



Estado Plurinacional de Bolivia



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE Y AGUA

¡La vida nos inspira!



Balance Hídrico Superficial de Bolivia

Documento de difusión

¡La vida nos inspira!

Balance Hídrico Superficial de Bolivia

Documento de difusión

Depósito legal:

ISBN:

Autor:

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)

Edición, fotografías, diseño y diagramación:

Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR)

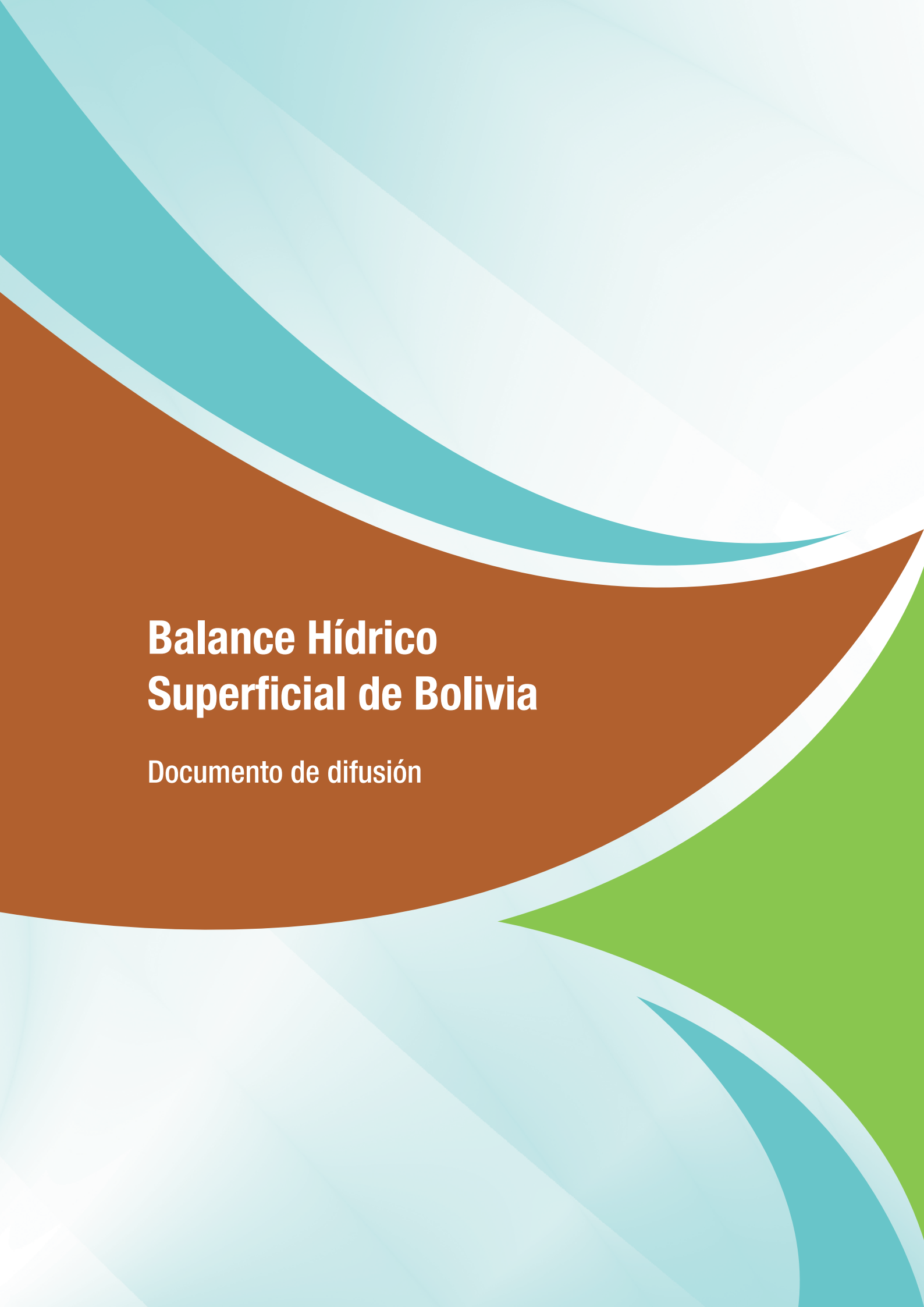
Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO).

La elaboración de este documento fue realizada por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) y contó con el apoyo de la Cooperación Sueca y Alemana, a través del Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), implementado en Bolivia por la GIZ.

El documento Balance Hídrico Superficial de Bolivia ha sido elaborado con sensibilidad intercultural y de género en el uso del lenguaje.

Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.

La Paz - Bolivia, Julio, 2016



Balance Hídrico Superficial de Bolivia

Documento de difusión

Índice

1. Introducción	11
2. Antecedentes y objetivos	15
3. Caracterización general del balance hídrico	21
3.1. Ámbito geográfico	23
3.2. Marco general	23
3.3. Medio físico de Bolivia	27
3.3.1. Geología	27
3.3.2. Clima y regiones climáticas	27
3.4. Medio biológico	29
3.4.1. Ecoregiones	29
3.4.2. Vegetación	30
3.4.3. Fauna	30
3.5. Espacios naturales	31
3.6. Hidrografía	31
3.6.1. Cuencas hidrográficas	33
3.6.2. Parámetros morfométricos de las cuencas	37
4. Precipitaciones	41
4.1. Metodología adoptada	43
4.2. Fuentes de datos pluviométricos	45
4.2.1. Estaciones meteorológicas del SENAMHI	45
4.2.2. Imágenes de Teledetección - TRMM	49
4.3. Tratamiento de datos en estaciones pluviométricas	50
4.3.1. Depuración de datos	50
4.3.2. Completado de series	53
4.3.3. Generación de precipitaciones en unidades hidrográficas	53
4.4. Obtención y tratamiento de datos pluviométricos de teledetección	55
4.4.1. Importación y procesamiento de datos mensuales TRMM	55
4.4.2. Obtención del modelo digital de precipitaciones mensuales TRMM	55
4.4.3. Obtención de las Precipitaciones TRMM por Unidades Hidrográficas	56
4.4.4. Derivación del Modelo de Precipitaciones Mensuales ajustado	57
4.5. Calibración y ajuste de precipitaciones	60
4.6. Series de precipitación TRMM ajustadas por UH	62
5. Evapotranspiración	65
5.1. Marco conceptual	67
5.2. Evapotranspiración de referencia	68
5.3. Metodología adoptada	68

5.4. Fuentes de datos meteorológicos	71
5.4.1. Base de datos del National Climatic Data Center - (NCDC)	71
5.4.2. Base de datos SISMET del SENAMHI	71
5.5. Crítica de datos meteorológicos.....	71
5.6. Procedimiento de cálculo para la obtención de la ET_0	72
5.7. Selección y homogeneización de los datos diarios	73
5.8. Obtención del modelo digital e isolíneas climáticas.....	76
5.8.1. Localización y corrección de incongruencias.....	80
5.9. Evapotranspiración de referencia por unidad hidrológica	80
6. Escorrentía	83
6.1. Metodología para la estimación de la escorrentía. Modelo Témez	85
6.2. Características hidrológicas de las unidades hidrográficas	86
6.3. Esquemas de cuencas.....	89
6.4. Análisis de la red hidrométrica	93
6.5. Análisis de las unidades hidrográficas	93
6.5.1. Cuenca del Altiplano	93
6.5.2. Cuenca del Plata	95
6.5.3. Cuenca del Amazonas.....	95
6.6. Calibración	95
6.6.1. Resumen de resultados del proceso de calibración.....	97
6.7. Simulación	94
7. Balance Hídrico Superficial	101
7.1. Balance hídrico superficial en cuencas priorizadas	107
7.2. Balance hídrico superficial en cuencas transfronterizas.....	111
8. Conclusiones y recomendaciones	115
Referencias bibliográficas	123
ANEXOS	125
ANEXOS 1. Parámetros Morfométricos de las Unidades Hidrográficas.....	127
ANEXO 2. Parámetros Hidrológicos por Unidades Hidrográficas.....	135
ANEXO 3. Parámetros de Simulación Hidrológica Unidades Hidrográficas.....	139
ANEXO 4. Balances Hídricos Superficiales por Cuenca	145
ANEXO 4.1. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Altiplano.....	147
ANEXO 4.2. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Amazonas.....	157
ANEXO 4.3. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Plata.....	169

Índice de cuadros

Cuadro 1. Regiones Hidrográficas de Nivel 1 presentes en Bolivia.....	33
Cuadro 2. Número de Unidades Hidrográficas de niveles inferiores, dentro del territorio boliviano	35
Cuadro 3. Resumen de estaciones pluviométricas seleccionadas	47
Cuadro 4. Resultados de la calibración hidrológica para la UH_017	96
Cuadro 5. Parámetros obtenidos en la calibración de los modelos hidrológicos	98
Cuadro 6. Unidades Hidrográficas integrantes de las cuencas priorizadas.....	107
Cuadro 7. Balance Hídrico Superficial de las Cuencas Priorizadas	109
Cuadro 8. Balance Hídrico Superficial de las Cuencas Transfronterizas	113

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de cobertura de la tierra y deforestación en tierras bajas de Bolivia entre 1976 y 2004.	25
Figura 2. Mapa de Cobertura Vegetal y Usos del Suelo	26
Figura 3. Mapa Geológico de Bolivia	28
Figura 4. Mapa Hidrográfico de Bolivia	32
Figura 5. Regiones Hidrográficas de Nivel 1 presentes en Bolivia.....	34
Figura 6. Unidades Hidrográficas 3 y 4 según metodología Pfafstetter	36
Figura 7. Imagen ráster MDT cortada con el buffer de Bolivia.....	39
Figura 8. Proceso metodológico (Flujograma) para el tratamiento de precipitaciones.....	44
Figura 9. Red de estaciones hidrometeorológicas de Bolivia	46
Figura 10. Ubicación de las estaciones pluviométricas seleccionadas.....	48
Figura 11. Mapa climático de Bolivia según Köppen con estaciones pluviométricas seleccionadas	52
Figura 12. Mapa de Polígonos de Thiessen.....	54
Figura 13. Model Builder para la conversión de las imágenes raster a puntos	56
Figura 14. Model Builder para la obtención de los valores estadísticos por Unidad Hidrográfica.....	57
Figura 15. Isoyetas medias mensuales como insumo para el modelo hidrológico	58
Figura 16. Comparación series pluviométricas mensuales Estación Cochabamba Aerop SENAMHI vs pixel TRMM	60
Figura 17. Correlación entre valores TRMM y SENAMHI de las precipitaciones mensuales en la estación Cochabamba Aeropuerto.....	61
Figura 18. Comparación medias de las precipitaciones mensuales. Series TRMM, SENAMHI y TRMM ajustada	61
Figura 19. Coeficiente de correlación entre series pluviométricas TRMM y SENAMHI en U.H.....	62

Figura 20. Mapa de precipitaciones medias anuales por Unidad Hidrográfica. Valores del período 1998/99-2010/11	63
Figura 21. Flujograma para la obtención de la Evapotranspiración por Unidad Hidrográfica.....	70
Figura 22. Estaciones existentes y seleccionadas de SISMET - SENAMHI y NCDC.....	74
Figura 23. Flujograma para la obtención de los modelos digitales de cada parámetro y sus Isolíneas	76
Figura 24. Modelos Digitales e Isolíneas de Temperaturas Medias Anuales (período 1970 - 2012).....	77
Figura 25. Modelo digital e isolíneas de Evapotranspiración de Referencia (ETo) media mensual (1970 - 2012)	78
Figura 26. Model Builder para la obtención de la Evapotranspiración de Referencia por Unidad Hidrográfica	81
Figura 27. Esquema del modelo de Témez.....	85
Figura 28. Mapa de Números de Curva CN de Bolivia	87
Figura 29. Esquema de Unidades Hidrográficas en la Cuenca Cerrada del Altiplano (Nivel 3).....	90
Figura 30. Esquema de Unidades Hidrográficas en la Cuenca del río Amazonas (nivel 4)	91
Figura 31. Esquema de Unidades Hidrográficas en la Cuenca del río de la Plata (nivel 3)	92
Figura 32. Representación hidrográfica de la Cuenca Endorreica del Altiplano	94
Figura 33. Caudales simulados vs Caudales registrados Estación Hidrométrica de Escoma - Río Suhez	97
Figura 34. Mapa de Balance Hídrico promedio anual por UH. Período 1998/99-2010/11	104
Figura 35. Mapa de Caudal Específico promedio anual por UH. Período 1998/99-2010/11	105
Figura 36. Mapa de Coeficientes de Escorrentía promedio anual. Período 1998/99-2010/11	106
Figura 37. Mapa de Balance Hídrico Superficial promedio anual en unidades hidrográficas priorizadas.....	108
Figura 38. Mapa de Balance Hídrico Superficial en Unidades Hidrológicas Transfronterizas	112
Figura 39. Valores medios mensuales de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía en la cuenca cerrada del Altiplano (período 1998/99-2010/11)	119
Figura 40. Valores medios mensuales de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía en la cuenca del Amazonas (período 1998/99 - 2010/11)	119
Figura 41. Valores medios mensuales de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía en la cuenca del Plata (período 1998/99 - 2010/11).....	120

Siglas, Abreviaturas y Glosario

ANA	Agencia Nacional de Águas de Brasil
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BDHIDRO	Base de datos hidrológicos del SENAMHI
BDMETEO	Base de datos meteorológicos del SENAMHI
BDPLUVIO	Base de datos pluviométricos del SENAMHI
CAM	Community Atmosphere Model
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
CERES	Sensor de Energía Radiante desde Tierra y Nubes
CHAC	Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas
CN	Número de Curva
DEM - MDT	Modelo Digital de Elevaciones
ET	Evapotranspiración
ET_o	Evapotranspiración del Cultivo de Referencia
ET_c	Evapotranspiración del Cultivo bajo Condiciones Estándar
ET_{c aj}	Evapotranspiración del Cultivo bajo Condiciones no Estándar
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
GSOD	Global Surface Summary of the Day (resúmenes globales diarios terrestres)
JAXA	Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón
LEMA	Ficheros ASCII con extensión .txt con formato asignado al CHAC
LIS	Sensor Generador de Imágenes Relámpagos
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio.
NCDC	National Climatic Data Center
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PR	Radar de Precipitación
SCS	Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SISMET	Base de datos oficial de SENAMHI

SUNIT	Sistema Único Nacional de Información Territorial
TIFF	Tagged Image File Format
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
UH	Unidad Hidrográfica
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
VIRS	Escáner de Visibles e Infrarrojos
WGS	Sistema Geodésico Mundial

Prólogo

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua promueve el desarrollo en equilibrio y en armonía con la Madre Tierra, mediante la Gestión Integrada de Recursos Hídricos destinada a lograr un mayor acceso al agua potable, al saneamiento básico y al riego para la seguridad alimentaria. De igual manera, el MMAyA trabaja en el manejo integral del medio ambiente y los ecosistemas, con un enfoque de conservación y aprovechamiento racional de las cuencas, generando condiciones de equidad, transparencia y reciprocidad, con la participación de todos los actores para Vivir Bien.

En este marco, una de las actividades fundamentales para la evaluación y planificación del recurso hídrico superficial es la actualización periódica del Balance Hidrológico de Bolivia, a fin de conocer y gestionar de manera integral y sustentable los recursos hídricos desde todos los niveles de Gobierno, garantizando así condiciones de la población para el Vivir Bien, promoviendo y respetando los derechos de la Madre Tierra.

Por esta razón, es grato poder presentar este nuevo aporte que con seguridad será de gran utilidad para continuar trabajando hacia las metas establecidas en el Plan de Desarrollo Estratégico del Sector Medio Ambiente y Agua del Estado Plurinacional de Bolivia.



María Alexandra Moreira López
Ministra de Medio Ambiente y Agua

Presentación

Uno de los factores determinantes para el desarrollo de un país es la capacidad de conocimiento de sus recursos naturales.

Bolivia, por su ubicación y topografía, cuenta con recursos hídricos de muy difícil acceso, que deben ser aprovechados de manera estratégica. Para ello es necesario conocer de la manera más completa posible la ubicación, cantidades y periodicidad de nuestras fuentes de aguas superficiales.

Con este objetivo, en el marco del Plan Nacional de Cuencas, el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego realizó el año 2012 el estudio del Balance Hídrico Superficial de Bolivia, con el apoyo de la Delegación de la Unión Europea.



El presente documento de difusión, elaborado con apoyo de la Agencia de Cooperación Alemana en Bolivia GIZ, despliega la metodología empleada y las cantidades resultantes de los principales parámetros de un balance hidrológico realizado a partir de información generada durante el período 1998 al 2011. La particularidad de este estudio radica en el uso de información oficial de delimitación de cuencas hidrográficas, que conlleva a una mayor precisión de la información sobre la disponibilidad del recurso superficial sobre las principales redes hídricas del territorio nacional.

Este avance constituye un importante primer paso en la mejora continua hacia el conocimiento completo y detallado de los recursos disponibles en las principales fuentes de agua en el Estado Plurinacional de Bolivia.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'O' followed by several horizontal strokes.

Ing. Carlos René Ortuño Yáñez
Viceministro de Recursos Hídricos y Riego
Ministerio de Medio Ambiente y Agua





1. Introducción

1. Introducción

El año 2012, la Consultora española Informes y Proyectos, S.A. (INYPESA) realizó el Estudio “Balance Hídrico Superficial de Bolivia,” a solicitud del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), dependiente del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) de BOLIVIA, y con financiamiento de la Unión Europea,

La metodología seguida fue la tradicional en este tipo de estudios, consistente en estimar y calcular cada uno de los términos que intervienen en la ecuación del balance hídrico, introduciendo aspectos para la estimación de la precipitación y evapotranspiración, a partir de datos globales obtenidos mediante imágenes de satélite y calibrados con datos físicos, registrados en las estaciones climatológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de Bolivia.

El estudio se ha realizado con cobertura total y homogénea en todo el país, con datos que corresponden al período septiembre 1998 - agosto 2011. Las Unidades Hidrográficas (UH) analizadas, corresponden al nivel 3 en las cuencas del Altiplano y del Río de la Plata, y son de nivel 4 en la cuenca del Amazonas, según la clasificación de Pfafstetter.

El Estudio de Balance Hídrico Superficial de Bolivia, se estructura en seis Capítulos.

Un primer Capítulo, *Antecedentes*, donde se enumeran los estudios de balances hídricos elaborados en Bolivia hasta la fecha, tanto a nivel nacional como regional.

Un segundo Capítulo, *Caracterización general del Balance Hídrico*, en el cual se establece el marco general del estudio, con una descripción de las características socioeconómicas más relevantes de Bolivia, el medio físico y biológico, espacios naturales e hidrografía. Se incluye la obtención de los parámetros morfométricos de las unidades hidrográficas objeto de estudio.

El tercer Capítulo, *Precipitaciones*, refleja el trabajo desarrollado para estimar la distribución pluviométrica de Bolivia, tanto en su dimensión espacial como temporal. Se resume la metodología adoptada para la obtención de las precipitaciones a partir de los datos proporcionados por el SENAMHI e información satelital obtenida por la “Misión de Medición de Lluvias Tropicales” TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission* por sus siglas en inglés), de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América.

El Capítulo 4, *Evapotranspiración*, fue preparado a partir de los registros meteorológicos diarios aportados por el Centro Nacional de Datos Climáticos NCDC (*National Climatic Data Center*) del gobierno de Estados Unidos y del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, los cuales permiten obtener los valores de Evapotranspiración de referencia media mensual para toda Bolivia, a través de la formulación FAO Penman-Monteith.



En el Capítulo 5 se presenta el estudio de *Escorrentía*, en el cual se describe la formulación adoptada para el cálculo de aportaciones y los parámetros hidrológicos requeridos. Se seleccionaron 14 estaciones hidrométricas del SENAMHI, utilizadas para el proceso de calibración hidrológica y validación; con estos valores calibrados, se obtuvieron por similitud hidrológica los resultados de escorrentía para cada una de las unidades hidrográficas de Bolivia.

En el Capítulo 6, *Balance Hídrico Superficial*, se presentan los resultados de todo el proceso de simulación hídrica para cada Unidad Hidrográfica: escorrentía, aportaciones y evapotranspiración real, junto con las entradas al modelo de balance hídrico. Se presentan además cuadros con el Balance Hídrico de las cuencas consideradas como transfronterizas y priorizadas.

El estudio incluye un capítulo final de *Conclusiones y Recomendaciones*, donde se presentan algunas reflexiones, resultado del proceso de desarrollo y análisis de los diferentes componentes del Balance Hídrico Superficial de Bolivia.





2. Antecedentes y objetivos

2. Antecedentes y objetivos

En mayo de 2012 el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego de Bolivia (VRHR) adjudicó a la Consultora española INYPSA la realización del estudio del **Balance Hídrico Superficial de Bolivia** como parte del Contrato de Asistencia Internacional de la Delegación de la Unión Europea en Bolivia al Programa de Apoyo Sectorial al Plan Nacional de Cuencas (ASPNC). El VRHR, como cabeza de sector, es el principal gestor del estudio ya que éste coadyuva al desarrollo del conocimiento y de las capacidades de gestión y negociación del recurso hídrico, mediante la generación de instrumentos para la protección, preservación y uso de este recurso.

Un balance hídrico consiste en la determinación de los diferentes componentes de entradas y salidas de agua de una cuenca y sus interrelaciones, en un período determinado. El sistema recibe entradas de agua de las precipitaciones, de sistemas contiguos a través de acuíferos y de la red fluvial, y genera salidas de dicha red -en forma de *caudal superficial*- a través de los cauces, y *caudal subterráneo* a través de acuíferos. El balance se completa con salidas a través de la evapotranspiración y una variación del volumen almacenado en los acuíferos. A partir de un estudio del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua de una cuenca y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre.

La determinación del balance hídrico de lagos, cuencas superficiales y aguas subterráneas, es fundamental para conseguir un uso más racional del agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de este recurso; por ejemplo: en el caso de trasvases de cuencas. El balance hídrico ayuda en la predicción de las consecuencias debidas a cambios artificiales en el régimen de ríos, lagos y aguas subterráneas. La información que proporciona, de las cuencas hidrográficas para cortos periodos de tiempo (estaciones, meses, semanas y días), se utiliza para explotación de embalses y para predicciones hidrológicas.

El conocimiento del balance hídrico es también muy importante para el estudio del ciclo hidrológico. Con los datos del balance hídrico es posible comparar recursos específicos de agua en un sistema, en diferentes períodos de tiempo, y establecer el grado de su influencia en las variaciones del régimen natural.

Metodologías para la elaboración de balances hídricos se encuentran en publicaciones del Programa Hidrológico Internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (PHI-UNESCO, 2006).

Para el caso de la determinación del balance hídrico, cuando por motivos diversos no se cuenta con estaciones de medición o no se dispone de lecturas periódicas, los modelos elaborados tienen incertidumbres asociadas; sin embargo, actualmente existe la posibilidad de disminuir estas dificultades haciendo uso de nuevas tecnologías y



productos, que son obtenidos por medio de teledetección que utiliza instrumentos a bordo de satélites; mismos que se encuentran colectando permanentemente información de todo el planeta.

Esta metodología trata de trasponer las barreras de la escasa información disponible actualmente el país, tanto dentro del territorio nacional como de las cuencas transfronterizas, y aplicarla al estudio de un balance hídrico superficial nacional en una escala de trabajo adecuada.

La metodología se ha empleado ya en otros países como la cuenca de Murray-Darling en Australia (Guerschman 2008) y existen numerosas publicaciones con referencia a esta temática (Wagner, Kunstmann et al. 2009) (Jasrotia, Majhi et al. 2009) (Bastiaanssen, Menenti et al. 1998) (Bastiaanssen, Pelgrum et al. 1998).

La ecuación general del Balance hídrico tiene la siguiente forma (Estrela, 1992):

$$P + I_{MS} + I_{MA} - ET - A - F - \Delta S - \epsilon = 0$$

Siendo:

P: Precipitación total caída en la cuenca.

IMS: Importación de agua superficial exterior al sistema.

IMA: Importación de agua subterránea exterior al sistema.

ET: Evapotranspiración.

A: Flujo superficial.

F: Flujo subterráneo.

S: Agua almacenada en el territorio.

ε: Término de error de medida.

Uno de los problemas más importantes en Bolivia al determinar el flujo superficial, es la poca densidad de estaciones de medida de caudales, la falta de continuidad en los registros y la dificultad de realizar mediciones confiables que reflejen los cambios que se producen en los cauces, fundamentalmente durante las crecidas de los ríos. Ante la carencia de datos de escurrimiento registrados en estaciones hidrométricas, se necesita recurrir a modelos matemáticos que relacionen de manera simplificada las entradas y salidas de un sistema hidrológico.

El último Balance Hídrico Superficial de Bolivia fue realizado el año 1992 (Roche, 1992) y fue el primer balance hídrico que abarcó todo el territorio boliviano. Contiene información macro-regional de los tres componentes principales del balance: precipitación, evapotranspiración y escurrimiento superficial, a nivel medio anual, utilizando datos plurianuales del período 1968-82. Se aplicó la metodología propuesta en la Guía



Metodológica para la elaboración del Balance Hídrico de América del Sur (UNESCO-ROSTLAC, 1982). A la fecha, este documento, sirve de referencia importante cuando se desean considerar variables hidrológicas a nivel de macro-cuencas, por lo que ha sido y es utilizado en estudios relacionados a la planificación de los recursos hídricos del país.

Se han llevado también a cabo otros estudios regionales de recursos hídricos con metodologías diversas y obedeciendo a objetivos distintos, entre los que destacan el Balance Hídrico Superficial Microrregional de la cuenca alta del río Pilcomayo –período 1970-2000-, el Balance Hídrico Superficial Microrregional de la cuenca del río Ichilo-Mamoré –período 1970/71-1992/93- y el Balance Hídrico Superficial de la cuenca del lago Titicaca, para el período 1960 a 1998.

Los objetivos del presente estudio se concretan a determinar el Balance Hídrico Superficial de Bolivia utilizando datos obtenidos por teledetección, con cobertura total y homogénea para todo el país, desglosado por cuencas correspondientes con las Unidades Hidrográficas nivel 3 –cuencas Cerrada del Altiplano y del Río de la Plata- y nivel 4 –cuenca del Amazonas- de la clasificación de Pfafstetter. Los datos de partida se correlacionaron con datos seleccionados de la red de estaciones climatológicas del SENAMHI. Además, se han obtenido mapas temáticos de precipitación, temperatura, evapotranspiración y escorrentía.

El estudio se realizó por año hidrológico –considerando que comienza el día 1 de septiembre y termina el 31 de agosto-, para el período 1998/99 hasta 2010/11.





3. Caracterización general del balance hídrico

3. Caracterización general del balance hídrico

3.1. Ámbito geográfico

Bolivia se localiza en la zona central de América del Sur, tiene fronteras internacionales con Perú, Brasil, Paraguay, Argentina y Chile. Su superficie es de 1.098.581 km².

Se reconocen dos grandes unidades fisiográficas: la Cordillera Andina y los Llanos. Los Andes se subdividen en Cordillera Occidental, Cordillera Oriental, Altiplano y Sierras Subandinas, mientras que los Llanos agrupan a la Amazonía, la llanura beniana, los llanos de Santa Cruz, el Chaco y el Pantanal.

El acusado gradiente altitudinal, entre 70 y 6.542 msnm, junto con la influencia de los vientos del Norte y del Sur, originan diferencias climáticas significativas dependiendo de la altitud y la exposición, haciendo posible la existencia de una gran variedad de ecosistemas.

El territorio de Bolivia se ubica en tres de las diez grandes Regiones Hidrográficas de América del Sur. La más extensa es la “Región Hidrográfica 4, Amazonas”, extendida por el norte y centro del país. La “Región Hidrográfica 8, Río de la Plata” se sitúa en la zona sur, mientras que la “Región Hidrográfica 0, cuenca endorreica del Altiplano” se localiza en la franja suroccidental.

3.2. Marco general

El territorio boliviano se divide en nueve Departamentos: Pando, Beni, Santa Cruz, Chuquisaca, Tarija, Potosí, Oruro, La Paz y Cochabamba, que a su vez se subdividen en 112 Provincias y 337 Municipios. Santa Cruz y Beni ocupan más del 53 % del territorio nacional, les siguen La Paz y Potosí, que suman entre ambos más del 22 %. En el extremo opuesto, Tarija, situado en el sur del país, ocupa tan sólo el 3,42 % del territorio total.

De acuerdo con el censo de población del año 2001¹, Bolivia contaba con 8.274.325 habitantes, de los que el 62,42% se asentaba en áreas urbanas, mientras que el 37,58% restante habitaba en el medio rural. El Departamento con mayor porcentaje de población urbana es Santa Cruz, con más del 76%; Beni, La Paz y Tarija también sobrepasan la media nacional, mientras que en Chuquisaca, Pando y Potosí la población rural es mayor que la urbana. Según las proyecciones del INE, se preveía que la población urbana pasaría del 62,4 %, según el censo de 2001, al 72,7 % en el horizonte del año 2030.

