones de escurrimiento subsuperficial en bofedales y pajonales de dos microcuencas. La Paz, Bolivia.

Lorini, H., 2012. Cambio climático y relaciones hídricas en bofedales y pajonales de un valle glacial del Parque Nacional Sajama. Informe Final de Consultoría para Agua Sustentable, dentro del proyecto "Adaptación al cambio climático en comunidades andinas bolivianas que d. La Paz, Bolivia.

Lorini, H., Bilbao, J., Ferreira, W., Crespo, M., 2014. Estudio de estrategia de adaptación al cambio climático para humedales Altoandinos. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia.

Melo, R., 2014. Plan de restauración y manejo de los bofedales de Charaña. Trabajo dirigido. Universidad Católica Boliviana San Pablo.

Mergel, D., Torrez, E., 2015. Reporte de Practicas de adaptación al cambio climático in el Altiplano - Problemáticas, soluciones, casos y aprendizajes. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Ministerio de Autonomías (MA), 2013. Agenda Patriótica 2025 ¿Quién hace qué? Serie Autonomías para la Gente. Nro 6.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), 2013. Estrategia de Gestión Social de Ecosistemas Andino.

Molina, J., Gutierrez, B., 2011. Estudio sobre el uso y asignación del agua en al cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Molina, J., Satge, F., Pillco, R., 2014. Estudio sobre los recursos hidrícos del Sistema TDPS. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC), en: Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos e hidrobiológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca. UICN y IRD, Quito - Ecuador, p. 312.

Navarro, G., 2011. Clasificación de la vegetación de Bolivia. Fundación Simón I. Patiño, Cochabamba, Bolivia.

Palabral, A., 2013. Relación de la composición florística y su biomasa subterránea con las variables hidrológicas en bofedales de Sajama. La Paz, Bolivia.

PNUMA, 2011. Perspectivas del Medio Ambiente en el Sistema Hídrico. Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa (TDPS) 187.

RAMSAR, 2014. Homepage | Ramsar [WWW Document]. URL http://www.ramsar.org/ (accedido 10.13.15).

Rojas, J.C., 2014. Estudio sobre el Seguro Agrario en El Choro. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Salazar, C., Rojas, L., Lillo, A., Aguirre, E., 2000. Análisis de requerimientos hídricos de vegas y bofedales en el Norte de Chile. Santiago de Chile, Chile.

Salazar, D., 2011. Estudio de la Demanda de Agua en la Cuenca del Desaguadero. Proyecto: «Gestión Concertada de Cuencas Transfronterizas, promoviendo la paz y la colaboración». La Paz, Bolivia.

SENAMHI, 2015. Fenómeno de El Niño [WWW Document]. URL http://www.senamhi.gob.bo/ (accedido 11.16.15).

Soria, F., 2013. Estudio de la oferta de agua en una región del Parque Nacional Sajama, Bolivia. La Paz, Bolivia.

Soto, A., 2014. Estudio sobre la estrategia de desarrollo en adaptación al Cambio Climático con enfoque de género. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Sprecher, S., 2000. Installing and monitoring wells/piezometers in wetlands.

Squeo, F., Warner, B., Aravena, R., Espinoza, D., 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes 245-255.

Tapia, C., 2015. Reporte de monitoreo publico-social del agua en cuenca Cañadón Antequera (Mauri-Desaguadero) - capacitación monitoreo sector publico y social. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Tondelli, C., 2015. Estudio del seguro agrícola en Bolivia - Perspectivas y recomendaciones para la cuenca Desaguadero-Mauri. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Torrez, E., 2015. Reporte de fichas de identificación obras piloto (iniciativas exitosas). Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Torrez, E., 2013. Reporte de fichas de Análisis Participativo de las Obras Piloto. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Uria, A., Molina, J., 2013. Reporte de analisis y tratamiento de datos hidrológicos de las cuencas Mauri-Desaguadero y Lago Titicaca - Actualización Base de Datos 2015. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Vacher, J.J., 1998. Responses of two main Andean crops, quinoa (Chenopodium quinoa Willd) and papa amarga (Solanum juzepczukii Buk.) to drought on the Bolivian Altiplano: Significance of local adaptation. Agriculture, Ecosystems & Environment 68, 99-108.