¹ Cuando INYPSA realizó el estudio del BHSB entre junio y septiembre de 2012, aún no se había realizado el censo del año 2012, de manera que se utilizó la información del censo del año 2001.

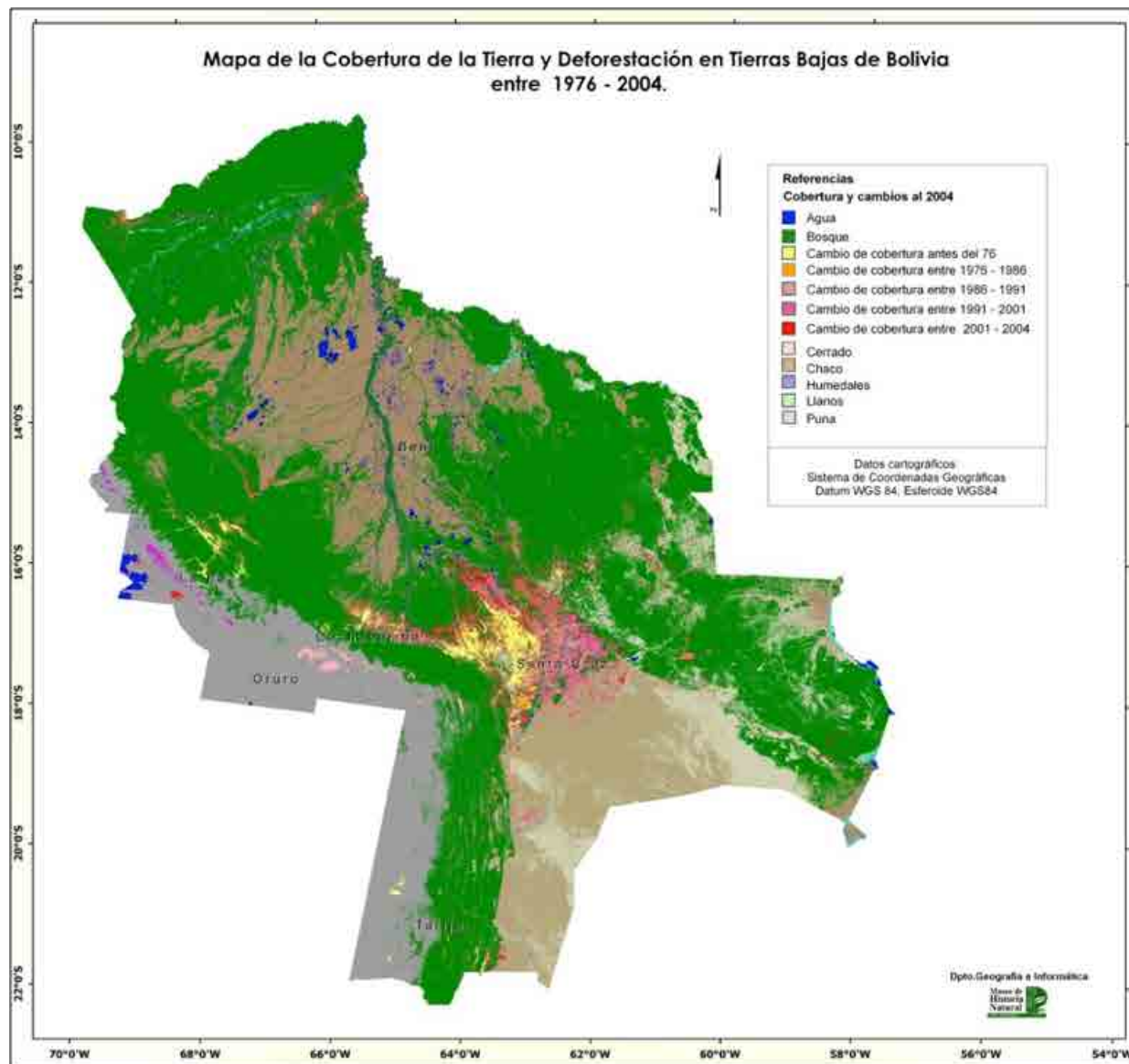


Con referencia a la actividad económica en el país, el sector Industrial es el más importante, que contribuye con aproximadamente el 90% del Producto Interno Bruto (PIB) y agrupa los sectores primario (producción y extracción), secundario (manufacturas y transformación) y terciario (servicios). El 10 % restante del PIB lo constituyen los Servicios de Administraciones Públicas y otros servicios. En el año 2010 las Manufacturas sumaron el 20,9 % del total Industrial, destacando las manufacturas de alimentos, bebidas y tabaco que suman más de la mitad del total. El segundo lugar del sector de las Industrias lo ocupan la Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca, que contribuye con el 15,7 % del total Industrial. Los Productos Agrícolas no Industriales y los Productos Pecuarios superan las tres cuartas partes del total del sector. La Extracción de Minas y Canteras ocupa el tercer lugar con el 15,1 % del total del sector de las Industrias. Aproximadamente la mitad de las extracciones son de Petróleo Crudo y Gas Natural, correspondiendo la otra mitad a Minerales, tanto metálicos como no metálicos. Este campo va adquiriendo progresivamente una mayor importancia, pues en el año 2010 su contribución fue un 3,4 % superior a la cifra del año 2000.

Desde la década de 1960 se registra en el Oriente de Bolivia, una importante y progresiva transformación de la cubierta vegetal en campos de cultivo o en pastizales, que ya ha supuesto la pérdida de unos 4,5 millones de hectáreas (ha.) de vegetación natural. Las aproximadamente 50.000 ha. de cultivos contabilizados en los años 60 y 70 alcanzaron las 200.000 ha. en los años 90. Se presenta en la Figura 1 el Mapa de Cobertura de la Tierra y deforestación en Tierras Bajas de Bolivia, correspondiente al período 1976-2004 (Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado). Igualmente se presenta en la Figura 2 el Mapa de Cobertura Vegetal y Uso Actual de la Tierra de Bolivia, el cual fue elaborado el año 2010 por el Viceministerio de Tierras de Bolivia. Esta cartografía oficial fue usada en el estudio del BHSB para la obtención de los Números de Curva (CN), que forman parte del análisis del Balance Hídrico Superficial de Bolivia. Este mapa fue trabajado con base en la versión final de Land Cover Classification System – FAO 2008, que es Norma Estándar Internacional ISO. A escala 1:1.000.000, el mapa presenta cuatro categorías de usos dominantes, correspondientes al sector agropecuario, las cuales son: Agricultura Comercial, Agricultura de Plantaciones Plurianuales, Agricultura Múltiple y Plantaciones Forestales.



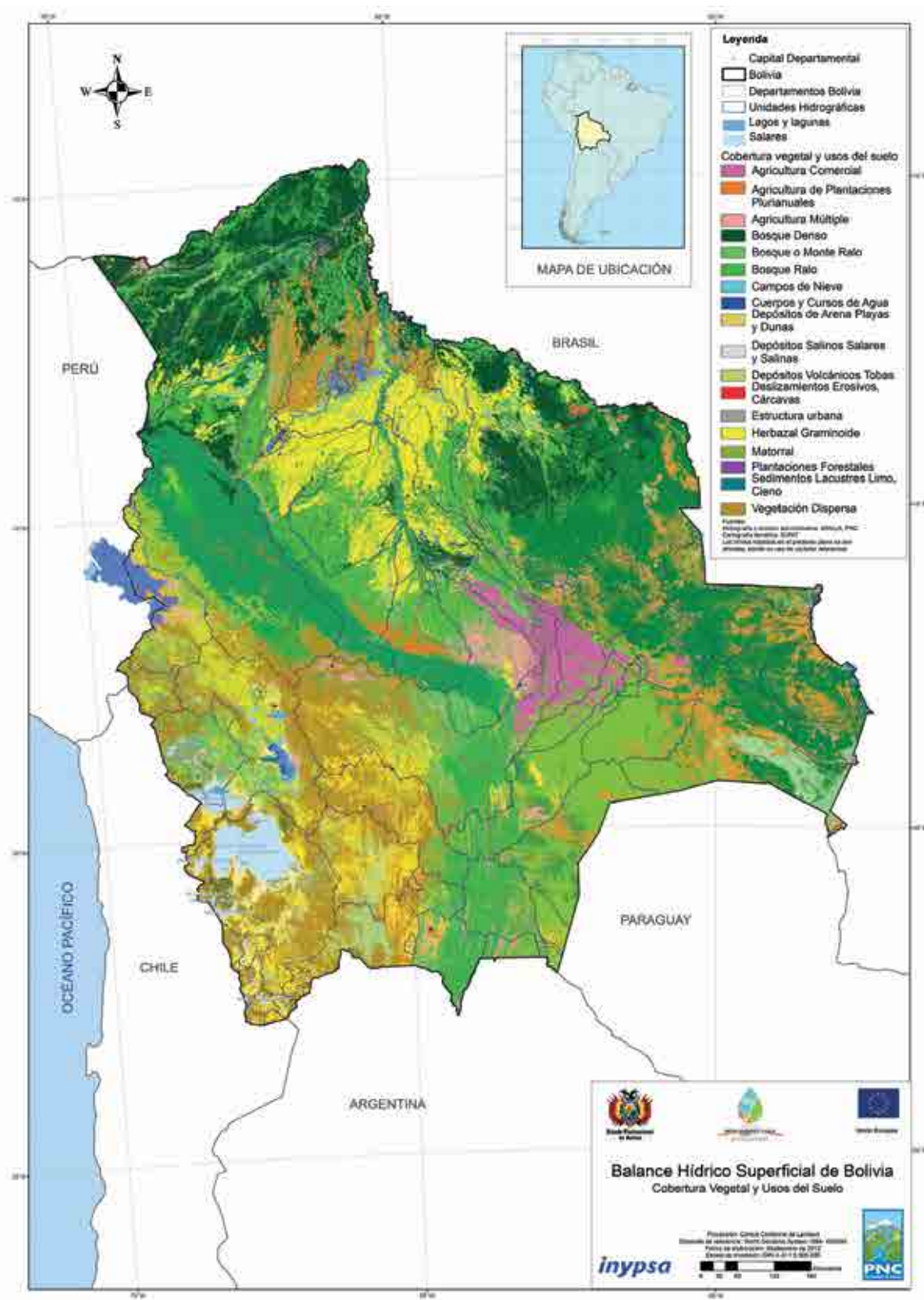
Figura 1. Mapa de cobertura de la tierra y deforestación en tierras bajas de Bolivia entre 1976 y 2004.



Fuente: Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, 2005.



Figura 2. Mapa de Cobertura Vegetal y Usos del Suelo



Fuente: Sistema Único Nacional de Información Territorial (SUNIT), 2010.

3.3. Medio físico de Bolivia

3.3.1. Geología

Como se aprecia en la Figura 3, la Cordillera de Los Andes representa el elemento más característico de la geología boliviana, los materiales más antiguos se localizan principalmente en la zona nororiental del país, donde afloran estratos precámbricos, que conforman la unidad denominada Escudo Precámbrico Brasileño.

Los Andes conforman un sistema montañoso activo, debido a la continua presión que desde el Cretácico ejerce la placa de Nazca contra la placa Sudamericana. La subducción de la placa de Nazca, bajo esta última, hace que el borde del continente sudamericano se eleve de forma progresiva.

En la Cordillera Oriental aparecen materiales paleozoicos elevados por la intensa actividad tectónica, aflorando también coberturas sedimentarias y materiales ígneos posteriores. Por su parte, la Cordillera Occidental muestra una gran actividad volcánica, principalmente terciaria y cuaternaria, albergando algunos volcanes activos en la actualidad.

Situado entre ambas cordilleras, el Altiplano tiene su origen en la acumulación de potentes sedimentos cuaternarios en un ambiente lacustre endorreico, originado en las escorrentías entre las dos cordilleras que no hallaron salida al exterior.

La mitad oriental de Bolivia conforma una gran planicie de escasa altitud y una cierta uniformidad geológica, al estar formada por sedimentos cuaternarios.

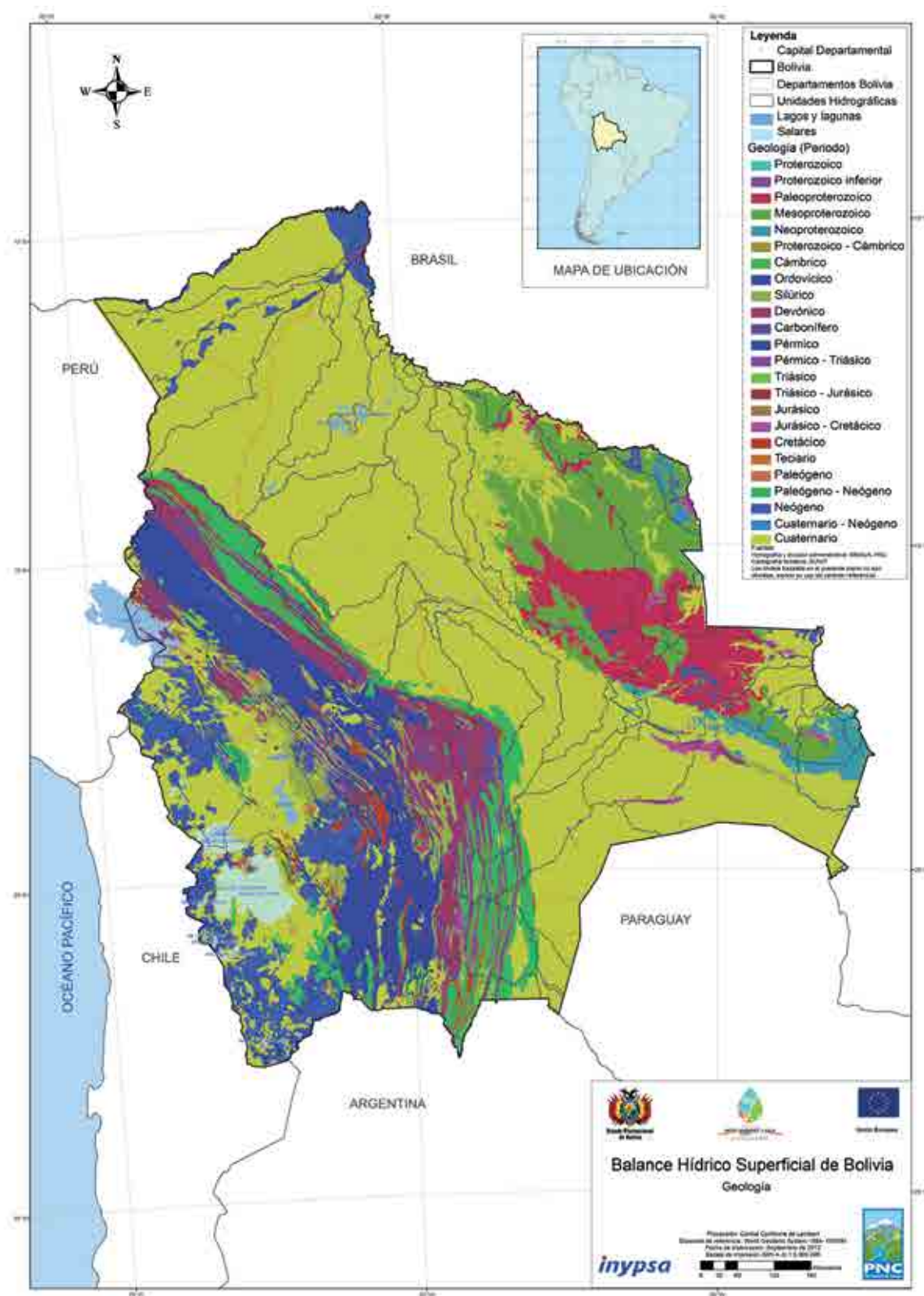
Las dos grandes unidades fisiográficas de Bolivia son el bloque andino, que agrupa el 38% de la superficie del país, y los llanos, que se extienden por el 62% restante. Estas dos grandes unidades se dividen en las siguientes unidades menores o Provincias Fisiográficas: Cordillera Occidental, Cordillera Oriental, Altiplano, Subandino, Amazonía, Chaco y Pantanal.

3.3.2. Clima y regiones climáticas

El clima de Bolivia queda condicionado por los Andes, cuya presencia conlleva un fuerte gradiente altitudinal entre la zona de cumbres y las tierras bajas de oriente. Los vientos húmedos del Atlántico y de la cuenca amazónica chocan contra el muro oriental de los Andes y originan precipitaciones elevadas en las sierras subandinas y en las zonas bajas, mientras que el altiplano, a resguardo de los vientos húmedos, registra niveles muy bajos de precipitación. En otoño e invierno los vientos fríos procedentes del Polo Sur penetran en el continente, fenómeno conocido como Surazo, siendo sus efectos muy acusados en las zonas bajas del sureste y este.



Figura 3. Mapa Geológico de Bolivia



Fuente: Servicio Geológico Minero (SERGEOMIN), 2000.

La zona de cumbres presenta un clima muy frío debido a su altitud, con nieves perpetuas. En el altiplano, con altitudes medias de unos 3.700 msnm, la radiación solar es intensa, aunque la temperatura es baja debido a que el calor no se difunde por la ausencia de humedad en el aire. La temperatura promedio anual se sitúa en torno a 10°C, con extremos que alcanzan hasta -25°C en el salar de Uyuni, produciéndose fuertes heladas por inversión térmica. La precipitación varía entre 200 y 500 mm anuales, con registros inferiores a 200 mm en la franja más occidental de Potosí.

Las sierras y valles subandinos, situados en cotas inferiores y orientados a los vientos húmedos, reciben precipitaciones elevadas, en algunos sitios superiores a 2.000 mm anuales dependiendo de la altitud y la exposición. La constante humedad ambiental y las temperaturas suaves favorecen la presencia de densos bosques.

Las llanuras de zonas bajas se caracterizan por una alta humedad ambiental, temperaturas medias elevadas, escasa amplitud térmica diaria y precipitaciones que oscilan entre 1.000 y 2.000 mm anuales. Existen importantes diferencias entre las áreas amazónicas, de clima tropical y las del Chaco y Pantanal, con clima de estepa de invierno seco.

En cuanto a eventos extremos, según registros del SENAMHI, el lugar donde se registra la temperatura más alta en todo el territorio boliviano corresponde a Villamontes, registrándose en el año 2009 una temperatura de 40,3 °C. Análogamente, la ciudad de El Alto es el lugar donde se registra una temperatura máxima extrema menos elevada, con un máximo de 19,2 °C.

En lo que se refiere a temperaturas mínimas extremas, según las mismas fuentes, la estación meteorológica donde se registraron menores temperaturas corresponde a Potosí, con un registro de -9,7 °C en el año 2003. Análogamente, el registro con mayor temperatura mínima extrema se dio en las estaciones de Cobija, Riberalta, Santa Ana y Guayaramerín con 15,9 °C. Las estaciones de El Alto, Oruro y Potosí son las que mayor número de heladas registran a lo largo del año.

3.4. Medio biológico

3.4.1. Ecoregiones

La Región Biogeográfica Neotropical, donde se encuentra Bolivia, abarca la totalidad de Sudamérica, Centroamérica y Antillas, así como parte de México y del sur de Estados Unidos, constituyendo una de las ocho Regiones Biogeográficas en las que se ha dividido el planeta en función de las afinidades de los seres vivos que las habitan. Considerada como una de las regiones de mayor diversidad biológica, la Región Neotropical se subdivide a su vez en nueve Bioregiones.

Como parte de la Región Neotropical, Bolivia alberga una enorme variedad de ecosistemas originados por el acusado gradiente altitudinal del territorio y por la exposición a los vientos oceánicos, cálidos y húmedos del Atlántico y fríos y secos del Pacífico. A estos



dos condicionantes principales hay que sumarle la orografía local, factor especialmente destacable en las serranías subandinas, con laderas que delimitan valles muy profundos y que, según su orientación y altitud, pueden variar entre hiperhúmedos y xéricos, todo ello en espacios relativamente reducidos.

En Bolivia están representadas tres de las nueve Bioregiones, siendo éstas los Andes Centrales, la Amazonía, y Sur América Oriental, con dos Tipos Principales de Ecosistemas, los Bosques Tropicales de Hoja Ancha y los Pastizales/Sabanas/Matorrales. Así mismo, 14 de las 191 Eco-regiones han sido identificadas en territorio boliviano. Con estas características, Bolivia es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo.

3.4.2. Vegetación

Las zonas de vegetación potencial delimitadas en Bolivia (Navarro, G y W. Ferreira, 2004), son las siguientes: Cordillera Occidental, Altiplano Centro-Meridional Xérico, Cordillera Oriental y Altiplano Norte, Cordillera Oriental Central y Meridional, Prepuna o Valles Interandinos Altos, Yungas, Formación Boliviano-Tucumana, Amazonía suroccidental de Bolivia, Beni, Pantanal, Chiquitania y Chaco.

3.4.3. Fauna

Bolivia cuenta con comunidades de fauna especialmente ricas gracias a la diversidad de ecosistemas presentes en su territorio y a la extensión de los mismos, destacando entre ellos la selva amazónica y el conjunto de sierras situadas en el borde oriental de la cordillera de Los Andes, siendo estas sierras subandinas muy ricas en endemismos.

Los diferentes grupos de vertebrados incluyen una gran cantidad de especies, superadas en número solo por unos pocos países, siendo un buen ejemplo las 1.347 especies de aves registradas (Clements, 2007), que sitúan a Bolivia en el quinto lugar del mundo en número de especies, siendo 19 de ellas endémicas del territorio boliviano. En las zonas andinas podrían citarse como aves representativas el ñandú cordillerano o suri, el flamenco andino y el cóndor, mientras que en las selvas de los valles interandinos destacan el águila harpía, el guácharo, las parabas, la pava de monte y los colibríes.

Entre los peces de agua dulce se cuentan unas 650 especies, algunas muy llamativas como el gran arapaima del río Beni, la anguila eléctrica y las pirañas, denominación bajo la que se agrupan diversos géneros de peces carnívoros y omnívoros.

Los anfibios cuentan con unas 250 especies, algunas de ellas bien distribuidas por zonas muy amplias y otras restringidas a hábitats más concretos.

Se han descrito unas 300 especies de reptiles, algunos de ellos bien conocidos como el caimán negro y la tortuga terecay o peta de río, ambos en la amazonía, así como el más extendido yacaré. Entre los grandes ofidios destacan la anaconda, la boa constrictora y la boa esmeralda.



Los mamíferos están representados por unas 400 especies, destacando el jaguar, el puma, el gato andino, el jucumari u oso de anteojos propio de bosques húmedos andinos, la nutria, el venado andino o taruca, el anta o tapir amazónico, y muchas otras especies.

3.5. Espacios naturales

Bolivia cuenta con 22 áreas protegidas del nivel nacional que suman un total de 17.004.706 hectáreas, las cuales constituyen el 15,48% del territorio nacional. El Departamento de Santa Cruz contiene aproximadamente el 56% de la superficie protegida de Bolivia, sumando más de 9,5 millones de hectáreas, mientras que el Departamento de Beni alberga únicamente el 5,6%.

La Región Hidrográfica 4, río Amazonas, la más extensa de todas, alberga de forma exclusiva 13 áreas, que constituyen más del 46 % del total de las áreas protegidas del país, y comparte dos áreas con las otras cuencas hidrográficas.

La Región Hidrográfica 8, Río de La Plata, con cinco áreas dentro de su cuenca, suma más del 25 % del total de las áreas protegidas de Bolivia.

La Región Hidrográfica 0, la de menor extensión, alberga en exclusiva dos áreas protegidas (4,8 % del total) y comparte con la cuenca amazónica el Área de Manejo Integrado de Apolobamba.

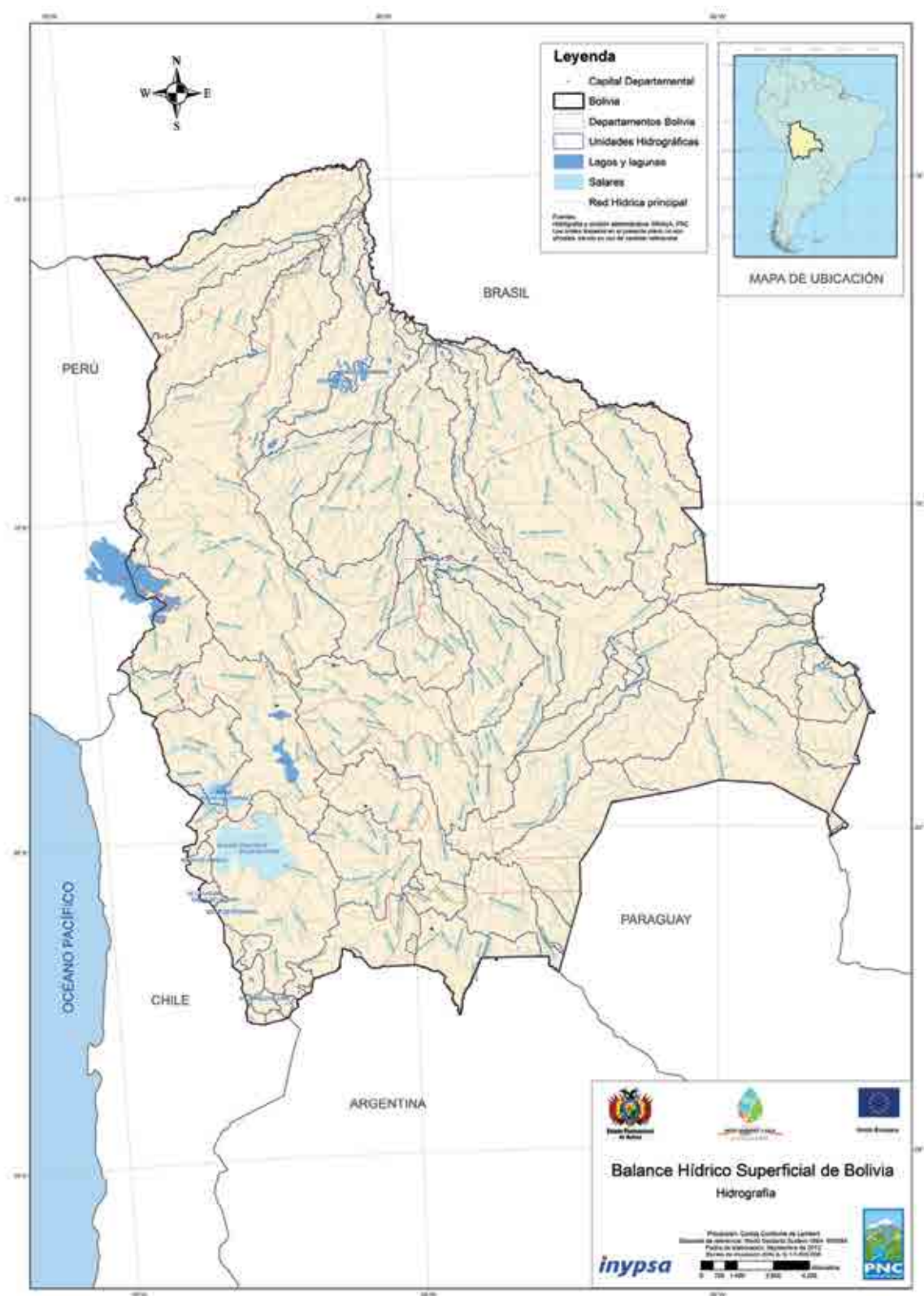
Además de las zonas protegidas por la legislación ambiental boliviana, es importante destacar las Áreas Importantes para las Aves, conocidas como IBAs por sus iniciales en inglés. De acuerdo con la publicación “Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales, Quito, Ecuador (*Serie de Conservación de BirdLife No. 14, 2005*)”, en Bolivia se han identificado 50 IBAs con un total de 228.865 km², superficie que constituye el 20,8 % del país.

3.6. Hidrografía

Bolivia, desde el punto de vista hidrográfico, cuenta con tres grandes cuencas hidrográficas, denominadas del Amazonas, del Plata y Cerrada o del Altiplano. Estas cuencas a su vez están constituidas por 270 ríos principales, 184 lagos y lagunas, unos 260 humedales, pequeños y medianos, y dos salares. El Mapa hidrográfico de Bolivia se presenta en la Figura 4.



Figura 4. Mapa Hidrográfico de Bolivia



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

3.6.1. Cuencas hidrográficas

Según la metodología Pfafstetter, América del Sur se divide en 10 grandes Regiones Hidrográficas delimitadas sobre la cuenca de los grandes ríos y otras unidades de drenaje. De esta clasificación macroscópica, denominada Nivel 1, un total de tres Regiones Hidrográficas tienen parte de su territorio en Bolivia, mismas que se presentan en el Cuadro 1 y en la Figura 5.

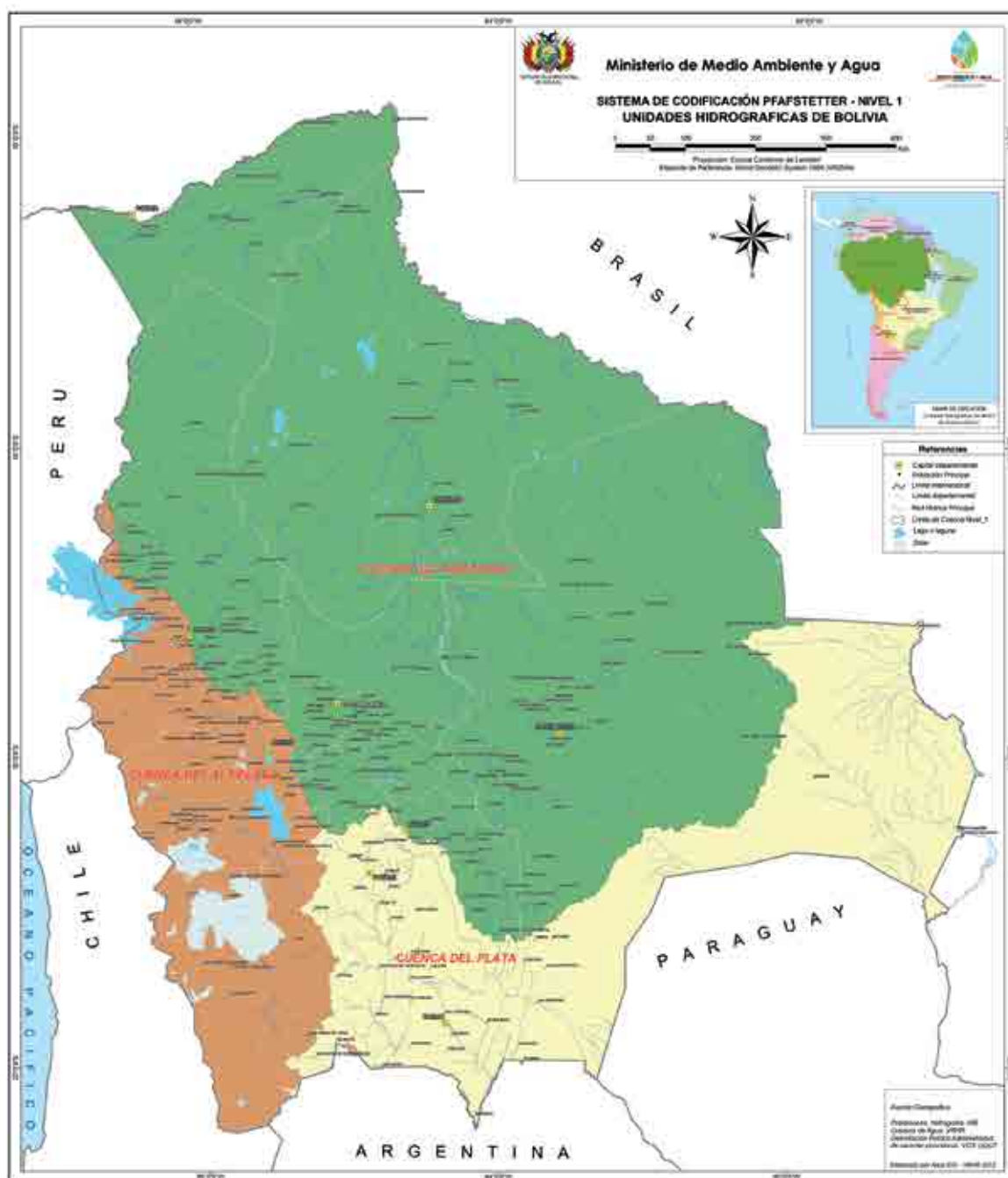
Cuadro 1. Regiones Hidrográficas de Nivel 1 presentes en Bolivia

Región hidrográfica	Área	
	km ²	%
Región Hidrográfica 0 (cuenca cerrada del Altiplano)	152.297	13.86
Región Hidrográfica 4 (cuenca del río Amazonas)	720.792	65.61
Región Hidrográfica 8 (cuenca del río de la Plata)	225.492	20.53
Total	1.098.581	100

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010.



Figura 5. Regiones Hidrográficas de Nivel 1 presentes en Bolivia



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010.

Cada una de las Regiones Hidrográficas del Nivel 1 se subdivide a su vez en niveles inferiores hasta llegar al Nivel 5, que representa el máximo grado de desagregación en subcuencas, alcanzado hasta el presente estudio según la metodología citada, y cuyo número por niveles se resume en el cuadro siguiente:



Cuadro 2. Número de Unidades Hidrográficas de niveles inferiores, dentro del territorio boliviano

Denominación regiones Hidrográficas Nivel 1	Denominación Unidades Hidrográficas Nivel 2	Nº Unidades Hidrográficas Nivel 3	Nº Unidades Hidrográficas Nivel 4	Nº Unidades Hidrográficas Nivel 5
Región Hidrográfica 0 (Altiplano)	Unidad 01	7	55	322
	Unidad 02	9	50	240
	Unidad 03	4	16	50
	Unidad 05	1	1	2
Región Hidrográfica 4 (Amazonas)	Unidad 46 (Río Madeira)	7	47	326
	Unidad 49	1	1	1
Región Hidrográfica 8 (Plata)	Unidad 80	9	17	0
	Unidad 85	1	5	35
	Unidad 86 (Río Pilcomayo)	9	56	386
	Unidad 87	4	17	81
	Unidad 89	9	66	451

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012.

En la Figura 6 se representa la división en unidades hidrográficas según la metodología Pfafstetter, en los niveles 3 (Altiplano y Plata) y 4 (Amazonas), para su aplicación en el Estudio.

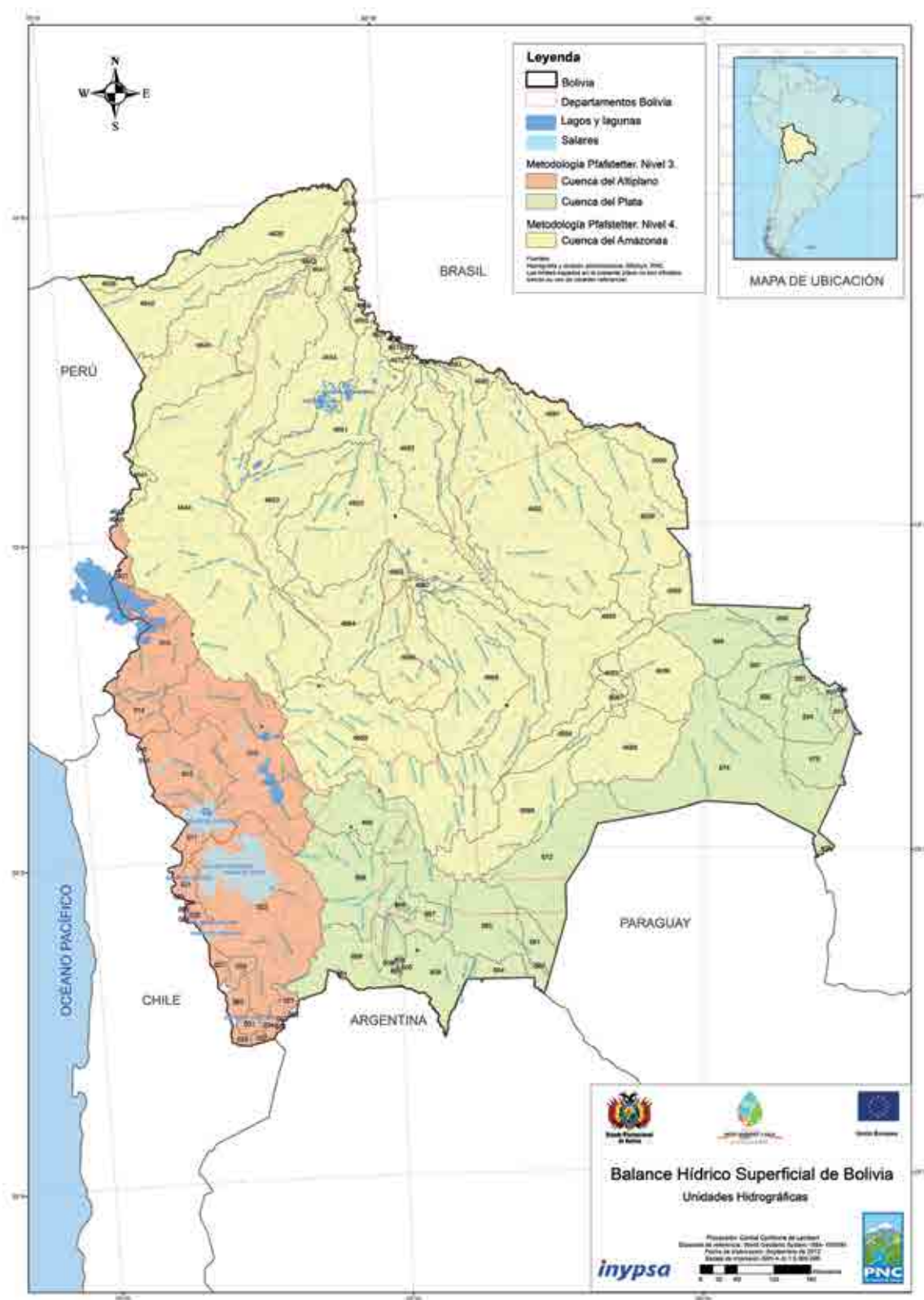
En el proceso de elaboración del Balance Hídrico Superficial de Bolivia se han detectado algunas unidades demasiado pequeñas que imposibilitan su manejo mediante herramientas SIG. Asimismo, se han encontrado otras unidades que carecían de numeración. Para solucionar estos problemas, se ha efectuado una revisión de las subcuencas y se ha optado por:

- ▶ Agregar algunas cuencas muy pequeñas (< 15 km²) a otras anexas de mayor entidad.
- ▶ Eliminar cuencas residuales procedentes del clip con el que se elaboró la capa de unidades hidrográficas.
- ▶ Codificar cuencas sin nombre con tamaño intermedio.

Tomando como base esta reclasificación de unidades se han realizado los estudios correspondientes del Balance Hídrico.



Figura 6. Unidades Hidrográficas 3 y 4 según metodología Pfafstetter



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

3.6.2. Parámetros morfométricos de las cuencas

3.6.2.1. Metodología

La precipitación y el flujo del agua en una cuenca hidrográfica están relacionados con diversos factores, entre los que cabe resaltar el clima y las características fisiográficas. Éstas se pueden evaluar de manera cualitativa a través de los llamados parámetros morfométricos, los más significativos se indican a continuación:

- ▶ El **desnivel altitudinal**, como diferencia entre las cotas más alta y más baja de la cuenca, es una medida de la variabilidad climática de la misma.
- ▶ La **pendiente media de la cuenca** es un índice indicativo de la torrencialidad de la cuenca.
- ▶ La **longitud del cauce principal** influye directamente en el tiempo de concentración de la cuenca e indirectamente en la mayoría de los demás índices morfométricos.
- ▶ La **pendiente media del cauce** influye de manera directa en la rapidez con la que ocurren las avenidas y es indicativo del grado de peligrosidad de las mismas.
- ▶ El índice de compacidad de la cuenca es indicativo de la irregularidad de la cuenca y de la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de esorrentía.
- ▶ El **rectángulo equivalente**, se define como el que tiene la misma superficie, perímetro y curva hipsométrica que la cuenca; parámetro indicativo de cuencas similares en tamaño y forma.

Todos estos parámetros se utilizan para analizar la semejanza hidrológica entre cuencas a objeto de poder evaluar otras cuencas que no dispongan de información suficiente (variables hidrológicas).

Sin embargo, en el caso del Balance Hídrico Superficial de Bolivia la posibilidad de encontrar cuencas similares se reduce considerablemente; dado que las unidades hidrográficas obtenidas por el método Pfafstetter son muy distintas en tamaño, variando entre unos pocos kilómetros cuadrados hasta cuencas del orden de 100.000 km².

Para la obtención de los parámetros morfométricos se ha trabajado con el software ArcGis10 sobre los datos obtenidos del Modelo de Elevaciones de la NASA (imagen) y la clasificación de unidades hidrográficas Pfafstetter de Bolivia. Los parámetros considerados, son:

- ▶ Código de la Unidad Hidrográfica.
- ▶ Superficie de la cuenca (km²), de cada UH.
- ▶ Superficie acumulada, por agregación en los niveles superiores.
- ▶ Perímetro de la subcuenca (km).
- ▶ Longitud del cauce principal (km).



- ▶ Altitudes (msnm) de cada UH: cota máxima, cota mínima, cota media, cota máxima del cauce principal, cota mínima del cauce principal.
- ▶ Pendiente media del cauce principal (%).
- ▶ Índice de compacidad de Gravelius.
- ▶ Diámetro del círculo de igual superficie de la cuenca (km).
- ▶ Rectángulo equivalente.

El procesado y tratamiento realizado se describe a continuación.

3.6.2.2. Procedimiento

En primer lugar se han seleccionado las subcuencas de nivel 3 y nivel 4 según la clasificación Pfafstetter, definidas para el estudio, y se han unido en una sola cobertura. La imagen ráster obtenida tiene más de 3.000 millones de celdas, en 57.502 columnas por 53.626 filas, en un entorno de 30 x 30 metros. El fichero ocupa en formato TIFF sin comprimir, 11,49 Gb.

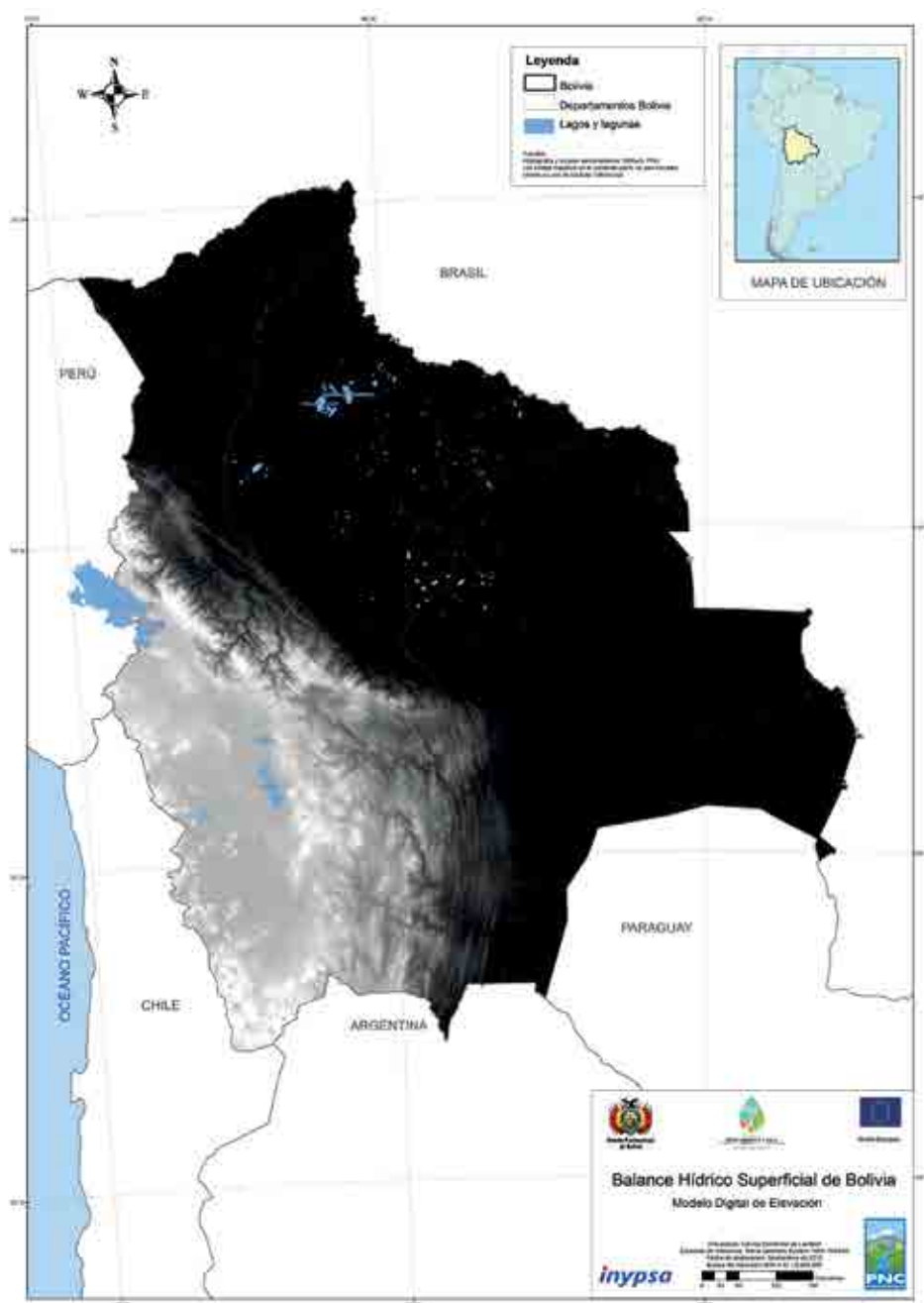
Debido al gran tamaño de la imagen y para evitar perder calidad reduciendo la definición o ampliando el tamaño de celda, se ha optado por hacer un primer recorte o *clip* de la imagen utilizando para ello un *buffer* de 25 km desde el límite territorial de Bolivia. La imagen así obtenida tiene un menor tamaño y presenta mayor facilidad para su procesamiento informático, según se observa en la Figura 7.

Para seguir reduciendo el tamaño de la imagen, se optó por recortar la imagen previa con cada una de las UH, aplicando la herramienta *Model Builder* del software ArcGis10. Una vez realizado el proceso automatizado se han generado las imágenes correspondientes a cada unidad hidrográfica siendo almacenadas en un workspace.

El proceso de obtención de los cursos de agua ha seguido una serie de pasos aplicando la herramienta *Model Builder* del ArcGis10 (*Fill*, *Build Pyramids*, *Flow Direction*, *Flow Accumulation* y *Stream to Feature*).



Figura 7. Imagen ráster MDT cortada con el buffer de Bolivia



Fuente: Elaboración INYPSA con base en información satelital ASTERG DEM, 2012.

3.6.2.3. Parámetros morfométricos

De acuerdo a la formulación descrita en la metodología y procedimiento, se han calculado los valores de los parámetros morfométricos para cada UH (los resultados se presentan en el Anexo 1 – Parámetros Morfométricos de la Unidades Hidrográficas).





4. Precipitaciones

4. Precipitaciones

El presente capítulo trata el desarrollo metodológico y el procedimiento de obtención de las precipitaciones de entrada al Modelo de Balance Hídrico Superficial de Bolivia, así como la metodología adoptada para la obtención de la cartografía pluviométrica para el territorio boliviano.

4.1. Metodología adoptada

La principal variable que interviene en el Balance Hídrico es la precipitación. Para su estimación se han seguido dos métodos distintos, integrando y correlacionando posteriormente sus resultados a fin de calcular la precipitación de partida del modelo.

En el primer método se parte de los registros diarios de precipitación de la red de estaciones climatológicas del SENAMHI, almacenados y gestionados mediante los softwares Hydraccess y SISMET. Aplicando herramientas hidrológicas y estadísticas, como el Vector Regional, se llega a elaborar las series de datos mensuales de precipitación en estaciones seleccionadas y agrupadas por zonas climatológicamente similares. A partir de estas series se calcula la precipitación areal caída sobre cada Unidad Hidrográfica mediante polígonos de Thiessen.

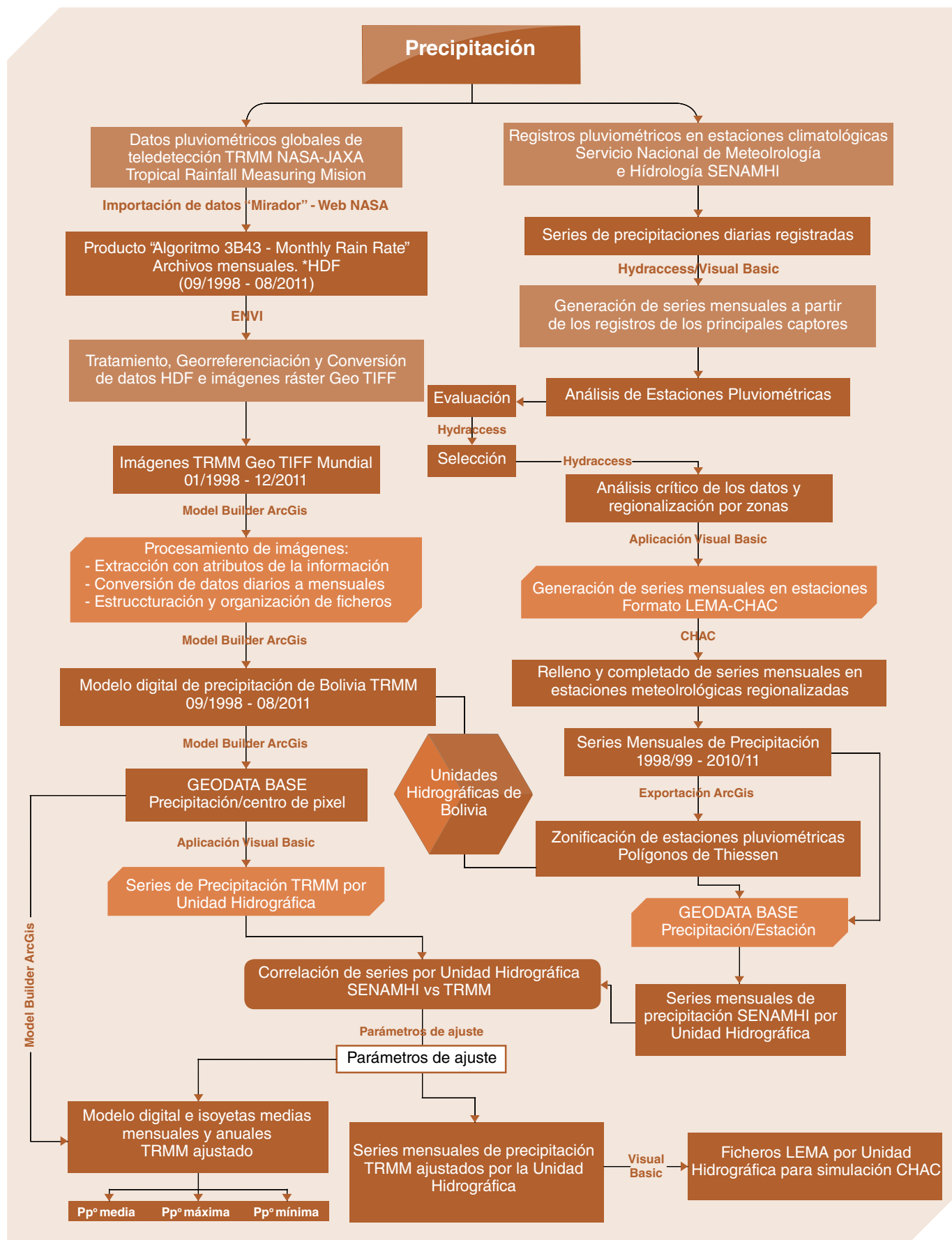
El segundo método de estimación de la precipitación proviene de información suministrada por imágenes de satélite, datos de precipitaciones diarias de la “*Misión para la Medición de Lluvias Tropicales*” (TRMM por sus siglas en inglés) de la NASA, en funcionamiento desde principios de 1998. La disponibilidad de esta información restringe el período del estudio a los años hidrológicos 1998/99 a 2010/11.

Con objeto de integrar los valores obtenidos, se correlacionan los dos métodos ponderando las series obtenidas por satélite con coeficientes provenientes de una correlación lineal generada a partir de registros del SENAMHI, a la cual se ha nombrado precipitación areal TRMM ajustada. Servirá como dato de entrada al modelo hidrológico de cada UH.

El procedimiento seguido para la obtención de las Series de Precipitación Mensual en cada UH de entrada al modelo hidrológico queda reflejado en el flujograma presentado en la Figura 8.



Figura 8. Proceso metodológico (Flujograma) para el tratamiento de precipitaciones



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



4.2. Fuentes de datos pluviométricos

4.2.1. Estaciones meteorológicas del SENAMHI

Los primeros registros de los que dispone la base de datos actual datan del año 1917 en la estación La Paz - San Calixto, todavía en actividad. A partir de la década de los cuarenta se van instalando algunas estaciones más, y en los años setenta es cuando la red registra el mayor crecimiento en número de estaciones climatológicas instaladas. Muchas de estas estaciones han dejado de estar activas en distintos momentos, de manera que - de las 1.043 estaciones abiertas - solamente 226 permanecen en actividad.

Los datos meteorológicos de partida para el estudio se recibieron como base de datos tanto en formato ACCESS como en formato EXCEL (1014 ficheros), que se ha utilizado para el estudio. Cada fichero contiene los registros de una estación, agrupados a su vez en 9 directorios correspondientes a cada departamento, con los siguientes códigos numéricos de identificación:

Código 1 - Chuquisaca, 102 estaciones.

Código 2 - La Paz, 286 estaciones.

Código 3 - Cochabamba, 164 estaciones.

Código 4 - Oruro, 42 estaciones.

Código 5 - Potosí, 102 estaciones.

Código 6 - Tarija, 150 estaciones.

Código 7 - Santa Cruz, 152 estaciones.

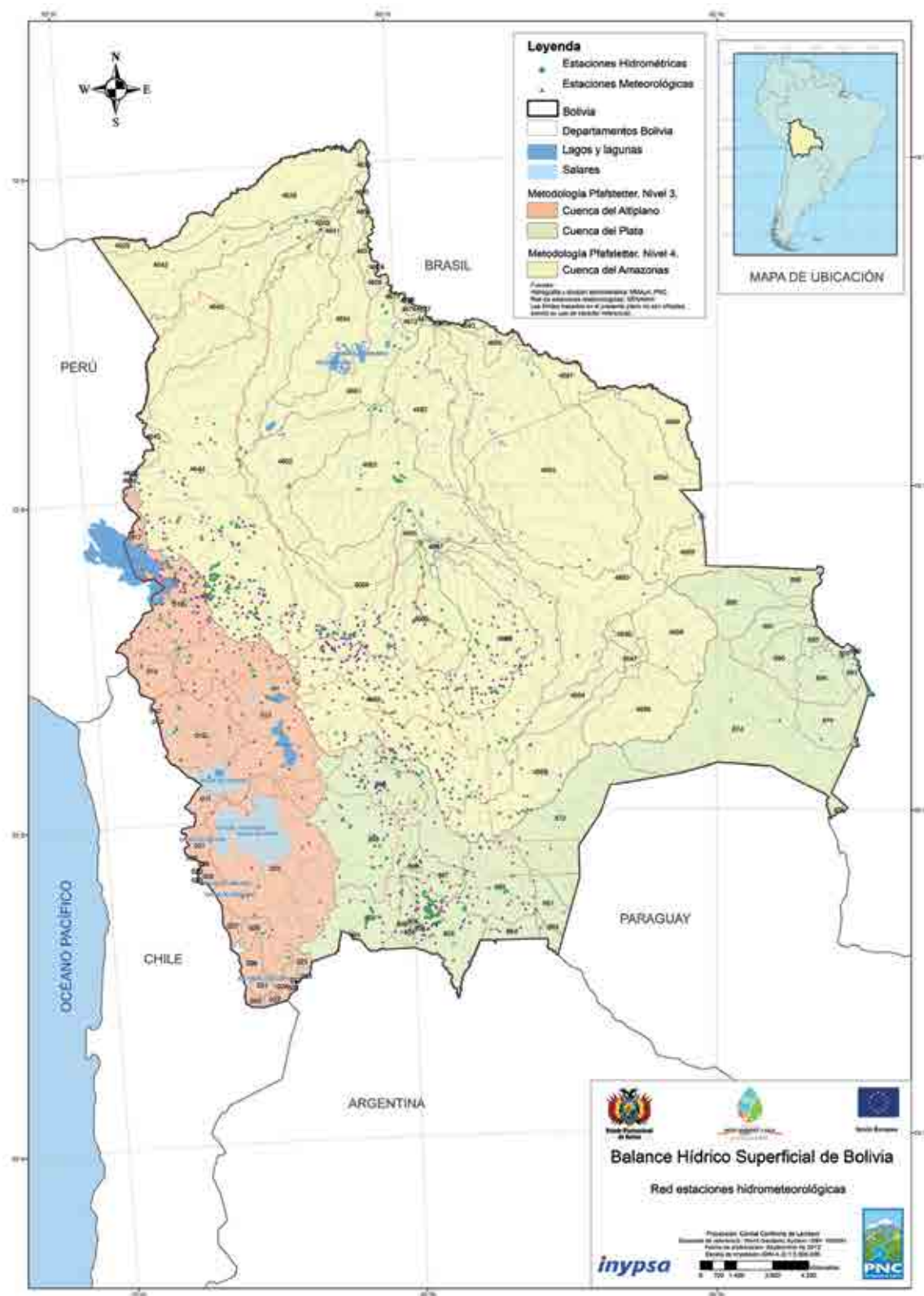
Código 8 - Beni, 15 estaciones.

Código 9 - Pando, 1 estación.

La Red de estaciones hidrometeorológicas se presenta en la Figura 9.



Figura 9. Red de estaciones hidrometeorológicas de Bolivia



Fuente: Elaboración INYPSA con base en información del SENAMHI, 2012.

El número máximo de datos registrados corresponde a 41 variables meteorológicas, entre las que se encuentran la precipitación diaria, temperaturas, humedad, presión atmosférica, viento, niebla, granizadas, temperaturas de la tierra y radiación solar.

Los datos se han ordenado en un fichero de texto con los registros mensuales de lluvia en el formato LEMA que utiliza el software CHAC, con código de cada estación P####M0, siendo ##### un número de 4 dígitos, el primero de ellos correspondiente al departamento y los 3 restantes al Id de la estación (desde el 001 al 999). Las coordenadas de cada estación, originalmente geográficas WGS 1984, se pasaron a coordenadas UTM Huso 20S.

Una premisa importante para el estudio ha sido considerar el mayor período de tiempo posible de datos disponibles. Este período se ha establecido mediante el análisis de las fechas de registros y luego limitando este período al comprendido entre los años hidrológicos 1970/71 y 2010/11, 41 años. Si bien el período de estudio quedó anteriormente establecido entre los años hidrológicos 1998/99 y 2010/11, el estudio se amplió hasta 1970/71 con objeto de disponer de mayor número de años para analizar la fiabilidad de los registros de cada estación pluviométrica.

Con el fichero de precipitaciones mensuales elaborado se realizó un primer análisis estadístico de los datos existentes. Se dispone de 1014 estaciones (en el formato LEMA generado a partir de los ficheros en formato EXCEL), de las cuales solamente 241 tienen 20 años o más con datos completos. Si se eligen estaciones con 15 ó más años completos el número de estaciones se eleva hasta 349, por lo que finalmente se optó por elegir estas últimas estaciones para el estudio.

En el Cuadro 3 refleja, por Departamentos, el número de estaciones iniciales y seleccionadas, así como la superficie y la relación entre ésta y el número de estaciones.

Cuadro 3. Resumen de estaciones pluviométricas seleccionadas

Departamento	Superficie (km ²)	Superficie del total de Bolivia (%)	Nº Estaciones Inicial	Nº Estaciones Seleccionadas	Superficie media cubierta por estación (km ²)
Beni	213.564	19,44	15	9	23.729
Chuquisaca	51.524	4,69	102	44	1.171
Cochabamba	55.631	5,06	163	37	1.504
La Paz *	133.985	12,20	287	95	1.410
Oruro	53.558	4,88	42	8	6.695
Pando	63.827	5,81	1	1	63.827
Potosí	118.218	10,76	102	33	3.582
Santa Cruz	370.621	33,74	152	65	5.702
Tarija **	37.621	3,42	150	57	660
Total Bolivia	1.098.549	100,00	1014	349	3.148

* Una de las estaciones se encuentra en Perú (2112).

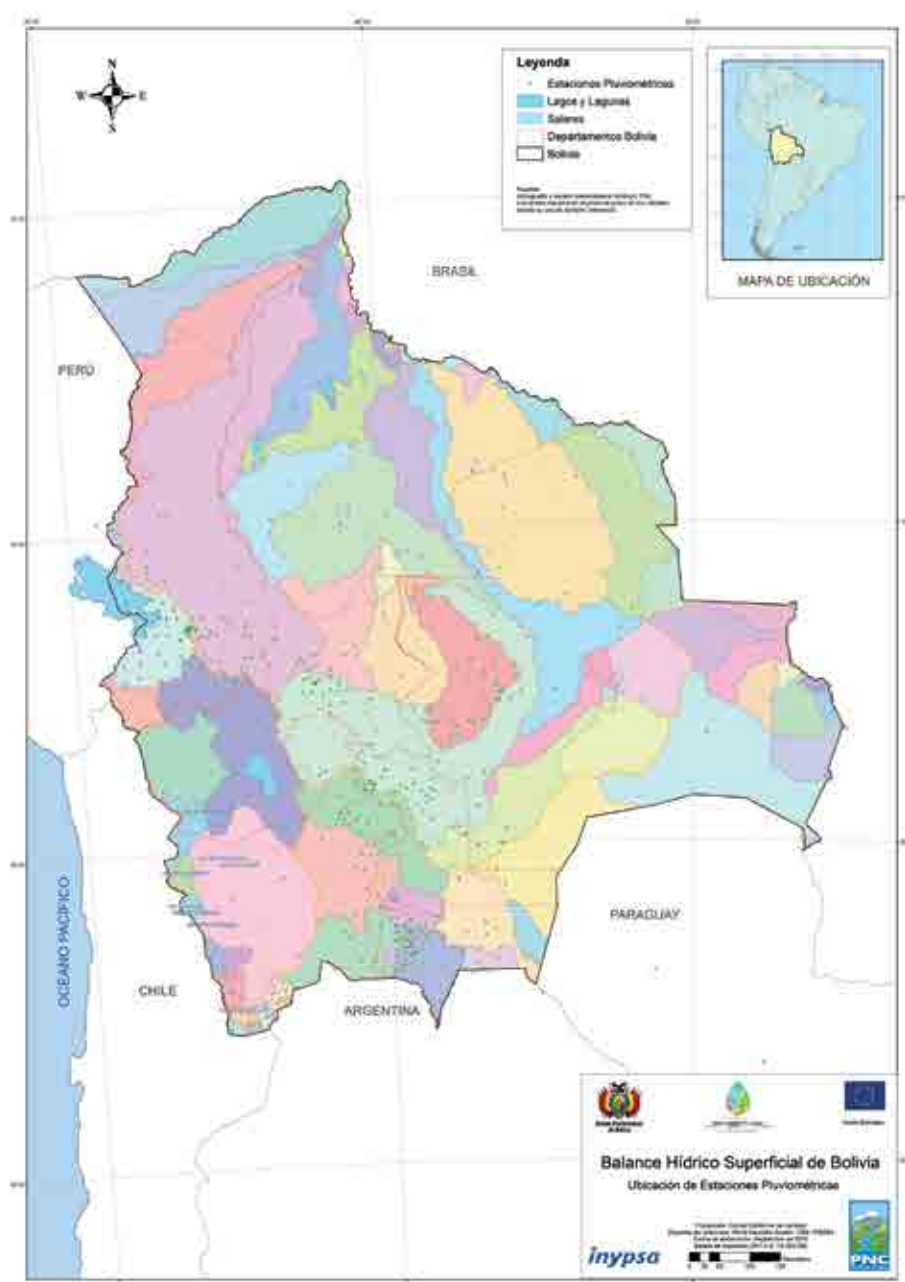
** Tres de estas estaciones se encuentran en Argentina (6036, 6134 y 6173) y dos en Paraguay (6170 y 6172).



En líneas generales la mayor densidad de estaciones se presenta en las cabeceras de los ríos de la cuenca del Amazonas que se sitúan en el centro del país y en el Norte de la cuenca endorreica del Altiplano. La menor densidad se da en las cuencas situadas al Norte y Este de la cuenca Amazónica, la parte Este de la cuenca del Plata y el Sur del Altiplano.

En la Figura 10 puede verse gráficamente la ubicación de las estaciones pluviométricas, así como las que fueron seleccionadas para el estudio. En ella figuran en colores distintos cada UH analizada en el estudio.

Figura 10. Ubicación de las estaciones pluviométricas seleccionadas.



Fuente: Elaboración INYPSA con base en información del SENAMHI, 2012.

4.2.2. Imágenes de Teledetección - TRMM

En la estimación de la pluviometría de una región amplia, el uso de imágenes de satélite cobra especial interés para los estudios de meteorología, climatología e hidrología.

Para el Balance Hídrico Superficial de Bolivia, los datos de precipitación satelitales han sido obtenidos del *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), misión coordinada entre la Agencia Espacial Norteamericana (NASA) y la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) para monitorear las precipitaciones del Mundo a través de un satélite lanzado en noviembre de 1997.

La misión TRMM está enfocada al estudio y análisis de las precipitaciones y variables relacionadas, sobre las regiones comprendidas entre los trópicos, con una órbita a una altura de 403 km. Consigue una cobertura global diaria en la toma de datos con resolución de 3 horas.

A bordo del satélite van los instrumentos de medida primarios: PR, VIRS, TMI, y los secundarios CERES y LIS.

El Radar de Precipitación PR es un instrumento que determina la dirección e intensidad de la señal de las tormentas en 3D y proporciona perfiles verticales de lluvia o nieve.

El Escáner de Visibles e Infrarrojos VIRS es un radiospectrómetro generador de imágenes que capta la radiación infrarroja y visible, a partir de la cual se pueden distinguir características individuales de nubes de 2,4 km de extensión con una resolución temporal comprendida entre 15-60 min y una resolución espacial de entre 1 y 4 km.

El Generador de Imágenes Microondas TMI es un radiómetro que escanea el vapor de agua, el agua de las nubes, y la intensidad de lluvia en la atmósfera.

El Sensor de Energía Radiante desde Tierra y Nubes CERES es un sensor diseñado para determinar el balance neto de energía radiante entre el Sol y la Tierra, midiendo la cantidad de radiación en la superficie de la atmósfera.

El Sensor Generador de Imágenes Relámpagos LIS detecta los relámpagos producidos entre las nubes y la superficie, dentro de una nube o entre nubes.

Los datos pluviométricos provienen de algoritmos numéricos aplicados a la información original del TRMM, con el fin de obtener información horaria, diaria o mensual de forma continua, con una resolución espacial de 0,25 x 0,25 grados (aprox. 27 x 27 km cada pixel) para la latitudes comprendidas entre los 50° Sur y 50° Norte.

Concretamente, el algoritmo 3B42 calcula la precipitación cada 3 horas con base en datos de microondas e infrarrojos proporcionados por el satélite. De éste se deriva el algoritmo 3B43, el cual proporciona una mejor estimación de la tasa de precipitación mensual y su incertidumbre (raíz cuadrada media de los errores por estimación), mediante una combinación entre los resultados obtenidos del algoritmo 3B42, la CAMS², y la calibración con el análisis de la información pluviométrica terrestre almacenada en la base de datos “Global Precipitation Climatology Centre”.

2 El CAM (Community Atmosphere Model) es el último de una serie de modelos atmosféricos globales desarrollados en NCAR destinado a la comunidad científica que investiga el clima, y se configura como el principal Modelo del Sistema Climático Mundial (CCSM).

Los datos pluviométricos terrestres y los provenientes del algoritmo 3B42 se suman para un mes calendario, con el fin de aplicar un ajuste de desviación a gran escala mediante una ponderación de los datos que calcula el error inverso de la varianza.

Los datos derivados del algoritmo 3B43 se encuentran reticulados en complejos matriciales con una resolución temporal mensual y una resolución espacial de 0,25 por 0,25 grados.

4.3. Tratamiento de datos en estaciones pluviométricas

4.3.1. Depuración de datos

En la manipulación de los datos medidos en una estación climatológica pueden cometerse errores de distintos tipos, algunos procedentes del propio proceso de medición, y otros cometidos en el procesado y gestión de los datos, como errores de transcripción o errores en la unidad de medida.

Los métodos que se utilizan para analizar la calidad de los datos de series temporales se basan en la comparación estadística de los registros de estaciones próximas con características climáticas similares. Uno de los métodos más conocidos para detectar inconsistencias en los datos de una estación es el análisis de doble masa. En este método los valores acumulados de una estación se dibujan comparándolos con los correspondientes de otra estación similar climatológicamente, de la que se conoce su calidad y fiabilidad, pudiendo ser una estación ficticia o real. El gráfico resultante representa la llamada *curva de dobles masas* en la que puede identificarse fácilmente cambios de pendiente o saltos en algunos de los años registrados.

En los años setenta el ORSTOM-IRD elaboró un método conocido como Vector Regional, de análisis de datos independientes entre sí de un año a otro y pseudo-proporcionales, es decir, que datos de series de estaciones similares hidrológicamente deben variar en el mismo sentido y con proporciones casi idénticas. El método consiste en elaborar una estación ficticia dentro de un conjunto de estaciones con características climáticas homogéneas. Para cada estación se calcula una media que abarca todos los registros del período de estudio, calculando después un índice para cada año igual al cociente entre el registro de ese año y la media del período. Por lo tanto un valor del índice superior a uno es indicativo de año más húmedo que el año medio y si es inferior a uno, más seco que el año medio. A este conjunto de índices se le conoce con el nombre de Vector Regional.



La revisión de las series se realiza entonces de dos maneras:

- a) Evaluando la calidad de los registros de una estación mediante dobles masas entre los índices de esa estación y los índices del Vector Regional.
- b) Comparando gráficamente y correlacionando los índices de una estación con los índices del Vector Regional.

Durante el análisis se pueden detectar errores “groseros” que impliquen prescindir de alguno de los registros o bien de la estación en su conjunto. También sirve para agrupar las estaciones en zonas climáticas homogéneas mediante una aplicación iterativa del método.

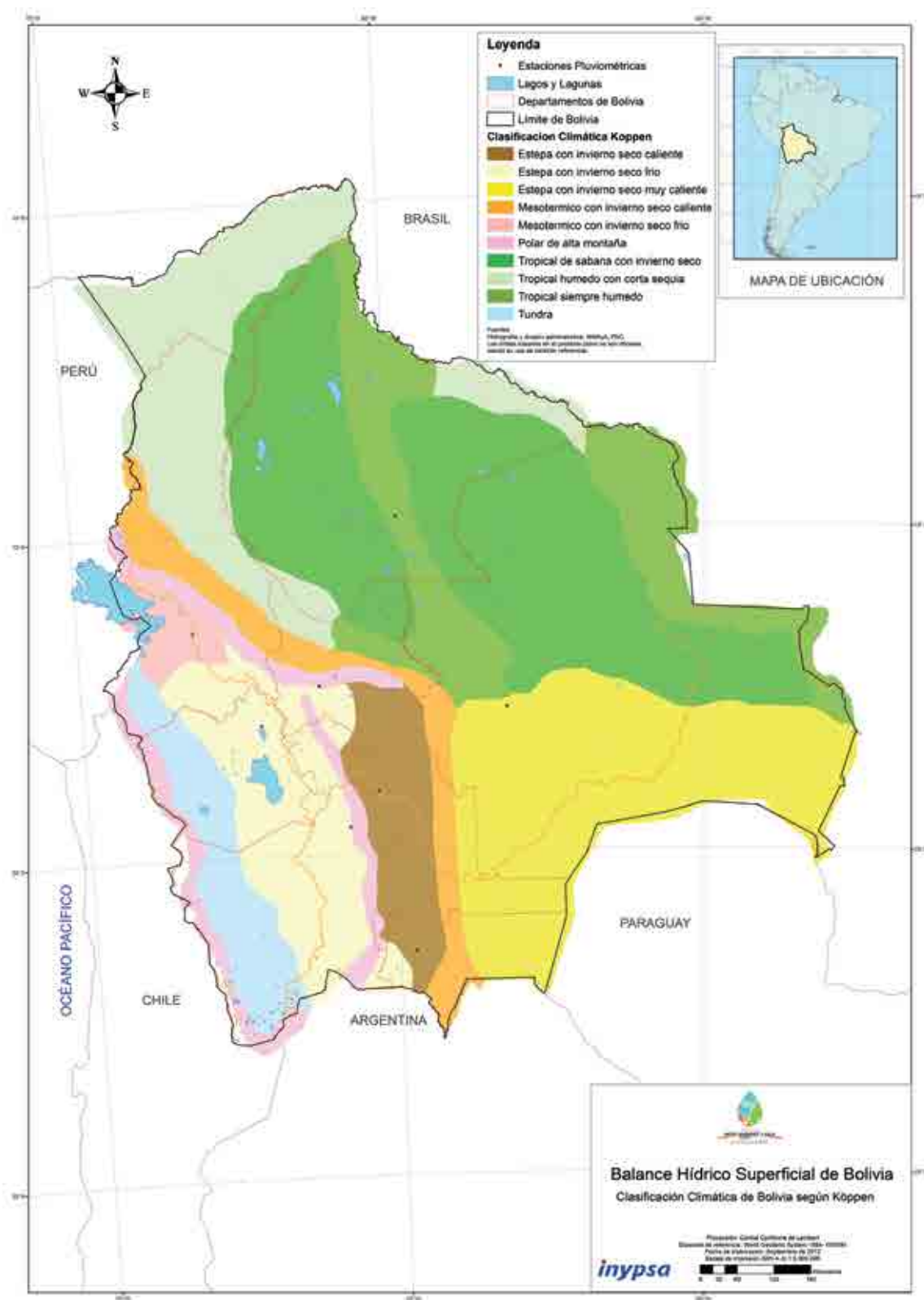
El punto de partida para agrupar las estaciones en zonas climáticas homogéneas se basó en el mapa de clasificación climática de Köpen, que tiene en cuenta la temperatura y la precipitación, y que establece 10 grupos de clima para Bolivia:

- ▶ Polar de alta montaña.
- ▶ Estepa con invierno seco frío.
- ▶ Estepa con invierno seco caliente.
- ▶ Estepa con invierno seco muy caliente.
- ▶ Tundra.
- ▶ Mesotérmico con invierno seco frío.
- ▶ Mesotérmico con invierno seco caliente.
- ▶ Tropical de sabana con invierno seco.
- ▶ Tropical húmedo con corta sequía.
- ▶ Tropical siempre húmedo.

Además se ha tenido en cuenta la altitud de cada estación y su ubicación en cada una de las grandes cuencas hidrográficas de Bolivia. Se presenta en la Figura 11, el mapa de Bolivia con la clasificación climática de Köppen y la ubicación de las estaciones pluviométricas.



Figura 11. Mapa climático de Bolivia según Köppen con estaciones pluviométricas seleccionadas



Fuente: Elaboración INYPSA con base en información del SENAMHI, 2012.

Con esta base y después de diversos tanteos, se han establecido 19 zonas climáticas en todo el país, en las cuales se han agrupado las estaciones pluviométricas válidas.

4.3.2. Completado de series

Para completar los registros de una estación se recurre a los datos disponibles en estaciones que tienen un régimen similar de funcionamiento, o sea que pertenezcan a la misma zona climática.

Para el relleno de datos se ha utilizado el software CHAC, desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX) de España. El relleno se hizo a partir de un modelo de regresión bivariado con estandarización previa mensual de las series de datos (CORMUL). El completado de datos se ha realizado para el período 1998-99 hasta 2010-11.

4.3.3. Generación de precipitaciones en unidades hidrográficas

Existen diversos métodos para la estimación de lluvias areales, entre los que destacan los siguientes: Media aritmética, Polígonos de Thiessen, Recíproco de la distancia al cuadrado, Kriging, y el Método de las isoyetas. Debido a la disponibilidad de información pluviométrica (distribución espacial de estaciones en territorio de Bolivia) en este estudio se ha utilizado el método de los polígonos de Thiessen.

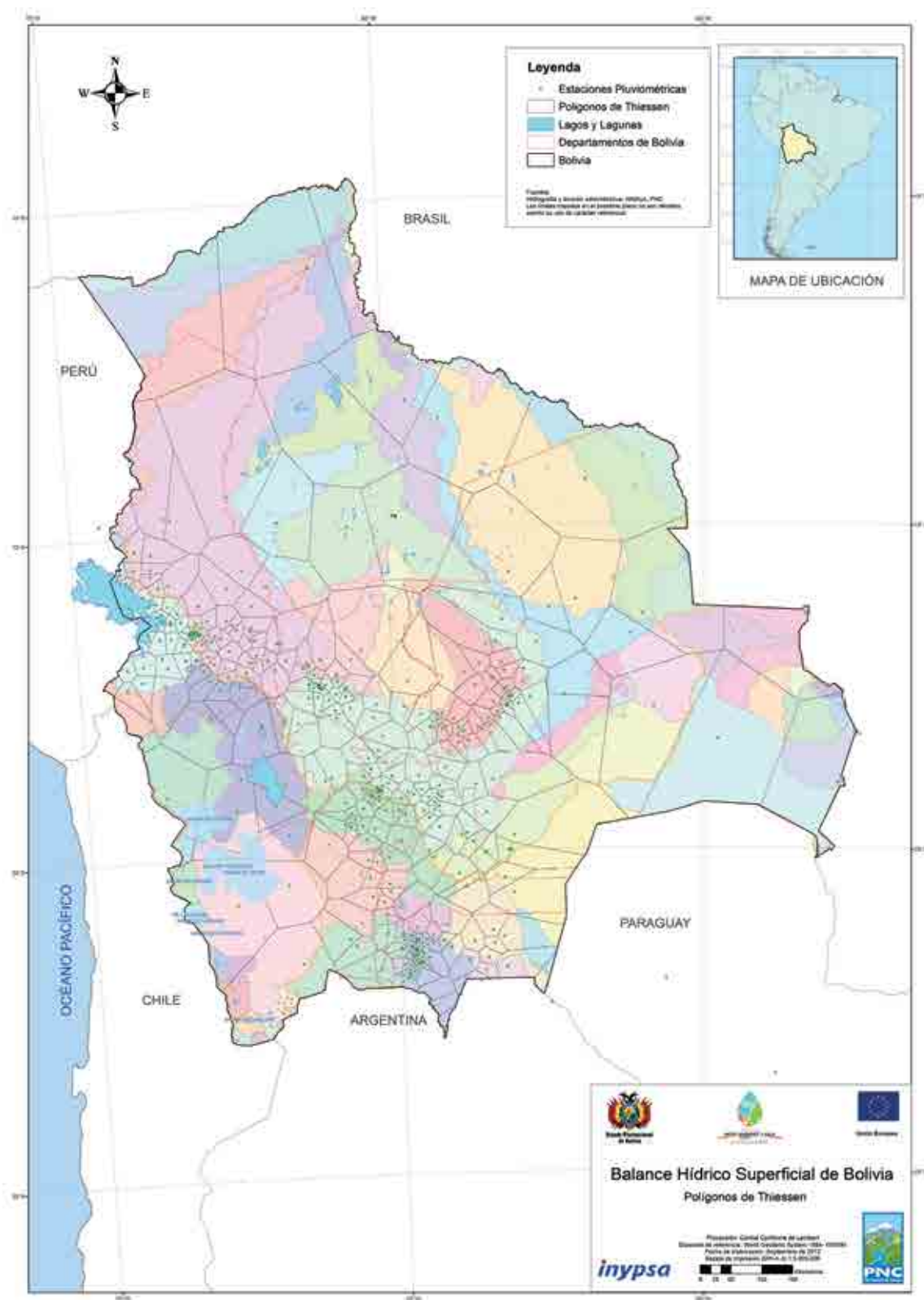
A cada UH se le asigna la precipitación media ponderada de las estaciones que tienen influencia en la cuenca. El coeficiente de ponderación de cada estación es función de la superficie de influencia de cada estación sobre el total de la superficie. El cálculo se ha realizado mediante un GIS, cruzando la capa de los polígonos de Thiessen generados con el propio GIS, con la capa de las UH, nivel 3 en las cuencas del Altiplano y río de la Plata y nivel 4 en la cuenca del Amazonas.

El resultado es una matriz en la que figuran en columnas cada uno de los meses del año más una para la precipitación anual (13 columnas), y en filas las precipitaciones (13 años para cada UH).

Se presenta en la Figura 12 el Mapa de Polígonos Thiessen generados con base en las estaciones pluviométricas seleccionadas del SENAMHI.



Figura 12. Mapa de Polígonos Thiessen



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

4.4. Obtención y tratamiento de datos pluviométricos de teledetección

4.4.1. Importación y Procesamiento de Datos Mensuales TRMM

Los datos pluviométricos TRMM se han obtenido a través de la plataforma MIRADOR (<http://mirador.gsfc.nasa.gov/>) de la Agencia Espacial NASA de los Estados Unidos, los cuales se encuentran a libre disposición de la comunidad científica y cualquier otro usuario interesado.

Los archivos que integran los datos de las imágenes TRMM corresponden a la versión 7 del algoritmo 3B43, estructurados en formato HDF “*Hierarchical Data Format*”, el cual almacena en estructura multiespacial datos de precipitación, error relativo y el peso relativo de la estimación pluviométrica sobre toda la superficie mundial.

Mediante el software ENVI, se procedió a la conversión de cada uno de los 156 datos mensuales archivados en el formato HDF en imágenes ráster GeoTIFF. Para ello se realizaron una serie de procesos intermedios (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/additional/faq>) tales como:

- ▶ Importación de datos HDF a ENVI y selección de la banda de datos de precipitación.
- ▶ Tratamiento espacial de los datos, entre los que se destaca tanto la corrección de las coordenadas como los angulos del punto de referencia de las imágenes.
- ▶ Determinación de atributos geográficos para la georeferenciación.
- ▶ Exportación de cada uno de los 156 ficheros HDF a formato GeoTIFF.

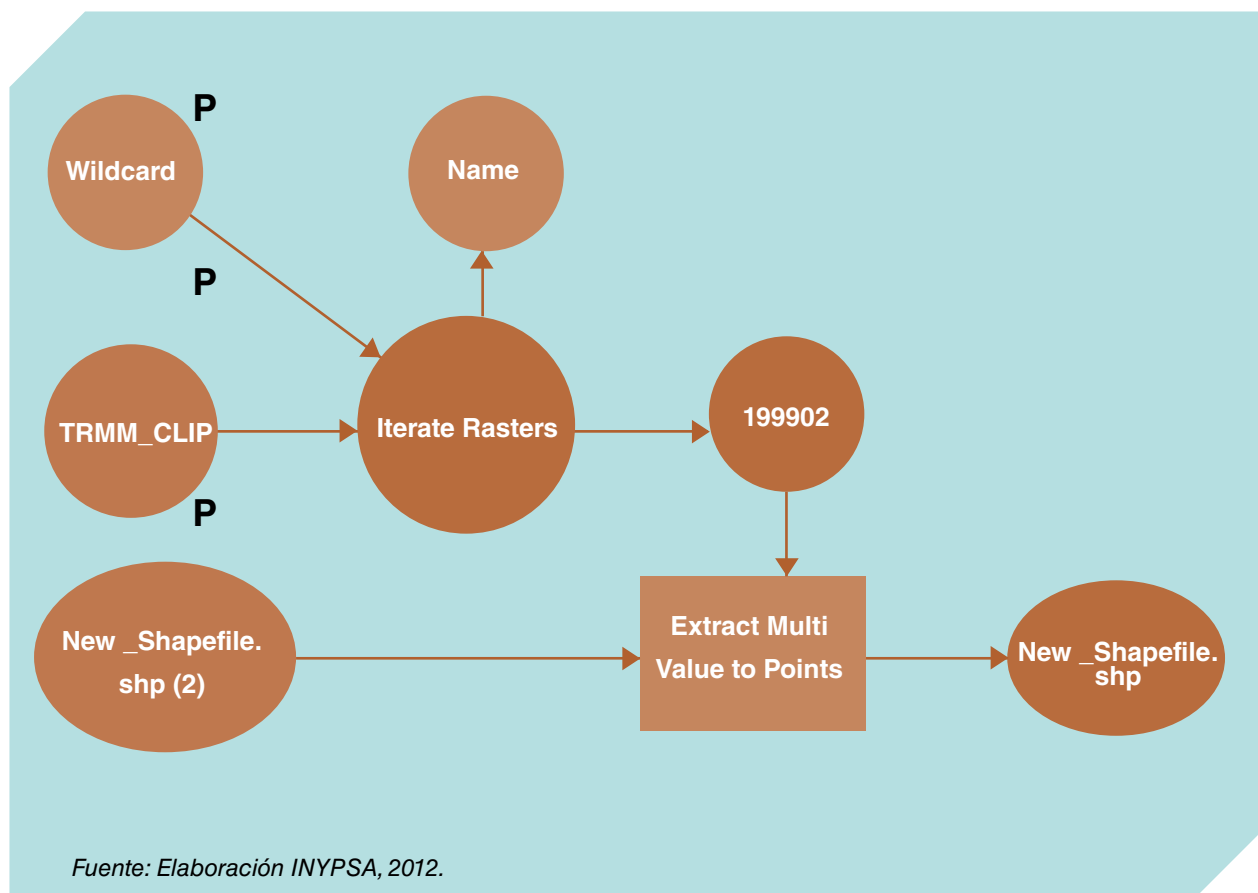
Las directrices para dicho procedimiento se encuentran en el portal Web de la NASA.

4.4.2. Obtención del modelo digital de precipitaciones mensuales TRMM

El proceso para la obtención de las imágenes satélite TRMM GeoTIFF con su información pluviométrica asociada ha sido realizado mediante una serie de pasos, apoyados gráficamente en la herramienta *Model Builder* del software ArcGis.