Vargas, T., 2015. Reporte de Análisis de fluctuación del nivel de agua del Lago Poopó. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Veizaga, A., 2014a. Estudio de la Radiación Solar. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Veizaga, A., 2014b. Estudio de la estimacion de la demanda de agua para riego de bofedales en la cuenca del río Mauri y Sistemas de riego del río Desaguadero. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Veizaga, A., 2014c. Estudio de la estimación de la demanda futura de agua para riego de bofedales en la cuenca del río Mauri y Sistemas de riego del rio Desaguadero. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Veizaga, A., 2015. Estudio de la estimación de la demanda futura de agua con optimización del riego. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Veizaga, A., 2014d. Estudio de conocimientos tradicionales y estrategias de respuesta frente al cambio climático en la cuenca del río Mauri-Desaguadero. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Veizaga, A., 2014e. Reporte de la implementación de planes comunales de gestión de riesgo agropecuario. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Villarroel, E., Perez, J., 2015a. Estudio de la actualización del mapeo de derechos en la Cuenca Mauri-Desaguadero. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Villarroel, E., Perez, J., 2015b. Estudio de la gestión del territorio y derechos de acceso a la tierra - Cuenca Desaguadero. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Villazon, M., 2014. Reporte sobre la dinámica de inundaciones Río Desaguadero Tramo La Joya - Poopó. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Yuque, W., 2012. Estudio de caracterización climática del Sistema TDPS (Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa) 1960-2012. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Yuque, W., Molina, J., 2015. Reporte de actualización y complementación de la base de datos climáticos del Altiplano: 1961-2014. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Yuque, W., Molina, J., 2013. Reporte de tratamiento y análisis de datos climáticos del Sistema TDPS. Proyecto Fortalecimiento de planes locales de inversión y adaptación al cambio climático en el Altiplano boliviano (Agua Sustentable-IDRC). La Paz, Bolivia. Anexo Digital

Agenda Patriótica del Bicentenario 2025
Ley Nº 071, Ley de Derechos de la Madre Tierra (21 de diciembre de 2010).
Ley Nº 031, Ley marco de autonomías y descentralización (19 de julio de 2010).
Ley No. 300, Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien (15 de octubre de 2012)
Nueva Constitución Política del Estado - NCPE
Pacto por La Paz (Gobierno Autónomo Departamental de La Paz)
Plan de Desarrollo Departamental de La Paz
Plan Departamental de Cuencas - La Paz (Versión no oficial, julio 2014)
Plan de Desarrollo Departamental de Oruro
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de El Choro (1999-2003)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Antequera (2010-2014)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Ayo Ayo (1998-2002)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Calacoto (2008-2012)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Caquiaviri (1998-2002)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Caracollo (2002-2006)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Catacora (2007-2010)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Chacarrilla (2001-2005)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Charaña (2003-2007)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Coro Coro (2005-2009)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Curahuara De Carangas (2007-2011)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Jesús de Machaca (2006-2010)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Machacamarca (2007-2011)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Pampa Aullagas (2006-2010)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Papel Pampa (2008-2011)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Patacamaya (2006-2010)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Pazña (2001-2005)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de San Andrés De Machaca (2007-2011)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de San Pedro de Curahuara (1999-2003)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de San Pedro de Totora (2007-2011)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Santiago de Andamarca (2000-2004)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Santiago de Callapa (2006-2010)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Santiago de Huari (2005-2009)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Santiago de Machaca (2001-2005)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Sica Sica (2006-2010)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Toledo (2001-2005)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Umala (2007-2011)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Villa Huanuni (2009-2013)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Villa Poopó (2007-2001)
Plan de Desarrollo Municipal. Gobierno Autónomo Municipal de Waldo Ballivián (1998-2002)

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN Y REDACCIÓN

Carlos Carafa Rada - Licenciado en Sociología - Dirección y Coordinación General
Paula Pacheco Mollinedo - Msc. Ingeniería de Recursos Hídricos - Dirección y Coordinación Técnica.