La información gráfica se ha procesado con el fin de obtener series pluviométricas por cada Centroides de la imagen ráster, contenidas en una Geodatabase, de modo que albergue numéricamente la totalidad de los datos de precipitación. A modo de ilustración, se incluye el proceso para la conversión de imágenes a nube de puntos utilizando la herramienta *Model Builder* del software ArcGIS (Figura 13).



Figura 13. Model Builder para la conversión de las imágenes raster a puntos

4.4.3. Obtención de las Precipitaciones TRMM por Unidades Hidrográficas

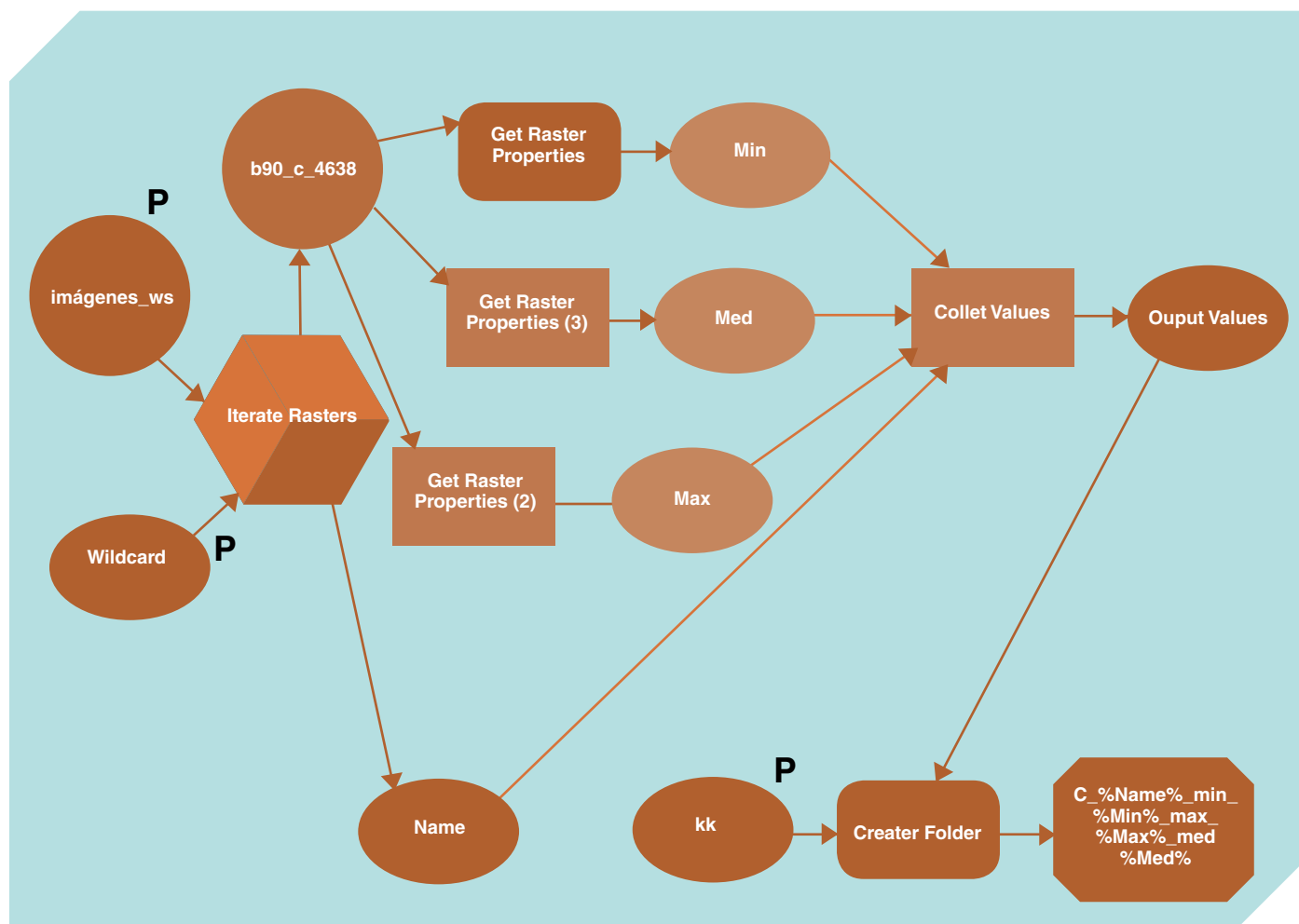
Una vez obtenida la serie de modelos digitales de precipitación y los mapas de Isoyetas mensuales correspondientes al territorio boliviano para el periodo de estudio, a través del software *ArcGis*, se han implementado módulos de programación geográfica con el fin de obtener la información pluviométrica mensual para cada uno de los 156 meses que comprende el periodo de estudio y para cada una de las unidades hidrográficas definidas. Para ello se ha seguido el siguiente procedimiento:

- ▶ Disminución del tamaño de pixel mediante la herramienta *Resample*.
- ▶ Análisis estadístico de la serie TRMM de cada cuenca utilizando la herramienta *Get Raster Properties* del *Toolbox Data Management Tool*.
- ▶ Colección y exportación de resultados mediante la herramienta *Collect Values*.

La Figura 14 muestra esquemáticamente el procedimiento descrito empleando la herramienta Model Builder del software *ArcGIS*.



Figura 14. Model Builder para la obtención de los valores estadísticos por Unidad Hidrográfica



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

4.4.4. Derivación del Modelo de Precipitaciones Mensuales ajustado

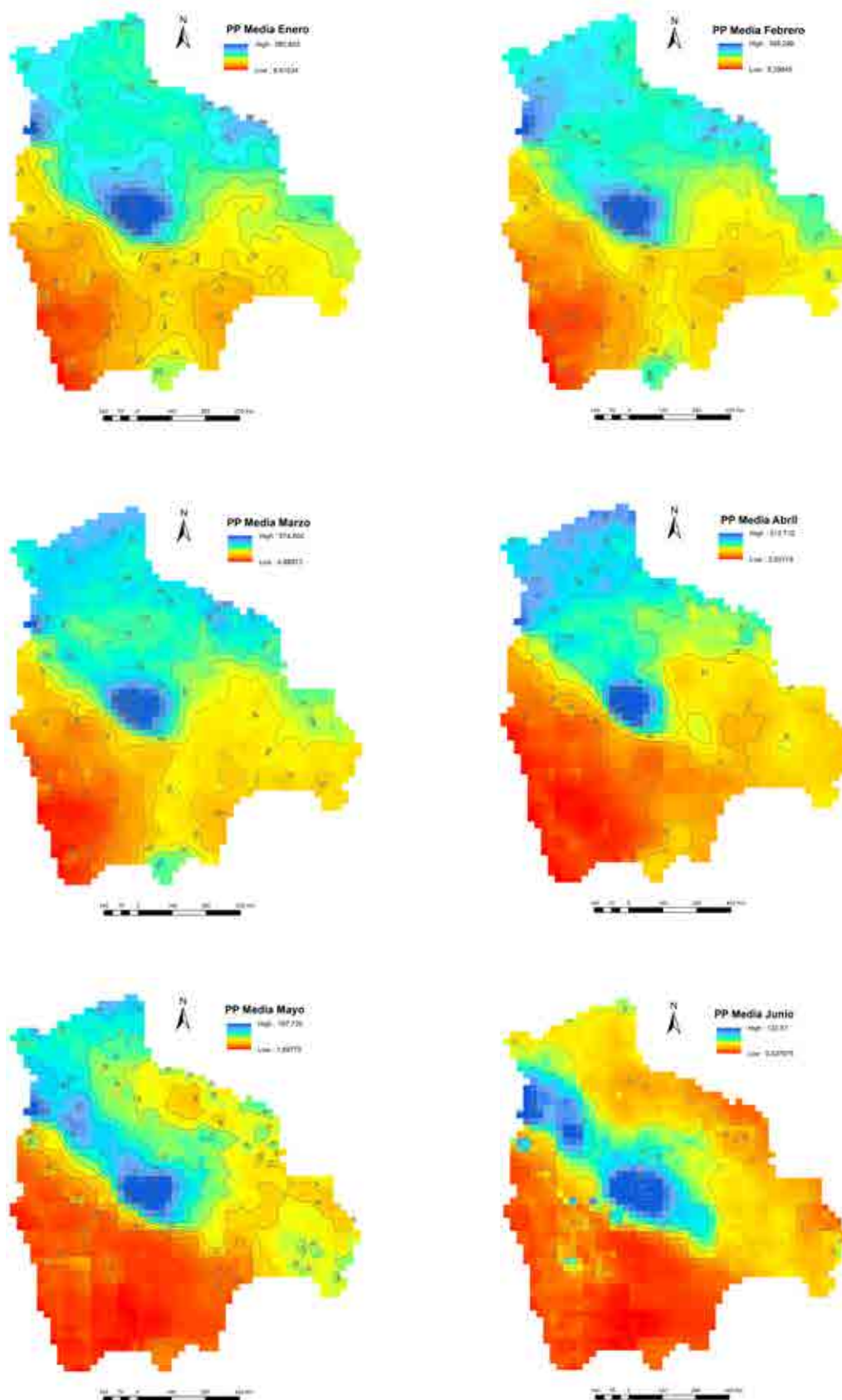
Se analizó la correlación existente entre las precipitaciones areales sobre cada UH, calculadas a partir de los registros del SENAMHI, y las derivadas de las imágenes del TRMM.

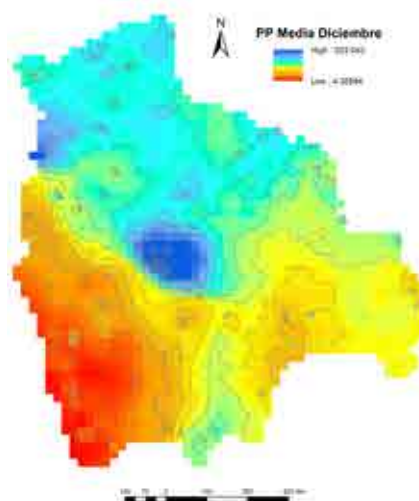
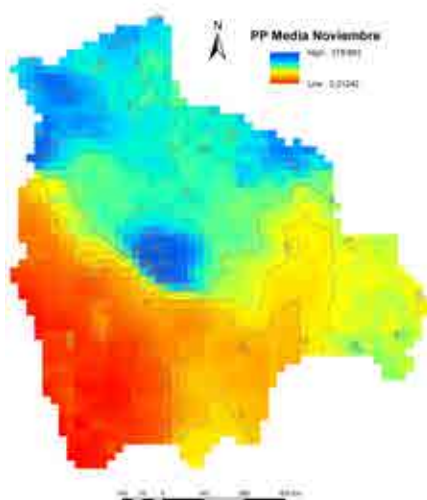
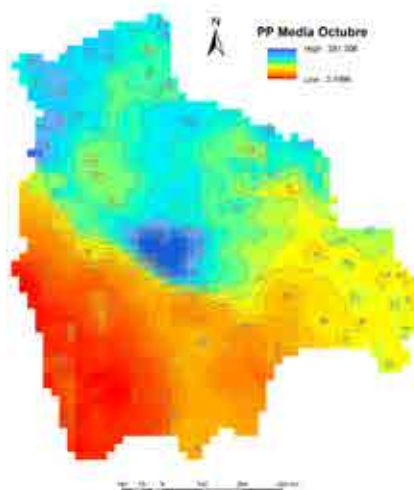
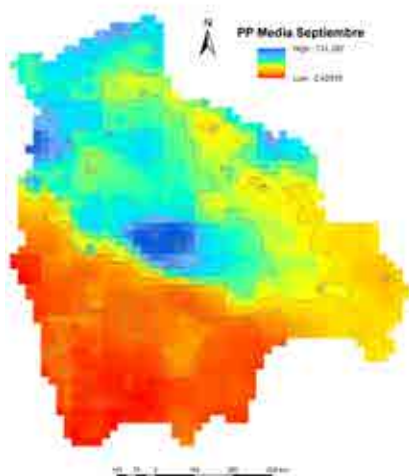
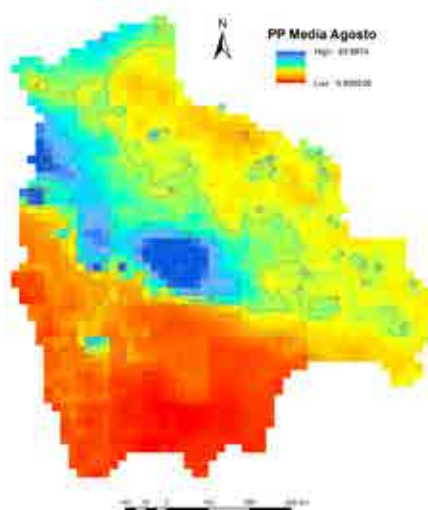
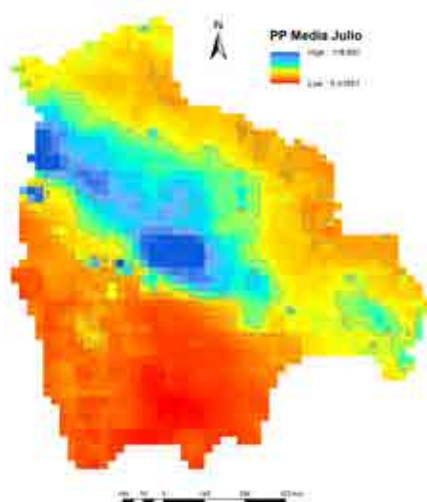
A partir de esta correlación se ajusta una recta a la nube de puntos de la precipitación anual de cada año de la serie calculada por ambos métodos en cada UH. La variable dependiente de la ecuación de esta recta representa la precipitación TRMM ajustada y calibrada con los valores calculados partiendo de los registros del SENAMHI.

Resultado del proceso descrito, se presentan en la Figura 15 los mapas de isoyetas medias mensuales como insumo para el modelo hidrológico.



Figura 15. Isoyetas medias mensuales como insumo para el modelo hidrológico





Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



4.5. Calibración y ajuste de precipitaciones

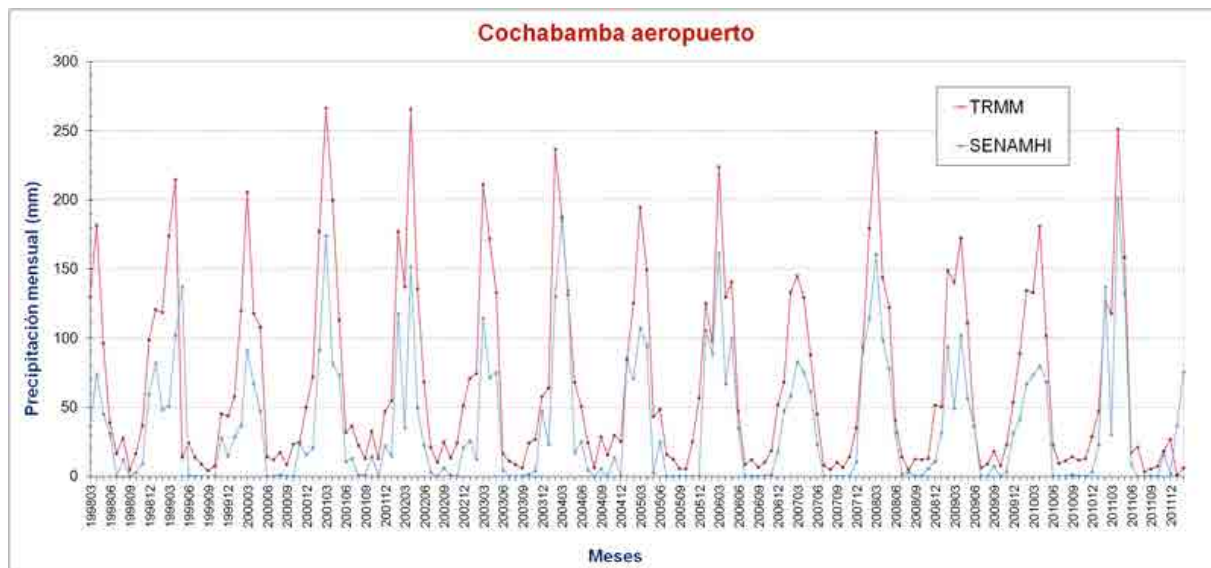
Puesto que zonas con escasa cobertura meteorológica sólo pueden estudiarse a través de imágenes satelitales de sensoramiento remoto, resulta aconsejable la utilización de información genérica como alternativa de análisis.

En este sentido, se ha diseñado una combinación de ambas fuentes de información que consiste en ajustar las series TRMM utilizando registros históricos de estaciones climatológicas del SENAMHI. Estos datos se unifican en un Modelo Digital de Precipitaciones del que se extraen las series de precipitaciones por unidades hidrográficas para el período de cálculo.

Se realizaron distintas pruebas de calibración para buscar la mejor forma de integrar los datos de las estaciones en el modelo generado a partir de TRMM.

Como primera aproximación, se compararon las series mensuales de las estaciones climatológicas con las correspondientes al pixel TRMM situado en el mismo emplazamiento que la estación de referencia. Como ejemplo, se presenta la estación de Cochabamba Aeropuerto (Figura 16).

Figura 16. Comparación series pluviométricas mensuales Estación Cochabamba Aerop SENAMHI vs pixel TRMM

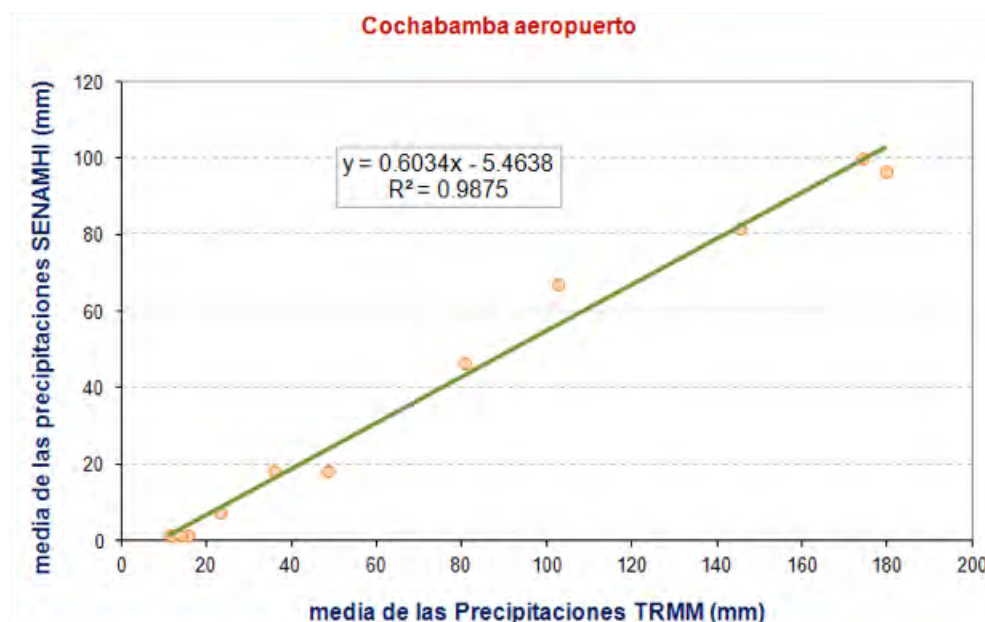


Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

En el gráfico se observa la similitud entre ambas curvas aunque con diferencias importantes en magnitud.

Para encontrar la fórmula que relacione ambas curvas, se ha agregado una línea de tendencia que relacione las medias y que permita calibrar y rectificar unos datos en función de otros (Figura. 17).

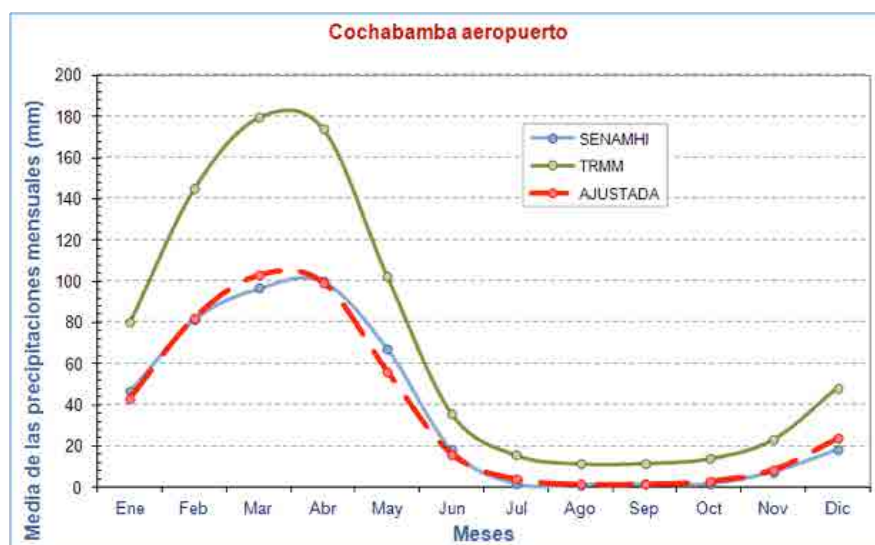
Figura 17. Correlación entre valores TRMM y SENAMHI de las precipitaciones mensuales en la estación Cochabamba Aeropuerto.



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

El coeficiente de correlación es 0,9875, lo que indica que la correlación entre ambas series es excelente. Aplicando la ecuación de regresión al pixel TRMM de estudio, se ha generado una serie sintética aproximando los datos observados en la estación pluviométrica, con el resultado mostrado en la Figura 18.

Figura 18. Comparación medias de las precipitaciones mensuales. Series TRMM, SENAMHI y TRMM ajustada



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

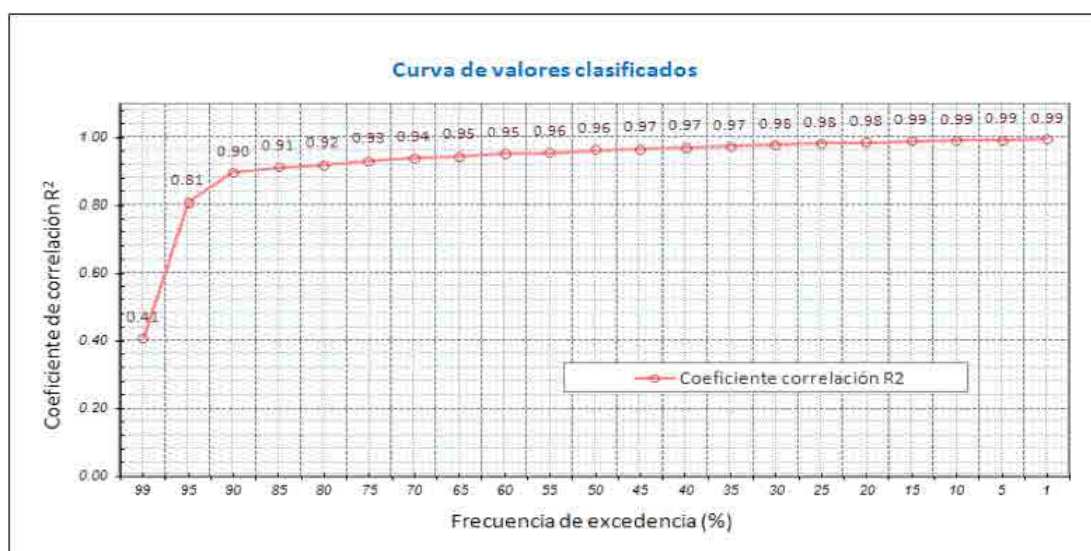


En el gráfico se aprecia que la serie TRMM ajustada (en rojo) coincide significativamente con la serie de SENAMHI.

Siguiendo este proceso, se han correlacionado las series de precipitación por Unidad Hidrográfica UH, habiéndose comprobado que se mantiene la buena correlación entre ambas series.

En la Figura 19 se presenta el gráfico de la curva de frecuencia de excedencia de los valores obtenidos para las diferentes estaciones, en la que se aprecia que los coeficientes de regresión son muy elevados. Tan sólo el 5 % de las unidades queda por debajo de 0,8, llegando el 90 % a superar el umbral de 0,9.

Figura 19. Coeficiente de correlación entre series pluviométricas TRMM y SENAMHI en U.H.



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

Este proceso de cálculo resulta muy sencillo. Relacionando las series con una ecuación de primer grado se consigue una serie sintética ajustada a los valores observados en las estaciones pluviométricas. En las unidades 4642 (Río Orton) y 4928 (Río Acre) en las que el coeficiente de correlación ha sido bajo no se ha aplicado esta corrección, por entenderse que, lejos de mejorar los datos, podría empeorarlos.

4.6. Series de precipitación TRMM ajustadas por UH

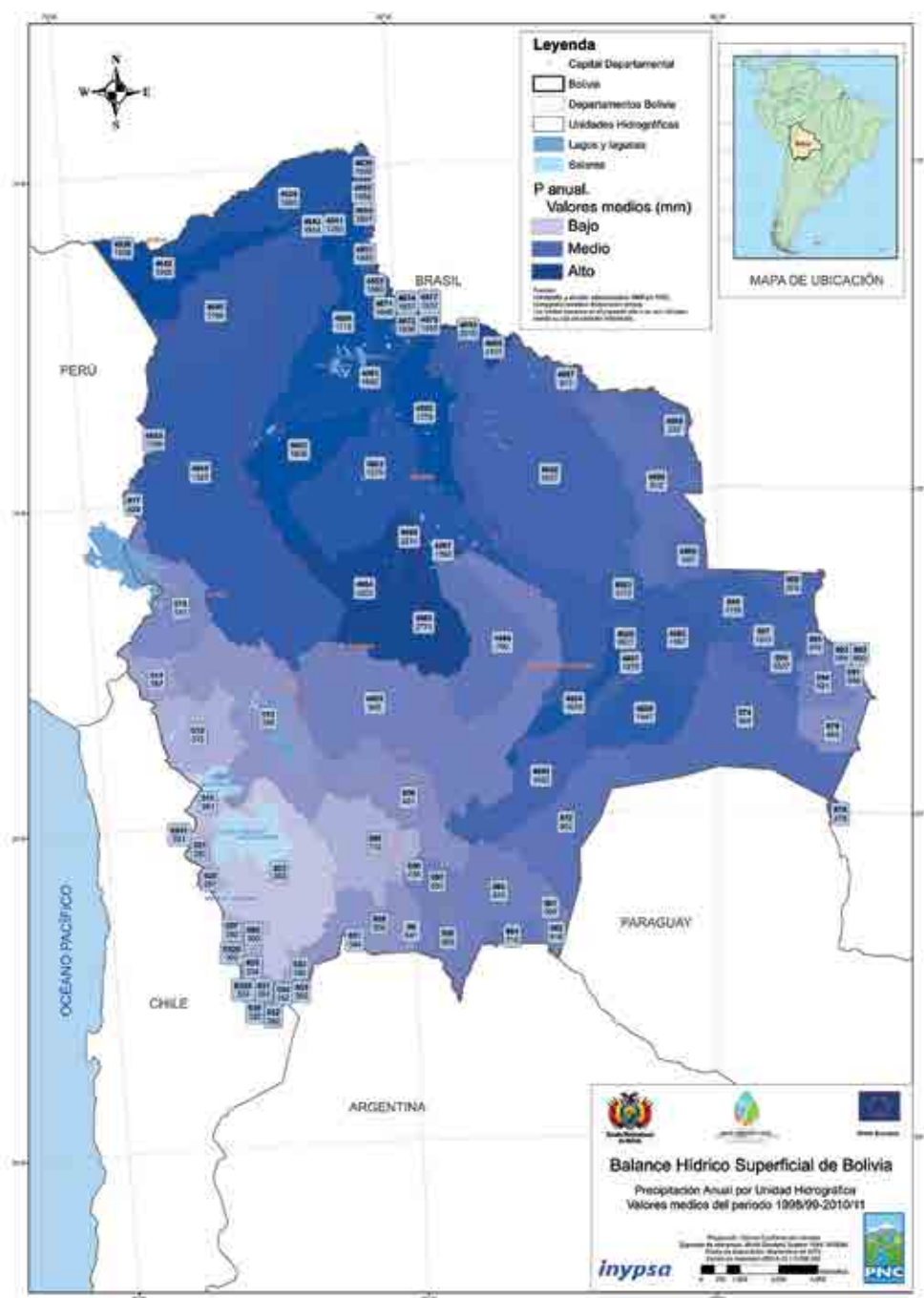
Las series TRMM representadas en unidades hidrográficas constan de 12 valores de precipitación (dato mensual) por cada uno de los 13 años de estudio. Cada valor se opera según la correlación lineal particularizada para cada UH, generando la nueva serie de precipitaciones mensuales por unidades hidrográficas, calibradas y ajustadas con información climatológica del SENAMHI por UH.



Se presenta en la Figura 20 el mapa de Unidades Hidrográficas de Bolivia, con los valores de precipitaciones medias anuales del período 1998/99-2010/11 para cada una de las UH estudiadas.

Esta serie de valores ajustados TRMM, es la que servirá de entrada al modelo de transformación precipitación-escorrentía, en las fases de calibración y de simulación.

Figura 20. Mapa de precipitaciones medias anuales por Unidad Hidrográfica. Valores del período 1998/99-2010/11



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.





5. Evapotranspiración

5. Evapotranspiración

Este capítulo establece la metodología y el procedimiento de cálculo para la derivación de la Evapotranspiración de Referencia según la formulación de la FAO Penman – Monteith. Para su aplicación, se examinaron y estudiaron todos los factores que afectan la evapotranspiración, estableciéndose los métodos para su determinación.

5.1. Marco conceptual

El término de evapotranspiración se utiliza para englobar en un parámetro el conjunto de procesos de pérdida de agua que ocurren en el medio y que involucran por un lado, el proceso físico de pérdida de agua por evaporación desde la superficie de suelo y, por otro, a los fenómenos fisiológicos de transpiración que realiza la vegetación, a través de los cuales el agua líquida se convierte en vapor de agua y se desprende de la superficie evaporante.

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Tanto en la evaporación como en la transpiración, la energía necesaria para el cambio de estado de las moléculas del agua de líquido a vapor procede mayormente de la radiación solar directa y, en menor grado, de la temperatura del aire.

Las variables físicas locales que afectan al proceso de la evaporación son el tipo y uso de suelo y la cobertura de éste, y otras variables que definen la cantidad de agua disponible en la superficie evaporante. Si el suelo no es capaz de suministrar suficiente agua para satisfacer esta demanda, el proceso de la evapotranspiración vendrá determinado por la magnitud del déficit hídrico.

La evapotranspiración depende igualmente del tipo de vegetación y su etapa de desarrollo. Las diferencias biológicas y aerodinámicas de la vegetación, como su resistencia a la transpiración, su rugosidad, la altura de la vegetación, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radicales del cultivo, dan lugar a diferentes tasas de ET.

Estas variables determinan tres conceptos y parámetros a través de los cuales se estudia el fenómeno de evapotranspiración:

- ▶ *La Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ET_o)*, como parámetro relacionado eminentemente con el clima. Expresa el poder evaporante de la atmósfera.
- ▶ *La Evapotranspiración del Cultivo bajo Condiciones Estándar (ET_c)*. Incorpora variables biológicas en el concepto de evapotranspiración. Define la demanda evaporativa de la atmósfera para cada especie de vegetación y condición climática.



- *La Evapotranspiración del Cultivo bajo Condiciones no Estándar (ET_c aj).* Considera limitantes ambientales tales como salinidad y ausencia de agua, que restringen la evapotranspiración de cada especie vegetal considerada.

5.2. Evapotranspiración de referencia

Penman (1965) formuló el concepto de Evapotranspiración de Referencia (ET_o) con el fin de relacionar el fenómeno de la evapotranspiración con un tipo específico de cobertura vegetal o cultivo, y con la ventaja de incorporar los procesos biológicos y físicos de dichas superficies vegetales bajo el concepto de Superficie de Referencia, de forma que se evita la necesidad de definir parámetros únicos de evaporación para cada cultivo y etapa de crecimiento.

En mayo de 1990, la FAO en colaboración con la Comisión Internacional para el Riego y Drenaje y la Organización Meteorológica Mundial, recomendó la adopción del método de Penman-Monteith como el único método estandarizado a nivel mundial para el cálculo de la evapotranspiración de referencia.

La ecuación de FAO Penman-Monteith es una representación clara, precisa y simple de los factores físicos y fisiológicos que gobiernan el proceso de la evapotranspiración. De esta forma, el método seleccionado en el presente Balance Hídrico para el cálculo de la evapotranspiración de la superficie de referencia (ET_o) corresponde a la formulación FAO Penman – Monteith.

Para posteriores estudios que traten la demanda evapotranspiratoria de Bolivia se recomienda determinar los coeficientes de evapotranspiración para cada uso y tipo de suelo y cobertura vegetal, de forma que se pueda obtener el coeficiente de cultivo relacionado a dichas unidades de vegetación y suelo con los valores de evapotranspiración medidos de forma directa o indirecta.

5.3. Metodología adoptada

Las fuentes de datos de información meteorológica - adoptada como base para la derivación de las series de Evapotranspiración de referencia - son las siguientes:

- Datos meteorológicos de las estaciones físicas correspondientes a la base de datos del “National Climatic Data Center” (NCDC) de los Estados Unidos de América.
- Datos meteorológicos de las estaciones administradas por el SENAMHI y gestionados por el software Sistema de Procesamiento de Datos Meteorológicos (SISMET).

Con dicha información se procedió a la obtención del modelo digital de evapotranspiración y sus isolíneas de evapotranspiración medias mensuales y anuales, así como de las temperaturas medias, máximas y mínimas medias mensuales y anuales, a través del procesamiento de los registros diarios de todas las estaciones meteorológicas para el



periodo 1970-2011. Como resultado se obtuvieron los valores medios mensuales de evapotranspiración por unidad hidrográfica, los cuales se usan como entrada al Modelo de Balance Hídrico Superficial de Bolivia.

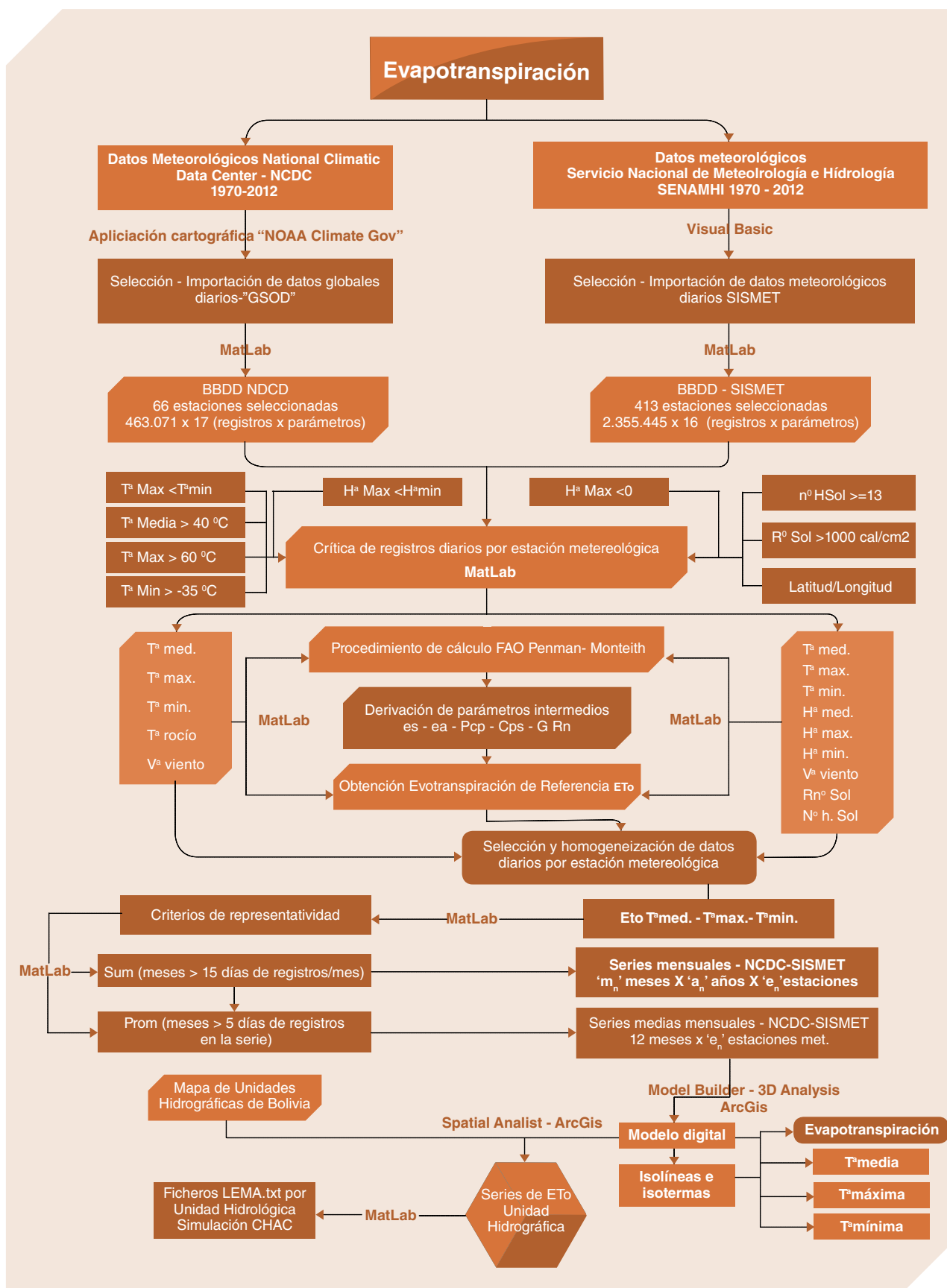
La metodología adoptada y desarrollada para la obtención de la Evapotranspiración de Referencia comprende los siguientes pasos:

1. Adquisición de datos meteorológicos y estructuración de las bases de datos de registros diarios, a partir de las fuentes de datos consideradas en el Balance Hídrico;
2. Crítica y depuración de registros meteorológicos diarios para cada estación meteorológica considerada;
3. Procedimiento de cálculo desarrollado en MatLab para la derivación de la Evapotranspiración de Referencia (ET₀) y todos los parámetros intermedios involucrados en su estimación basados en la formulación de la FAO Penman - Monteith;
4. Selección y homogeneización de datos diarios realizada por estación meteorológica bajo criterios de representatividad. Obtención de las Series Mensuales en todo el periodo de estudio y las Series Medias Mensuales de ET y Temperaturas medias, máximas y mínimas;
5. Derivación de los Modelos Digitales climáticos para cada parámetro (ET₀, T_{max}^a, T_{min}^a, T_m^a) sus isolíneas e isothermas correspondientes y corrección de incongruencias;
6. Obtención de la Evapotranspiración de Referencia media mensual por Unidad Hidrográfica y elaboración de los ficheros necesarios como entrada para la simulación de las aportaciones.

Estos pasos se encuentran sistematizados en el flujograma presentado en la Figura 21.



Figura 21. Flujograma para la obtención de la Evapotranspiración por Unidad Hidrográfica



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

5.4. Fuentes de datos meteorológicos

5.4.1. Base de datos del National Climatic Data Center – (NCDC)

La base de datos del National Climatic Data Center – NCDC, de los Estados Unidos, constituye la base de datos climática más grande del mundo, la cual monitorea, evalúa y procesa datos meteorológicos generados por los servicios meteorológicos mundiales.

La importación de datos climáticos de esta fuente se realizó a partir de la web de la Administración Atmosférica y Oceánica de los Estados Unidos (NOAA) y su aplicación cartográfica e interactiva, misma que está incorporada en su portal web.

El formato de la importación corresponde a un archivo ASCII de fácil lectura por cualquier soporte informático, en el que se encuentran los registros de observaciones globales diarias “GSOD” para cada una de las estaciones seleccionadas en la aplicación web.

Los datos meteorológicos disponibles en la base de datos del NCDC y de interés para el cálculo de la ETo son las temperaturas, el punto de rocío y la velocidad del viento.

5.4.2. Base de datos SISMET del SENAMHI

El SENAMHI suministró toda la información meteorológica diaria registrada históricamente en forma de 1.014 archivos independientes en formato Excel, correspondientes a cada una de las estaciones meteorológicas administradas por dicho organismo.

Para la importación automatizada de los datos se ha desarrollado una aplicación en programación Visual Basic con el fin de viabilizar la lectura de cada uno de los 1.014 ficheros y su posterior escritura en una base de datos.

La base de datos del SISMET contiene 41 parámetros meteorológicos designados con la nomenclatura “CODP n” que corresponde a los registros diarios medidos por las estaciones meteorológicas gestionadas por el SENAMHI. Si bien la mayoría de los parámetros no se encuentran registrados por todas las estaciones meteorológicas, mediante la aplicación programada en Visual Basic se ha realizado la selección de los parámetros de interés definidos por el procedimiento de cálculo de la formulación de FAO Penman Monteith. Estos parámetros corresponden a las temperaturas ambientales, humedad relativa, velocidad del viento, insolación y radiación solar.

5.5. Crítica de datos meteorológicos

Mediante MatLab se ha realizado la depuración de los más de 2 millones de registros diarios obtenidos del SISMET y los más de 400.000 datos del NCDC. Para ello se han establecido los siguientes criterios para la localización, selección y depuración de registros:



- ▶ Temperatura Máxima < Temperatura Mínima;
- ▶ Temperatura Media > 40 °C;
- ▶ Temperatura Máxima > 60 °C;
- ▶ Temperatura Máxima < 35 °C;
- ▶ Humedad Relativa (HR) Máxima < Humedad Relativa (HR) Mínima;
- ▶ HR Máxima, HR Mínima o HR media < 0;
- ▶ Número de Horas de Sol > 13 horas;
- ▶ Radiación Solar > 1.000 cal/cm2/día.
- ▶ Radiación Solar < 100 cal/cm2/día.

Los datos erróneos han quedado seleccionados por filas y convertidos en valores nulos (-9999) en una base de datos modificada.

5.6. Procedimiento de cálculo para la obtención de la ET_o

Para la derivación de la evapotranspiración de referencia, a partir de los parámetros meteorológicos diarios registrados por cada estación y según la formulación de FAO Penman-Monteith, el marco teórico seguido se describe a continuación:

Ecuación 1: Ecuación de FAO Penman-Monteith para el cultivo hipotético de referencia

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

ET_o : Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

R_n : Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m² día⁻¹)

Δ : Pendiente de la curva de presión de saturación de vapor

G : Flujo del calor de suelo (MJ m² día⁻¹)

T : Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u_2 : Velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹)

e_s : Presión de vapor de saturación (KPa)

e_a : Presión real de vapor (KPa)

γ : Constante Psicrométrica



Los datos de entrada necesarios para el cálculo de la Evapotranspiración ET para cada estación meteorológica, son los siguientes:

- ▶ Altura sobre el nivel del mar en metros (msnm) y latitud en grados decimales.
- ▶ Temperaturas diarias máximas y mínimas en grados centígrados (°C).
- ▶ Temperatura media, como promedio de la temperatura máxima y mínima diaria.
- ▶ Temperatura del punto de rocío (TDEW).
- ▶ Humedad Relativa (HR) en valor decimal del contenido de agua del aire.
- ▶ Velocidad del viento promedio diaria en metros por segundo.
- ▶ Radiación Neta Diaria sobre la superficie de cultivo en MegaJoules por m² por día.

5.7. Selección y homogeneización de los datos diarios

El cálculo de la ETo se llevó a cabo a escala diaria para cada una de las estaciones meteorológicas involucradas. La selección y homogeneización de datos se realizó mediante programación *MatLab*, con el fin de generar valores medios anuales y mensuales de cada estación meteorológica para el periodo de estudio considerado, de 1970 a 2011.

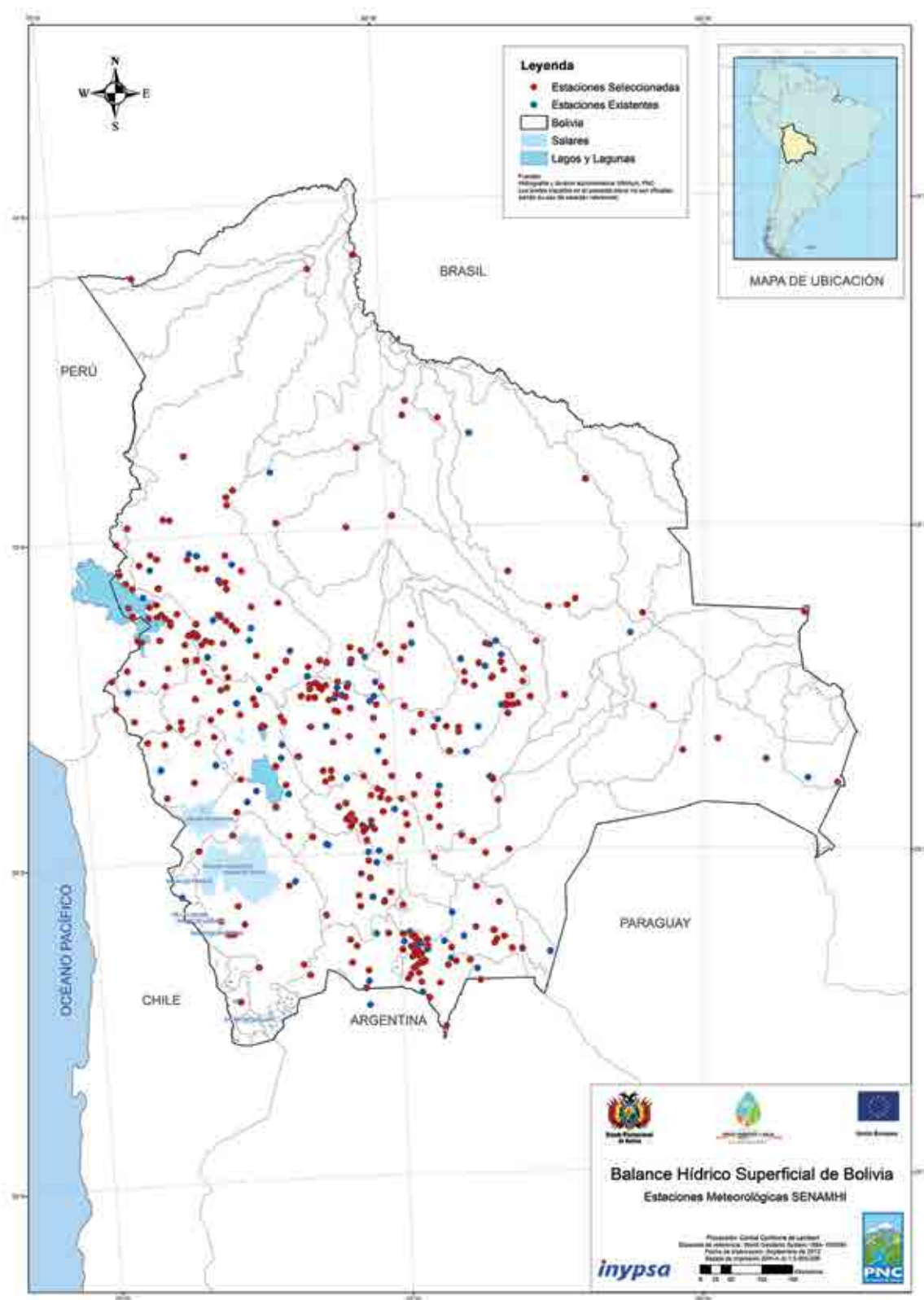
Del total de 1.014 estaciones meteorológicas del SISMET, 414 estaciones son las que han proporcionado los datos necesarios para la obtención de la ETo. De estas últimas, únicamente 316 han ofrecido datos mensuales con más de 15 días de registros.

Análogamente, 67 estaciones meteorológicas del NCDC suministraron datos meteorológicos diarios para el cálculo de la ETo, de las que únicamente 54 fueron seleccionadas bajo los criterios de representatividad anteriormente descritos.

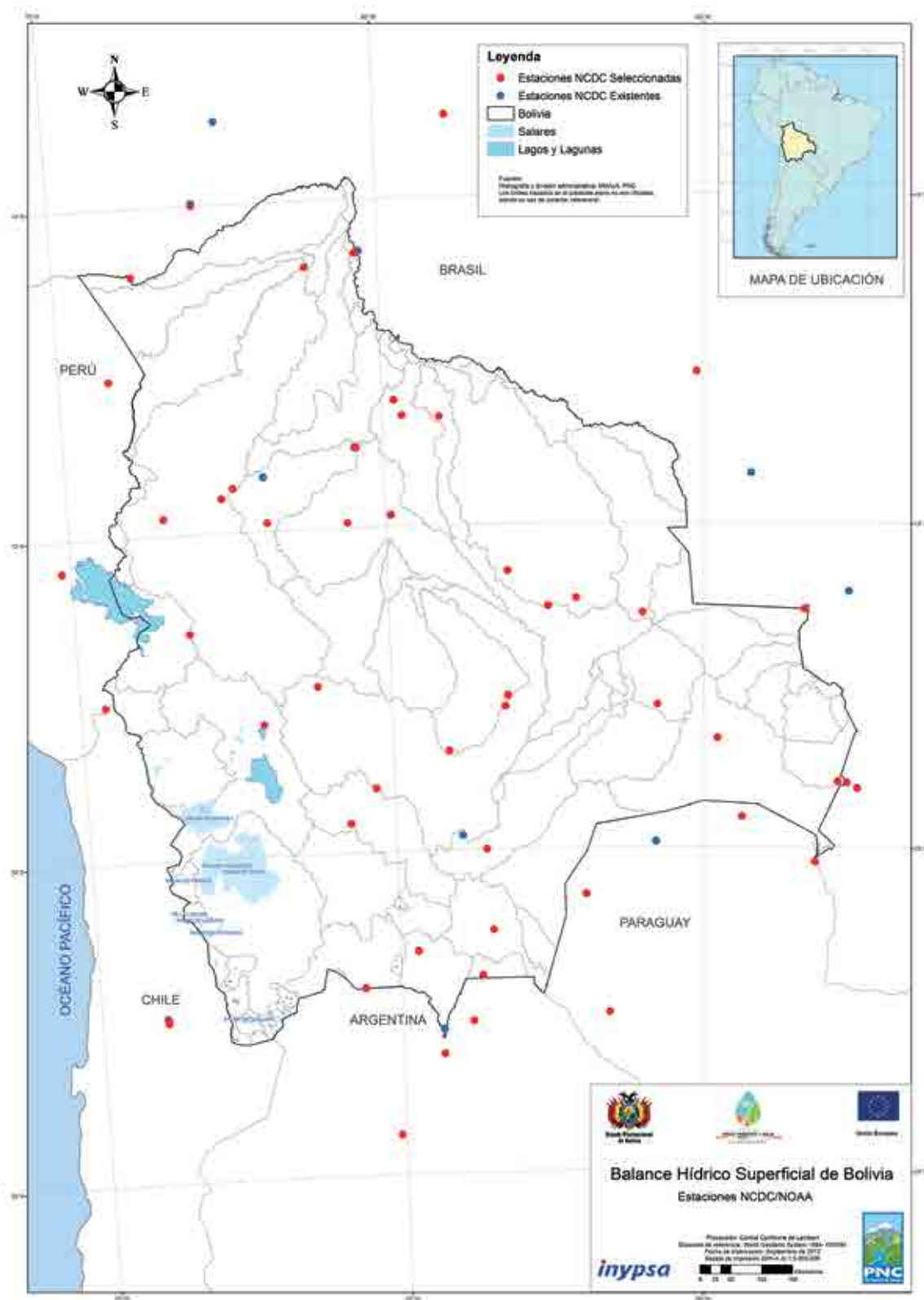
Se presentan en la Figura 22 las estaciones existentes y las estaciones seleccionadas, del SENAMHI y NCDC.



Figura 22. Estaciones existentes y seleccionadas de SISMET–SENAMHI y NCDC



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



5.8. Obtención del modelo digital e isolíneas climáticas

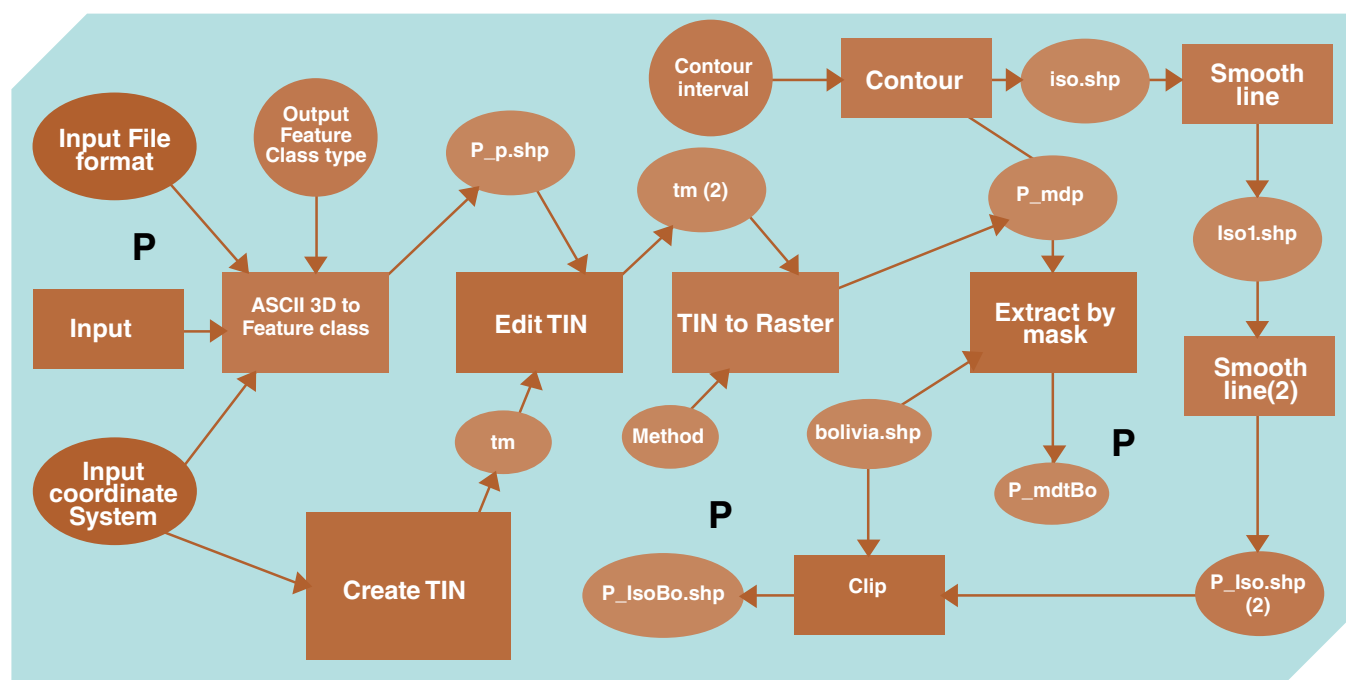
La obtención de los planos de modelos digitales y derivación de isolíneas para cada parámetro meteorológico de estudio, se ha implementado mediante métodos computarizados con ayuda de soportes tales como *MatLab* y *ArcGis*.

Para la generación de resultados gráficos de cada uno de los productos, aplicando programación *Mat Lab* y el *Model Builder* de *ArcGis*, el proceso de implementación y complementación de ambos soportes comprendió los siguientes pasos:

1. Obtención de los valores medios mensuales para cada estación.
2. Exportación de valores medios por estación y por parámetro de estudio.
3. Conversión de los ficheros ASCII a un tema de puntos en formato Shapefile.
4. Creación de un TIN e incorporación de la nube de puntos al TIN
5. Transformación del TIN a formato Ráster
6. Obtención de las isolíneas por cada parámetro
7. Extracción de datos para el contorno correspondiente al área geográfica boliviana

A título ilustrativo, se presenta en la Figura 23 el flujograma para la obtención de los modelos digitales de cada parámetro y sus isolíneas utilizando la herramienta Model Builder (SPATIAL ANALYST y ANALYST TOOL) del software *ArcGis*.

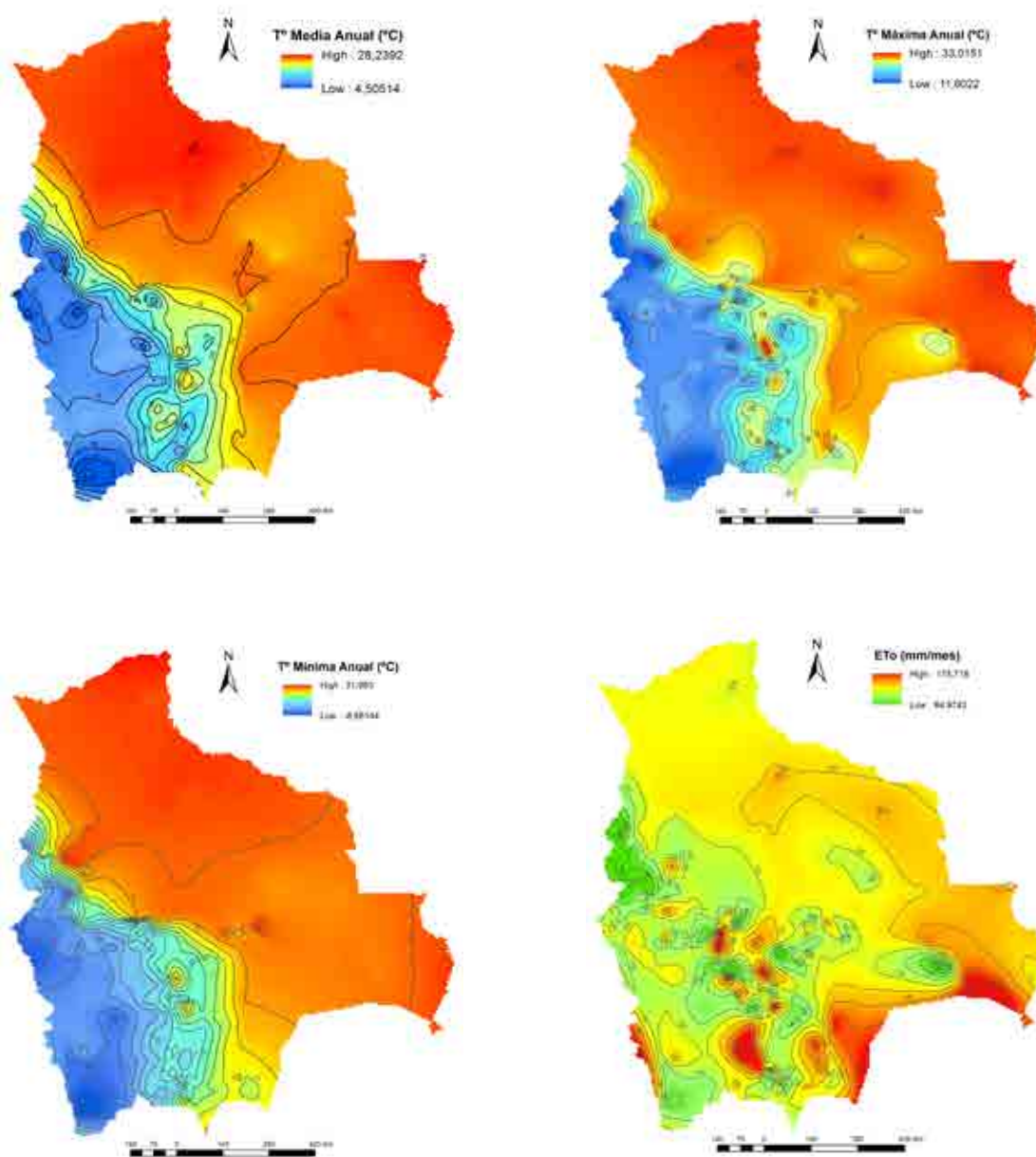
Figura 23. Flujograma para la obtención de los modelos digitales de cada parámetro y sus Isolíneas



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

Se presentan en la Figura 24 los mapas digitales de temperaturas media anual, máxima anual y mínima anual, y de evapotranspiración de referencia media anual, en mm/mes. En la Figura 25, los mapas de evapotranspiración de referencia correspondientes a los 12 meses del año, obtenidos como resultado del procesamiento de toda la información básica.

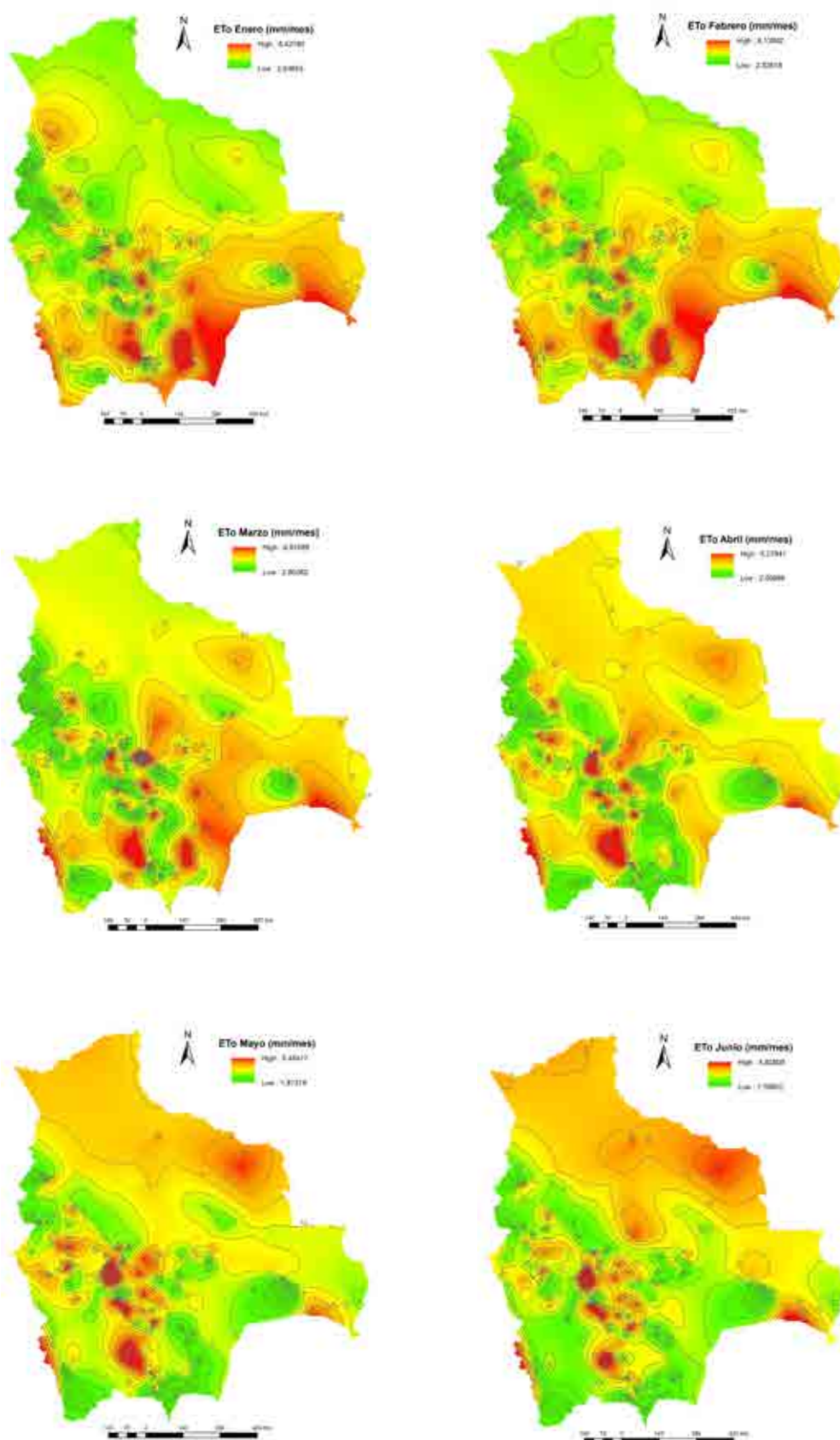
Figura 24. Modelos Digitales e Isolíneas de Temperaturas Medias Anuales (periodo 1970–2012)

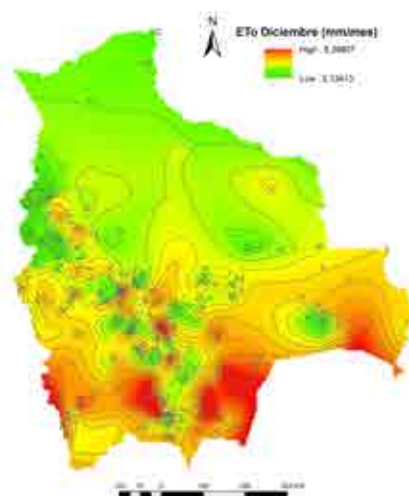
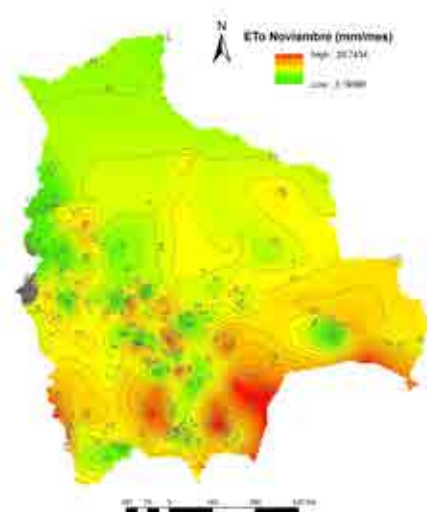
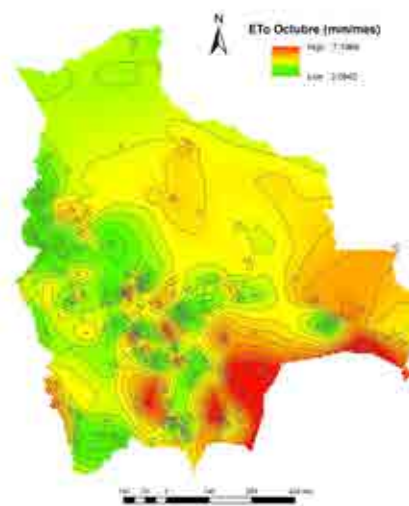
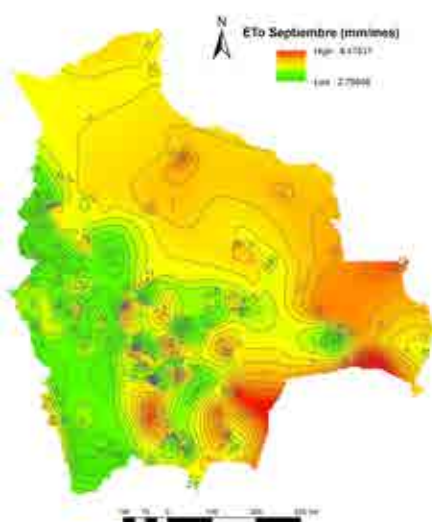
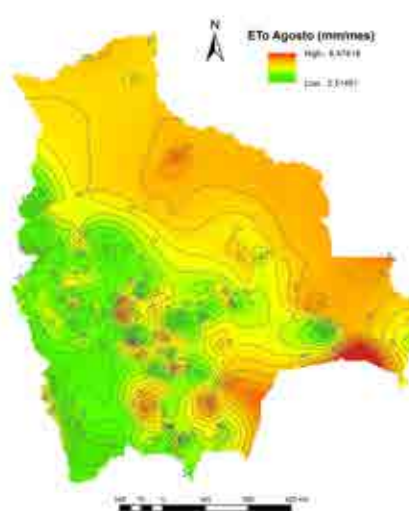
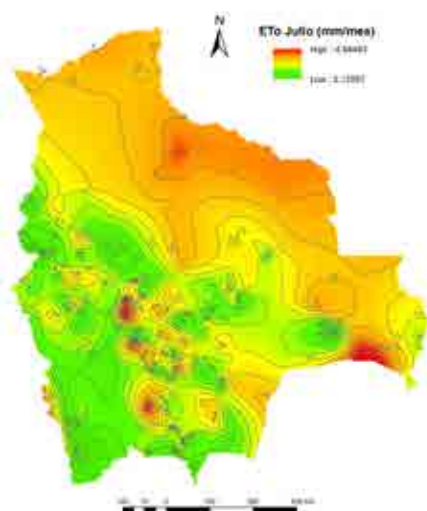


Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



Figura 25. Modelo digital e isolíneas de Evapotranspiración de Referencia (ET_o) media mensual (1970 - 2012)





Fuente: Elaboración INYPSA, 2012



5.8.1. Localización y corrección de incongruencias

Una vez obtenidos los modelos digitales climáticos, se realizó un proceso de auditoría a fin de evaluar la calidad de la cartografía generada, proceso basado en la observación cartográfica del gradiente térmico presentado por el modelo digital climático.

Si el gradiente térmico originado por la estación meteorológica analizada, no tiene relación con la elevación obtenida a partir de un modelo digital de elevaciones, pueden existir dos tipos de incongruencias.

1. Que los datos semilla para la obtención de los valores medios climáticos por cada estación meteorológica tengan errores significativos, resultando heterogeneidades significativas en su modelo digital climático.
2. Que los datos semilla para la obtención de los valores medios climáticos se encuentren bien depurados y sea la localización geográfica de la estación meteorológica la causante de la heterogeneidad cartográfica.

Como resultados de esta auditoría, destacan las siguientes observaciones:

- Los datos derivados del National Climate Data Center no denotaron ningún error, presentando valores aceptables y modelos digitales climáticos que representan la realidad climática de Bolivia. Ello se explica porque todos los datos obtenidos del NCDC han sido previamente evaluados y corregidos por los responsables de esta base climática.
- Se han obtenido errores de localización de algunas estaciones meteorológicas de Bolivia gestionadas por el SENAMHI, resultado de la detección de conos de disminución o aumento muy acentuado de los valores climáticos obtenidos.

Las estaciones meteorológicas susceptibles de error han sido eliminadas de la base de datos.

5.9. Evapotranspiración de referencia por unidad hidrológica

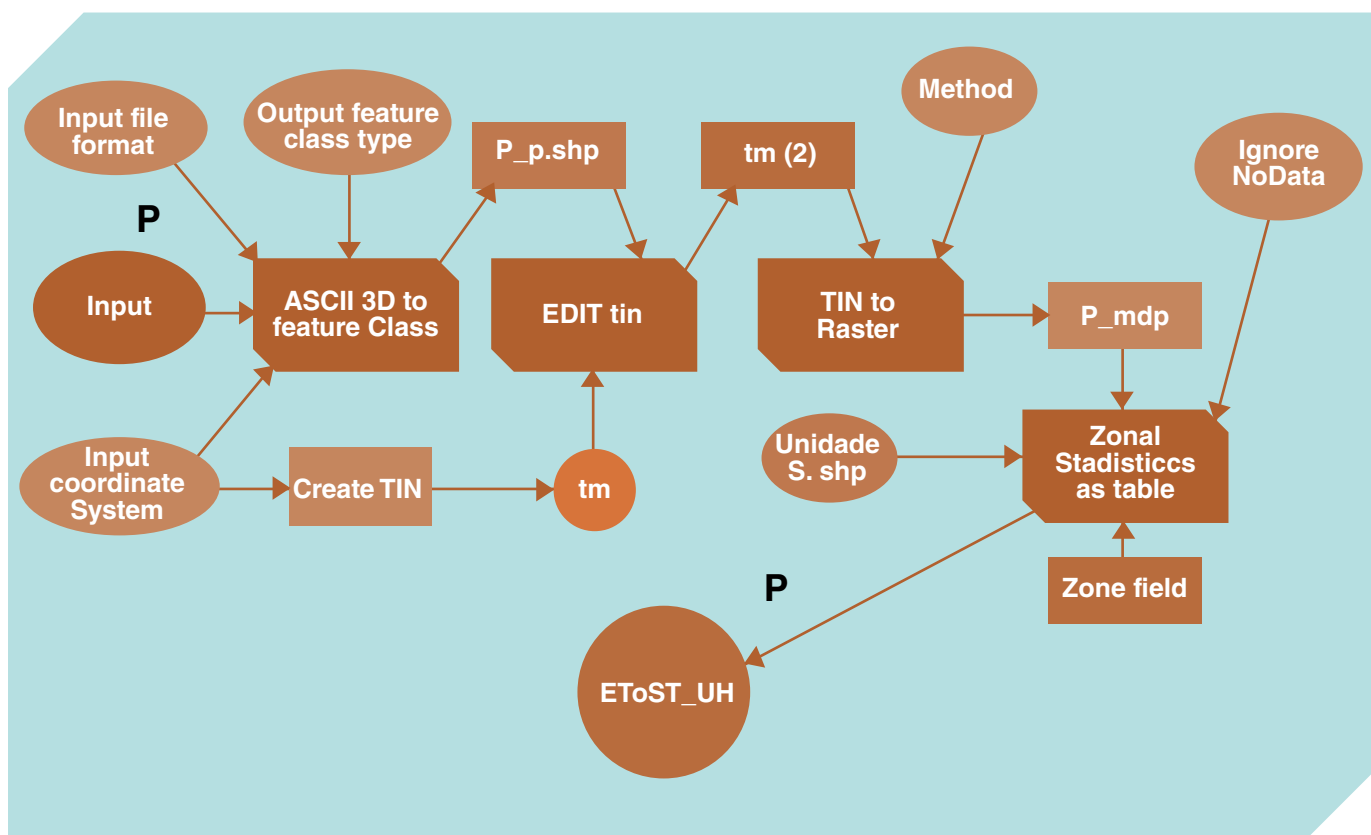
La Evapotranspiración de Referencia (ET_0) por unidad hidrológica ha sido obtenida generando los valores medios mensuales de ET_0 y los ficheros ASCII correspondientes mediante *MatLab*. Luego, aplicando secuencialmente varias herramientas del *3D Analyst de ArcGis* se obtuvieron los valores estadísticos de ET_0 por Unidad Hidrológica, tales como el valor máximo, el valor mínimo, el rango, desviación estándar, sumatoria, área, etc.

Por último, se realizó la conversión de los valores medios de ET_0 por unidad hidrográfica UH a ficheros LEMA como input del modelo hidrológico. Ello se llevó a cabo mediante la generación de los comandos de programación (*Scripts*) necesarios en Matlab.

En la Figura 26 se detalla el flujograma de trabajo para la triangulación, generación del Modelo Digital de ET_0 y la obtención de los parámetros estadísticos por UH, utilizando la herramienta Model Builder del software AcrGIS.



Figura 26. Model Builder para la obtención de la Evapotranspiración de Referencia por Unidad Hidrográfica



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.





6. Escorrentía

6. Escorrentía

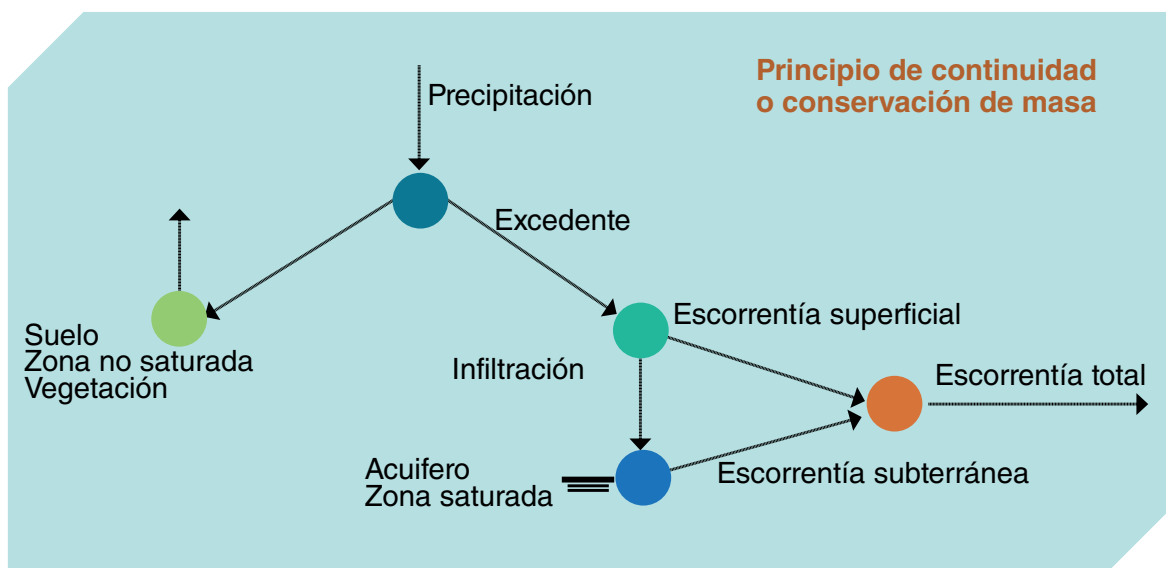
6.1. Metodología para la estimación de la escorrentía. Modelo Témez

Se ha utilizado el software CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas), elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos de España (CEDEX) para modelar las distintas unidades hidrográficas de niveles 3 y 4 clasificadas por el método Pfafstetter para Bolivia.

El modelo de Témez (1977), integrado dentro del software CHAC, es un modelo agregado de simulación continua de la escorrentía, de pocos parámetros y de paso mensual.

El esquema del modelo y su formulación se indican en la Figura 27, extraída del Manual del software CHAC, así como la formulación y las variables que intervienen en el cálculo.

Figura 27. Esquema del modelo de Témez



Fuente: Manual del CHAC (CEDEX, España)

Como entradas al modelo se requieren los siguientes datos:

- ▶ Precipitaciones mensuales areales sobre la cuenca (período 1998-99 a 2010-11).
- ▶ Evapotranspiración potencial mensual de la serie temporal.
- ▶ Serie de caudales medios mensuales registrados en la salida de la cuenca que se simula (solamente para la calibración y validación del modelo en las cuencas con registros).



Además se necesita facilitar al modelo los siguientes parámetros:

- ▶ Área de la cuenca en km^2 . El área de cada UH figura en el cuadro de parámetros morfométricos presentado en el Capítulo 2.
- ▶ Número medio de días de lluvia al mes.
- ▶ Coeficiente ETP (adimensional). Es un coeficiente corrector de la ETP, con valor 1 cuando el cálculo se realiza con precisión y fiabilidad.
- ▶ Parámetro C de excedencia (adimensional). Representa el umbral a partir del cual la precipitación se convierte en escorrentía e infiltración. El rango va desde 0 hasta 1.
- ▶ Parámetro $H_{\text{máx}}$ (mm). Capacidad máxima de almacenamiento en el suelo, disponible para la evapotranspiración. Existen valores de referencia tabulados para este parámetro, función del uso del suelo y vegetación que oscilan entre pocos milímetros para superficies pavimentadas hasta 300 mm en zonas muy húmedas.
- ▶ Infiltración máxima en el suelo $I_{\text{máx}}$ (mm).
- ▶ Caudal subterráneo inicial (m^3/s). Es el caudal inicial al inicio del período de simulación.
- ▶ Humedad inicial del suelo (mm).
- ▶ Rama de descarga del acuífero ($1/n^\circ$ de días). El modelo puede contemplar 2 ramas de descarga distintas de un mismo acuífero, con descarga lineal.

6.2. Características hidrológicas de las unidades hidrográficas

Los parámetros que definen las características hidrológicas de las distintas UH, y que influyen directamente en la respuesta ante la precipitación, se definen a continuación.

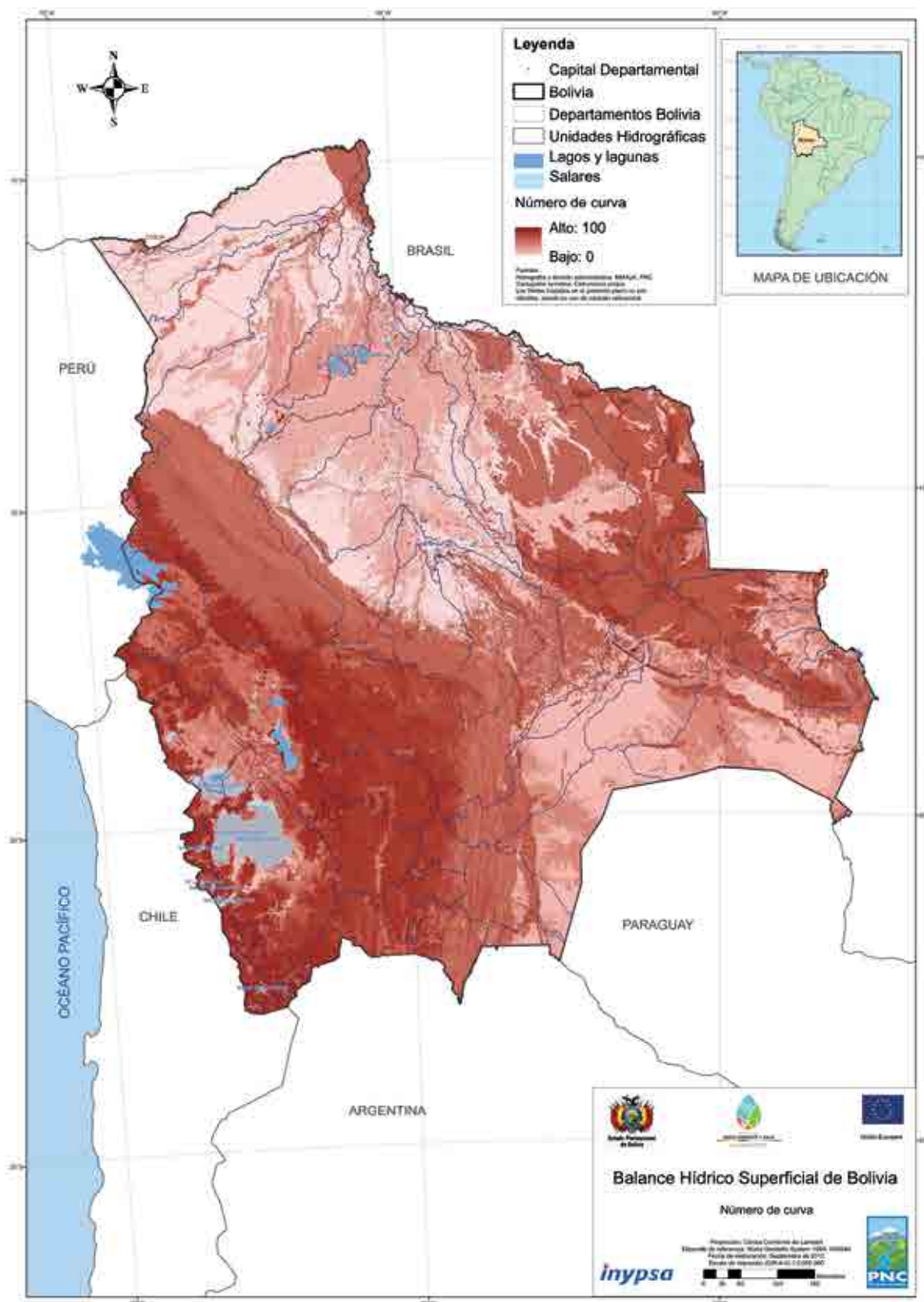
Número de curva

El número de curva (CN), desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) de Estados Unidos (1972), es un importante parámetro adimensional que aglutina la información sobre las propiedades del suelo (tipo de usos del suelo, pendiente y grupo hidrológico) y atribuye una condición hidrológica al territorio de estudio. Su valor varía entre 0 (indica que toda la lluvia infiltra) y 100 (representa el escurrimiento total de la precipitación).

Para la generación del valor (*grid*) correspondiente al Número de Curva se ha cruzado información de Tipo de Suelo: *Soil Use* (Usos del Suelo) y *Land Use* (Cobertura). A estos polígonos se les ha asociado un número de curva según las tablas desarrolladas por el *Soil Conservation Service*, e incluidas en el paquete *SIG ArcGIS*. Promediando estos valores en cada subcuenca, se ha obtenido los Números de Curva de cada Unidad Hidrográfica para toda Bolivia (Figura 28).



Figura 28. Mapa de Números de Curva CN de Bolivia



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



Porcentaje de Impermeabilidad

De igual manera que se calcula el Número de Curva, este *grid* se obtiene asignando un porcentaje de impermeabilidad a cada uso del suelo. La generación se realiza con *HEC-GeoHMS*. Se obtiene el parámetro de porcentaje de impermeabilidad, con valores de 0 a 100.

Calculando la media de estos valores en cada UH, se ha obtenido el porcentaje de impermeabilidad de cada Unidad Hidrográfica.

Número de días de lluvia

El número de días de lluvia corresponde al promedio de pluviometría mensual por cada Unidad Hidrográfica. Para su determinación en el caso del BHSB, se ha aplicado un programa en Visual Basic para el análisis pluviométrico de todas las estaciones meteorológicas del SENAMHI, habiéndose obtenido dicho parámetro para cada Unidad Hidrográfica mediante las herramientas *Zonal Statistics as Table* de *ArcGis*, generación de Polígonos Thiessen de *ArcGis*, y posterior intersección con la capa de Unidades Hidrográficas.

Humedad máxima del suelo

La capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo es un parámetro que depende de la textura, la pendiente del terreno y el espesor de la franja de suelo donde tiene lugar la evaporación.

El valor de $H_{\max}$, que es del orden de 200 mm como valor promedio en cuencas (Témez, 1977), tiende a aumentar con aquellos factores que facilitan la retención superficial de agua (poca pendiente, presencia de vegetación, cultivos en surcos transversales a las líneas de máxima pendiente o bancales).

La capacidad máxima de humedad del suelo se ha obtenido relacionando los Números de Curva con valores tabulados en bibliografía temática (Libro Blanco del Agua, España).

Infiltración máxima

El parámetro de la capacidad máxima de Infiltración $I_{\max}$ que interviene en la ley que regula el reparto del excedente de agua entre escorrentía superficial e infiltración al acuífero, no depende sólo de las propiedades del terreno, sino también de la intensidad y concentración de las precipitaciones. Suele tomar valores comprendidos entre 100 mm/mes y 400 mm/mes dependiendo de que la lluvia sea esporádica o persistente (Témez, 1977).

Se ha obtenido igualmente relacionando los tipos de suelo del mapa geológico de Bolivia con los valores tabulados en bibliografía temática (Libro Blanco del Agua, España).



El valor promedio de cada UH se ha obtenido por agregación de sus celdas integrantes. Los parámetros hidrológicos calculados para cada Unidad Hidrográfica se presentan en el Anexo 2.

6.3. Esquemas de cuencas

La ubicación de las estaciones de aforo se realiza en general atendiendo a necesidades estratégicas del momento, teniendo en cuenta la superficie vertiente al punto de ubicación, accesos a la estación para el mantenimiento y explotación, importancia de los recursos hídricos de la zona a nivel local, departamental y nacional, etc.

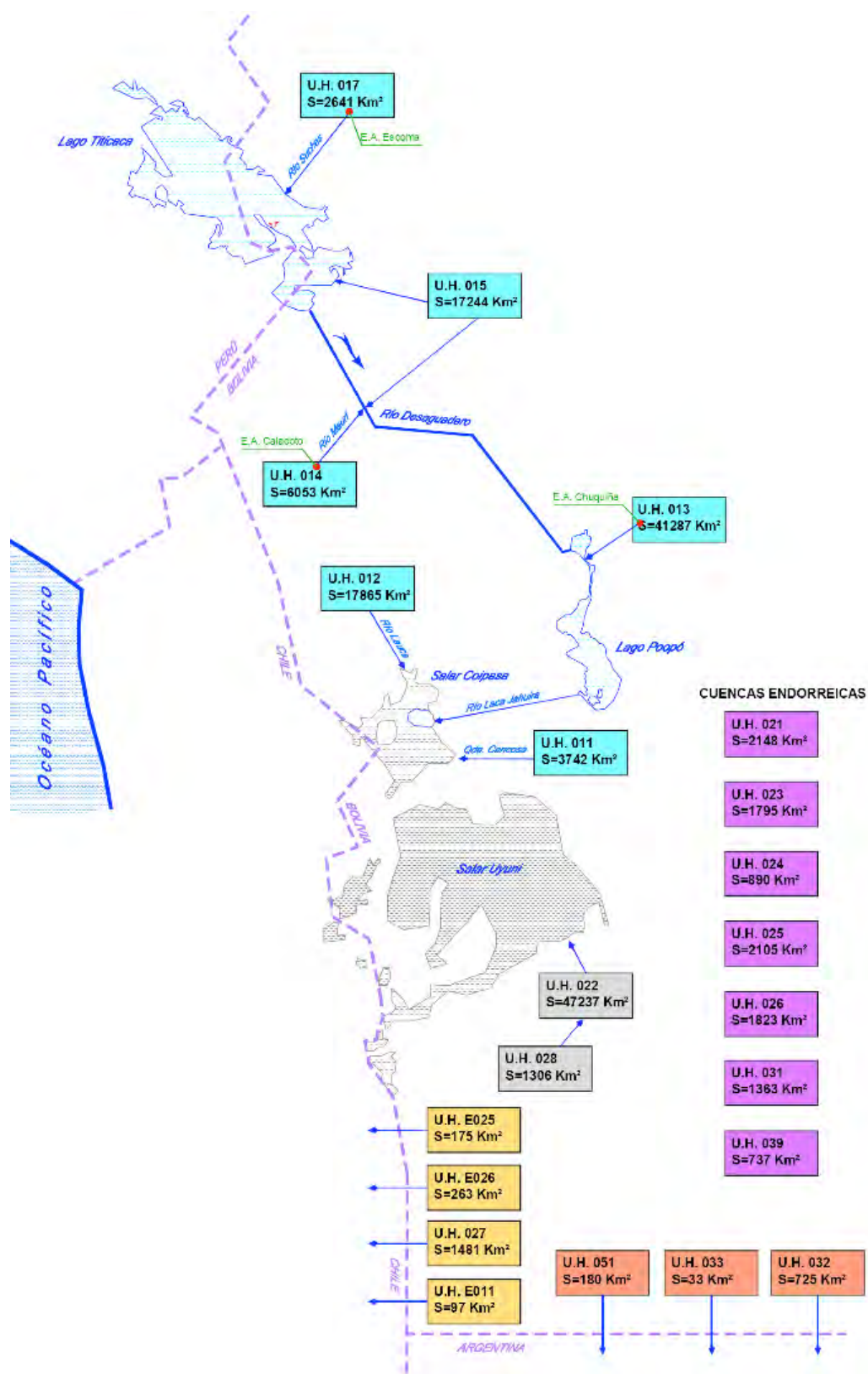
En los últimos años se ha elaborado un proyecto para delimitar y codificar las unidades hidrográficas de Sudamérica y de los países de la Comunidad Andina, mediante la aplicación de la metodología estándar internacional Pfafstetter. El mapa de cuencas de Bolivia siguiendo dicha metodología, no tiene en cuenta la ubicación de las estaciones actuales, siendo deseable que las que se proyecten en el futuro tengan como referencia esta delimitación.

Para calibrar los caudales registrados en una estación hidrométrica con los caudales generados por el modelo en el mismo punto de la cuenca, se requiere unir varias UH (parciales en algún caso) hasta el punto de medida, obteniendo los valores de entrada al modelo y los parámetros como media ponderada de cada una de las UH.

Como instrumento de ayuda y seguimiento en la implementación del modelo numérico se han elaborado unos esquemas para cada cuenca de nivel 1, que se presentan en las Figuras 29, 30 y 31, en los que figuran las conexiones internas, las superficies y las estaciones de aforo que pueden servir para los procesos de calibración y validación. Las UH están codificadas y tienen un número identificativo siguiendo la metodología Pfafstetter. Para facilitar su mejor identificación en los esquemas se les ha dado un nombre, que en general coincide con el nombre del cauce principal.

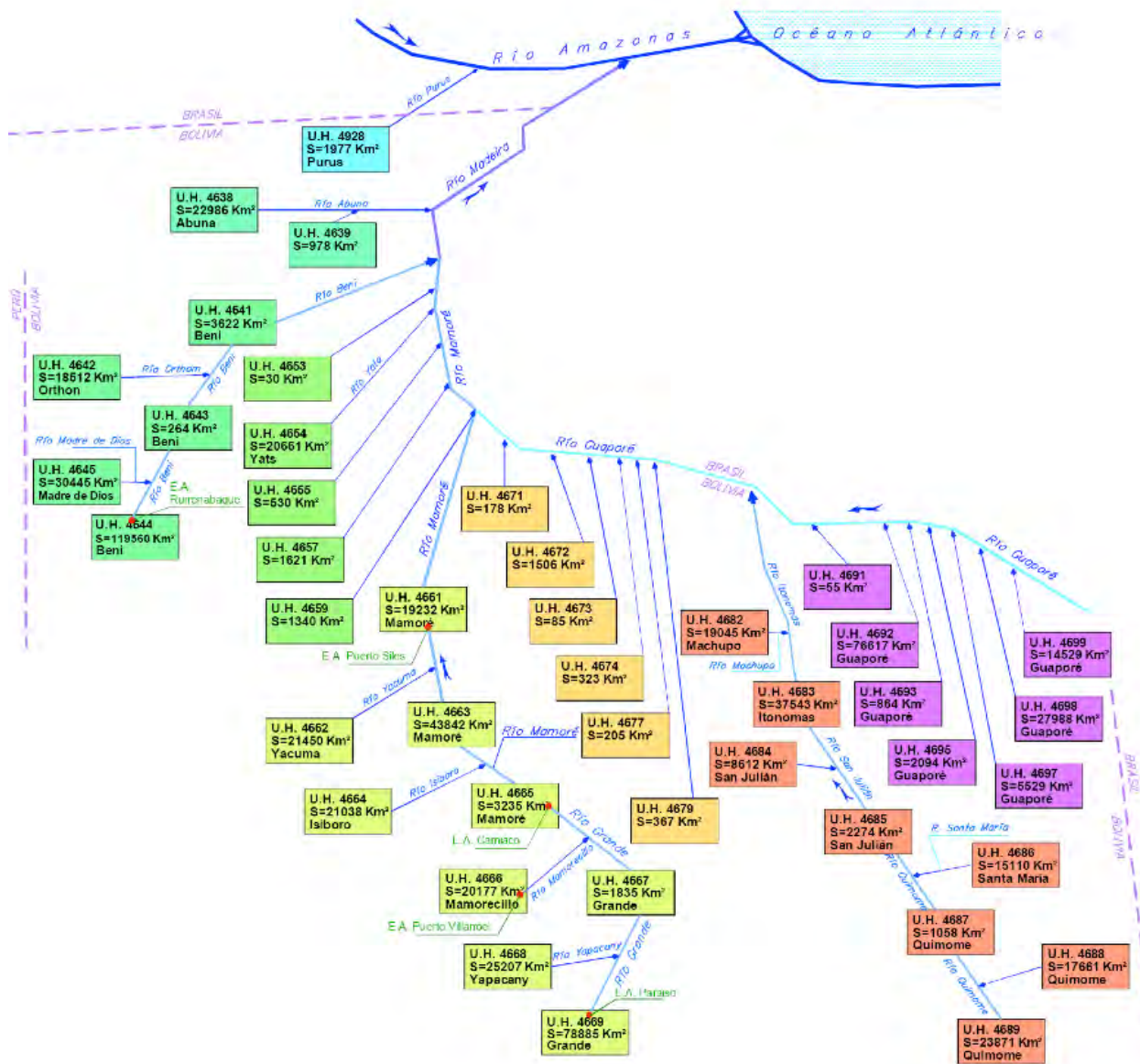


Figura 29. Esquema de Unidades Hidrográficas en la Cuenca Cerrada del Altiplano (Nivel 3)



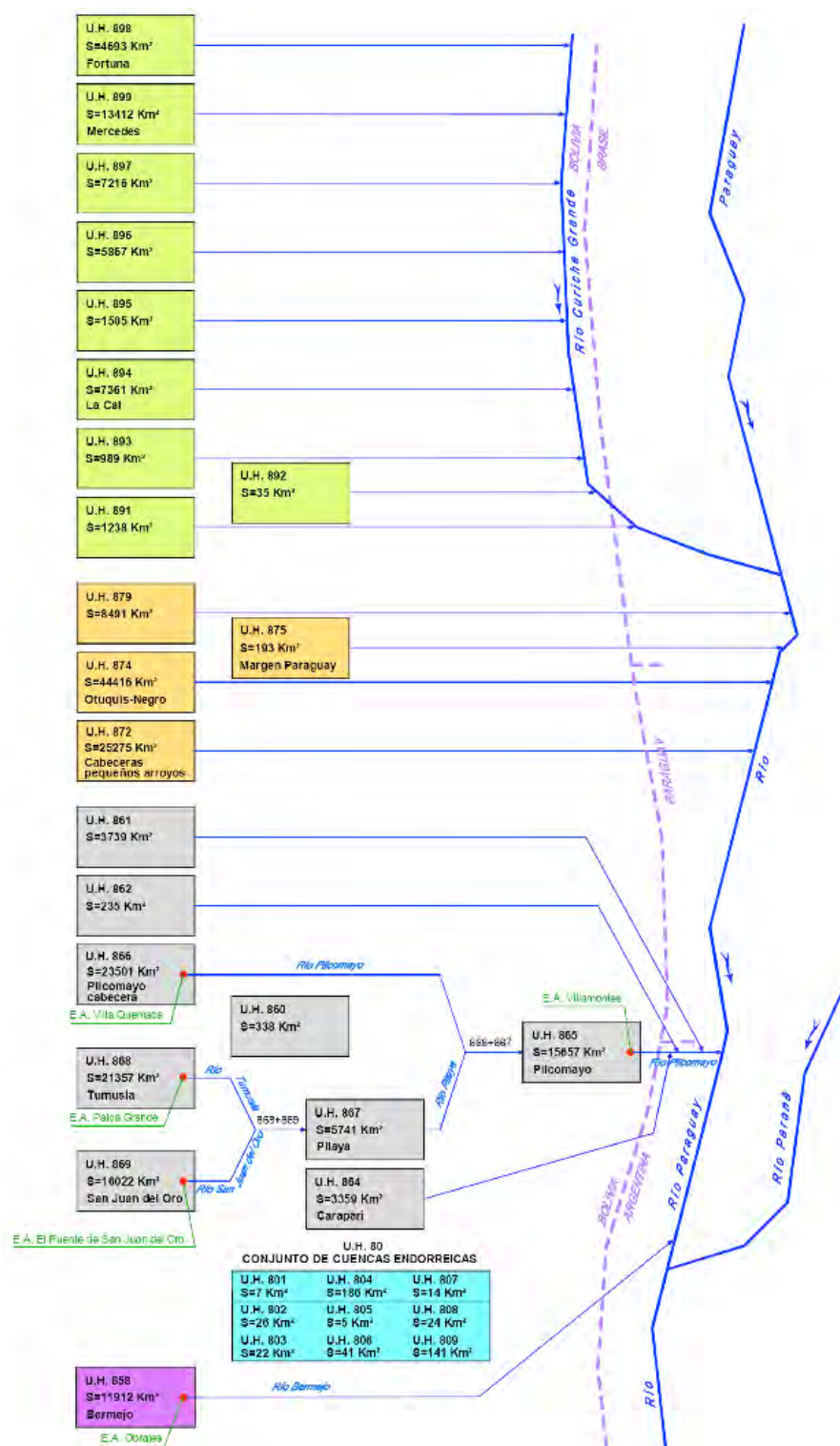
Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

Figura 30. Esquema de Unidades Hidrográficas en la Cuenca del río Amazonas (nivel 4)



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

Figura 31. Esquema de Unidades Hidrográficas en la Cuenca del río de la Plata (nivel 3)



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

6.4. Análisis de la red hidrométrica

La red de estaciones hidrométricas de Bolivia registra, entre otras variables, los niveles y caudales de los ríos, gestionados mediante una base de datos por el SENAMHI. Para cada estación de la red, los datos se registran en distintos captosres (tipo de dato, cota, nivel, caudal, aforos, caudal sólido, etc.). El número total de estaciones que contiene la base de datos es de 358 con un total de 640 estaciones-captosres.

Para el estudio, se han seleccionado los captosres JE (datos criticados), es decir que ya han sido objeto de una revisión, y J1 (datos originales). En total existen 89 estaciones con el captor J1, 87 estaciones con el captor JE y 23 estaciones que tienen ambos captosres. Así pues, el número de estaciones con registros diarios (bien sea originales o revisados) es de 153. Se ha identificado con un código alfanumérico de 6 caracteres cada estación: el primer carácter es una Q indicativa que contiene datos de caudal (en m³/s), el segundo carácter corresponde a la cuenca donde se ubica la estación (0 para el Altiplano, 4 para el Plata y 8 para el Amazonas), los tres caracteres siguientes para un número de orden y un carácter final indicativo del tipo de dato, A para datos originales, y B para datos corregidos o ajustados.

Como hipótesis, los registros se consideran en régimen natural, es decir sin estar afectados por extracciones o aportaciones artificiales a lo largo del cauce.

Durante el proceso de calibración se analizaron los valores extremos registrados en una estación determinada, con objeto de poder detectar valores anómalos que no correspondan con precipitaciones ocurridas en el tiempo y en la cuenca, así como registros hidrométricos en ríos tributarios y en los ríos que vierten.

6.5. Análisis de las unidades hidrográficas

Como paso previo al proceso de calibración se ha analizado detenidamente cada UH conjuntamente con las estaciones hidrométricas disponibles. Como resultado del análisis, se han seleccionado para calibración las siguientes estaciones:

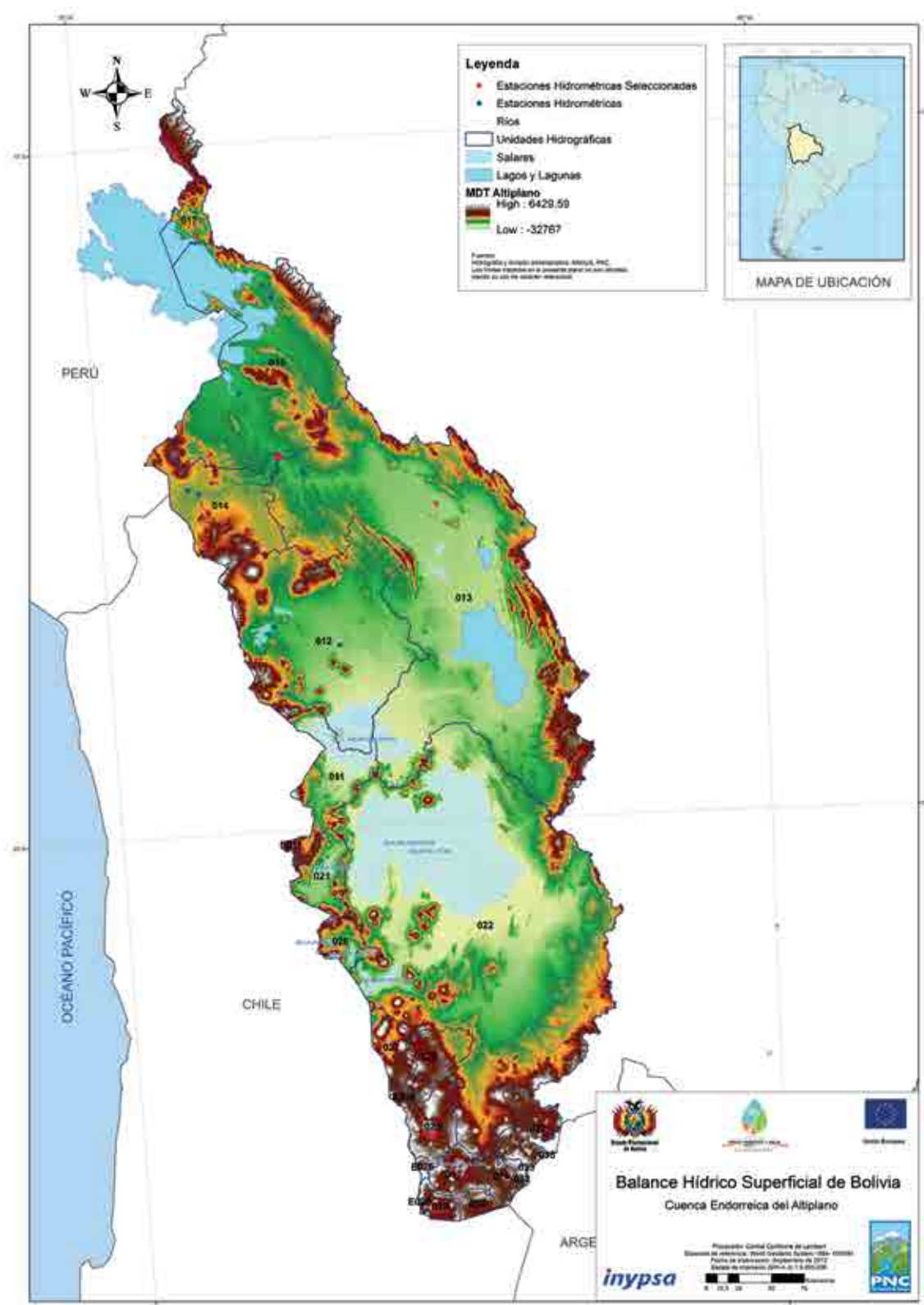
6.5.1. Cuenca del Altiplano

- ▶ UH 013: en la estación hidrométrica de Chuquiña ubicada en el río Desaguadero.
- ▶ UH 014: en la estación hidrométrica de Calacoto ubicada en el río Mauri.
- ▶ UH 015: en la estación hidrométrica de Calacoto ubicada en el río Desaguadero.
- ▶ UH 013–UH 014–UH 015: en la estación hidrométrica de Calacoto ubicada en el río Mauri.
- ▶ UH 017: en la estación hidrométrica de Escoma ubicada en el río Suhez.

A modo ilustrativo, se presenta en la Figura 32 las UH de la cuenca del Altiplano.



Figura 32. Representación hidrográfica de la Cuenca Endorreica del Altiplano



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

6.5.2. Cuenca del Plata

En la cuenca del río de la Plata se calibrarán las siguientes Unidades Hidrográficas:

- ▶ UH 858. Río Bermejo en la estación de aforos de Obrajes (Guadalquivir).
- ▶ UH 865- 866- 867- 868- 869. Río Pilcomayo en la estación de aforos de Villamontes.
- ▶ UH 866. Río Pilcomayo en la estación de aforos de Viña Quemada.
- ▶ UH 868. Río Tumusla en la estación de aforos de Palca Grande.
- ▶ UH 869. Río San Juan del Oro en la estación de aforos de El Puente.

6.5.3. Cuenca del Amazonas

En la cuenca del Amazonas se calibrarán las siguientes UH:

- ▶ UH 4644. Río Beni en la estación de aforos de Rurrenabaque.
- ▶ UH 4661, UH 4662, UH 4663, UH 4664 y UH 4665. Cuenca baja del río Mamoré en las estaciones de aforo de Puerto Siles y Camiaco.
- ▶ UH 4666. Río Ichilo-Mamorecillo en la estación de Puerto Villarroel.
- ▶ UH 4669. Río Grande en la estación de aforos de Paraíso.

6.6. Calibración

En el estudio del Balance Hídrico Superficial de Bolivia se ha elegido para la calibración el período comprendido entre los años 1998-99 hasta 2005-06 (8 años) y para la validación el período 2006-07 hasta 2010-11 (5 años), ya que se considera que el ajuste de los parámetros debe realizarse con el mayor número de años posible. Un período mayor de 8 años para la calibración restaría fiabilidad al proceso de validación, ya que el período restante sería muy corto.

Aunque es recomendable la calibración de todas las UH, ello no es posible por falta de estaciones hidrométricas en los puntos de salida de las cuencas, o registros sin vacíos.

Para cada Unidad Hidrográfica seleccionada se han obtenido los siguientes resultados:

- ▶ Superficie de la cuenca introducida en el modelo hidrológico, coincide con la superficie de la unidad o unidades hidrográficas que vierten al punto de aforo.
- ▶ Resultados de los parámetros de calibración: $H_{\max}$, $I_{\max}$, α y C.
- ▶ Datos estadísticos correspondientes a:
 - ◊ Error Medio Relativo $((\text{sim}-\text{his})/\text{his})$: correspondiente a un índice de ajuste para volúmenes medios de caudal simulado.



- ◇ Error Cuadrático Estándar Medio Relativizado: corresponde a un índice de ajuste de caudales bajos simulados.
- ◇ Error Cuadrático Estándar Medio Relativo: Como índice indicativo de ajuste de caudales altos simulados.
- Gráfico comparativo de los caudales simulados con respecto a los caudales registrados.

A continuación se presenta a modo de ejemplo la calibración correspondiente a la UH 017-Río Suchez de la cuenca del Altiplano. Se ha calibrado con base en los registros hidrométricos proporcionados por la estación Q0015A, con un periodo de registro desde febrero de 1970 hasta marzo de 2012.

Dicha Unidad Hidrográfica, con una superficie total de 2.641 km², es la única que vierte íntegramente al lago Titicaca a través del río Suchez, teniendo su cabecera en la Cordillera Real. Los resultados de la calibración se presentan en el Cuadro 4 y su respectivo hidrograma en la Figura 33.

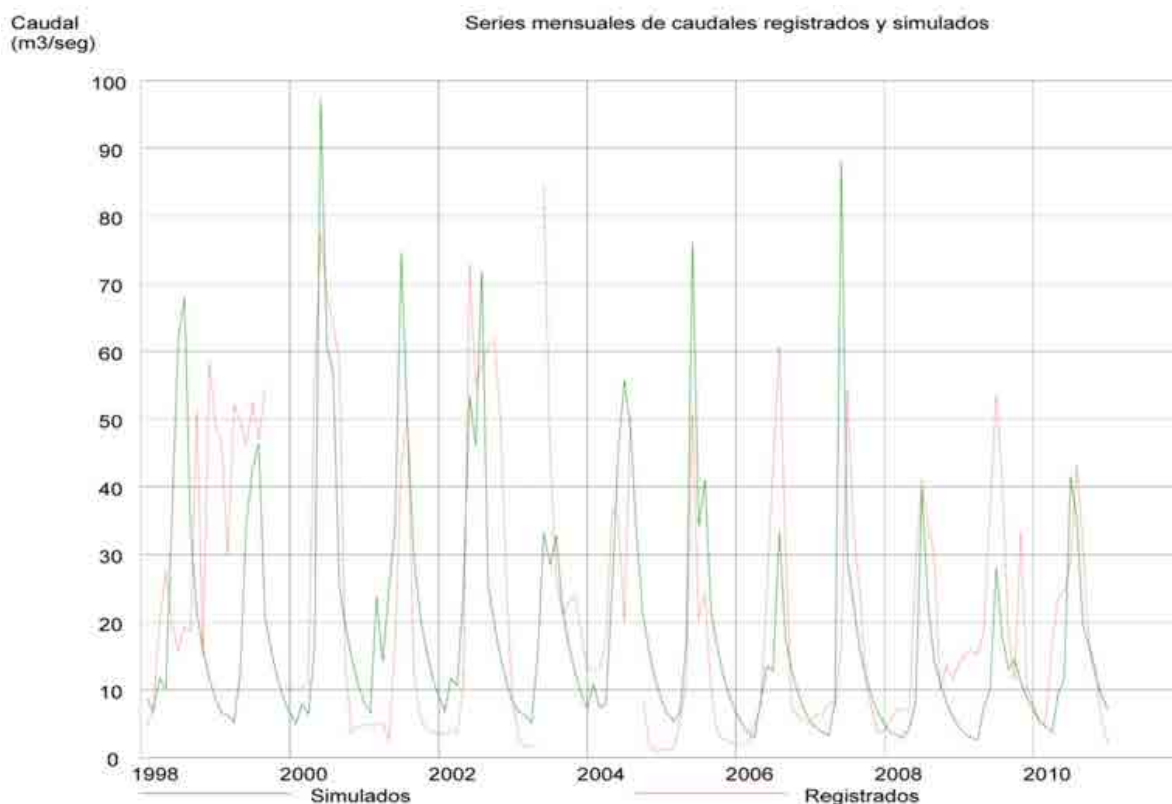
Cuadro 4. Resultados de la calibración hidrológica para la UH_017

Parámetros y funciones objetivo	
Grado de concentración: 0.37	
Área (km ²) = 1891.0	
C= 0.30	IMAX= 288 HMAX (MM) = 139
ALFA= 0.0100	KC= 0.24
Q0 (m ³ /seg)= 10.00	h0 (mm)= 25
Error medio relativo ((sim-his)/his) = -0.134	
Error cuadr. stand. medio relativizado = 1.884	
Error cuadr. stand. medio relativo = 0.817	

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



Figura 33. Caudales simulados vs Caudales registrados
Estación Hidrométrica de Escoma - Río Suchez



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

De la figura anterior se puede deducir que la tendencia temporal que muestran los caudales simulados frente a los registrados es similar. Asimismo, las magnitudes presentadas son similares, tanto en periodos húmedos como secos. Por lo tanto, la calibración realizada presenta un ajuste aceptable.

6.6.1. Resumen de resultados del proceso de calibración

Los parámetros obtenidos en el proceso de calibración para las 14 estaciones seleccionadas se sintetizan en el Cuadro 5.



Cuadro 5. Parámetros obtenidos en la calibración de los modelos hidrológicos

UH	Estación	Superf aporte (Km ²)	Nº Días lluvia	H _{max} (mm)	I _{max} (mm)	α	C	ET _o (K _c)	EMR Q _{medios}	ECEMR Q _{bajos}	ECEMR Q _{altos}
CUENCA DEL ALTIPLANO											
013	Chuquiña	11.576	7	111	891	0,005	0,3	1	-0,186	10,062	0,746
013 -014 -015	Chuquiña	25.482	9	120	280	0,005	0,3	0,5	-0,039	0,787	0,790
014	Calacoto (Río mauri)	9.825	7	150	240	0,004	0,3	1	-0,183	0,529	0,723
015	Calacoto (Río desaguadero)	35.951	11	284	300	0,008	0,3	0,57	0,030	1,762	1,094
017	Escoma	1.891	11	139	288	0,010	0,3	0,24	-0,134	1,884	0,817
CUENCA DEL AMAZONAS											
4644	Beni en Rurrenabaque	68.900	12	149	268	0,05	0,3	0,26	0,0054	0,4909	0,394
4661- 4662- 4663- 4664- 4665	Mamoré entre Puerto Siles y Camiaco	100.803	13	196	371	0,035	0,5	1	0,0976	0,8916	0,590
4666	Ichilo- Mamorecillo en Puerto	8.200	11	167	319	0,05	0,2	0,5	0,0762	0,6385	0,439
4669	Grande en Paraiso	62.000	9	102	239	0,025	0,3	0,5	0,0302	0,8375	0,935
CUENCA DEL PLATA											
858	Bermejo en Obrajes	850	8	109	210	0,01	0,25	1	0,0437	0,9622	0,898
865- 866- 867- 868-869	Pilcomayo en Villamontes	80.772	6	87	190	0,016	0,25	1	0,0022	0,7007	0,693
866	Pilcomayo en Villaquemada	13.500	7	150	100	0,02	0,3	0,1	0,6502	0,9404	0,680
868	Tumusla en Palca Grande	20.000	5	175	184	0,01	0,3	1	0,2549	4,0753	1,510
869	San Juan del Oro en el Puente de San Juan del Oro	19.800	6	145	190	0,016	0,5	1	0,0922	0,9171	1,957

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