INVESTIGADORES principales

Gavi Alavi Murillo - Ingeniería Agronómica Msc. Ingeniería de Recursos Hídricos
Ana Lía Gonzales Ingeniería Ambiental
Ana Paola Castel – Ingeniería Geográfica
Alessandra Ortiz Zarate – Ingeniería Geográfica
Adriana Soto - Ingeniería Ecológica
Victor Mamani - Investigación en campo

INVESTIGADORES Asociados

Jorge Molina Carpio - Análisis Climatológico Hidrológico - Ingeniería Civil
Elena Villarroel - mapeo de derechos - Ingeniería Agronómica
Gonzalo Muñoz - Carpetas a diseño final - Ingeniería Agronómica
Jhonny Pérez - Derechos de agua - Licenciado en Derecho
Zoraida Cecilia Tapia - Estudio de género - Ingeniería Ambiental
Alejandra Domic - Humedales Alto andinos - Biología
Edwin Torres - Proyectos piloto y diseño de carpetas de prefactibilidad - Ingeniería agronómica
Alfredo Veizaga Medina - Demanda de agua - Ingeniería Agronómica
Omar Fernández - Estructura Socio-productiva - Licenciado en Economía
Beatriz Gutiérrez Caloir - Hidrología y Modelos de Gestión de agua - Ingeniería Civil
Álvaro Uría Arraya - Análisis Hidrológico - Ingeniería Civil
Wilson Yuque Lima - Análisis Climático - Ingeniería Civil
Edmundo Garafulic - Estudio de inversiones municipales - Especialista Desarrollo Productivo
Ariel Chávez - Análisis Económico - Licenciado en Economía
Mike Harrison - Modelos climáticos futuros - PHD Climatólogo
Gil Lizcano - Modelos climáticos futuros - PHD Geógrafo Físico

TESIS Y PASANTÍAS

Daniel Hernández - Ingeniería Civil - UMSA-Escenarios futuros
Coraly Cornejo - Ingeniería Civil - UMSA-Análisis Climático
Carlos Jiménez - Geología - UMSA-Hidrogeología
Kenneth Flores Casablanca - Ingeniería Ambiental - EMI-Procesamiento de Información Geográfica
Monica Iracema Venegas - Ingeniería Geográfica - EMI - Procesamiento de Información geográfica
Daniela Vera - Ingeniería Ambiental - EMI - Procesamiento de Información geográfica
Juan Pablo Vía Montaño - Ingeniería Ambiental - UCB - Procesamiento de Información geográfica
Fanny Zeballos - Ingeniería Ambiental - EMI - Procesamiento de Información geográfica
Roxana Quispe - Ingeniería Ambiental - EMI - Procesamiento de Información geográfica
Ayrton Ortiz Quispe - Ingeniería Ambiental - EMI - Procesamiento de Información geográfica

Equipo de Redacción

Carlos Carafa Rada
Paula Pacheco Mollinedo
Gavi Alavi Murillo
Alessandra Ortiz Zarate

INSTITUCIONES COLABORADORAS

AUTORIDAD PLURINACIONAL DE LA MADRE TIERRA

PNC

MMAyA
Ministerio de Medio Ambiente y Agua

SENARI

Programa EMPODERAR PICAR
Proyecto de Inversión Comunitaria en Áreas Rurales

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - BOLIVIA -

Herbario Nacional de Bolivia

U.M.S.A.

ihh

ALT

TECNICA

Programa Nacional BIOCULTURA

CONAMAQ
Consejo Nacional de Ayllus y Markas del Qullasuyu

DIRECTORIO DE CUENCA DE USUARIOS DE LAS AGUAS DEL DESAGUADERO - MAURI "DICUADERA"

FNMCBBS
Federación Nacional de Mujeres Campesinas de Bolivia «Bartolina Sisa»

Asociación Nacional de Regantes y Sistemas Comunitarios de Agua Potable de Bolivia
ANARESCAPYS

CSUTCB
Confederación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Bolivia

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

IRD
Institut de recherche pour le développement

EMI
ESCUELA MILITAR DE INGENIERÍA
Prestigio, Disciplina y Mejores Oportunidades

UNIVERSIDAD DE LA CORDILLERA
Bolivia

Universität Strathclyde Glasgow

UNIVERSITY OF DUNDEE

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE

diakonia
GENTE QUE CAMBIA EL MUNDO

universitätbonn

Sidel

FAM - BOLIVIA
FEDERACIÓN DE ASOCIACIONES MUNICIPALES DE BOLIVIA

IUCN

FAO
FIAT PANIS

Agua Sustentable

IDRC CRDI
INTERNATIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTRE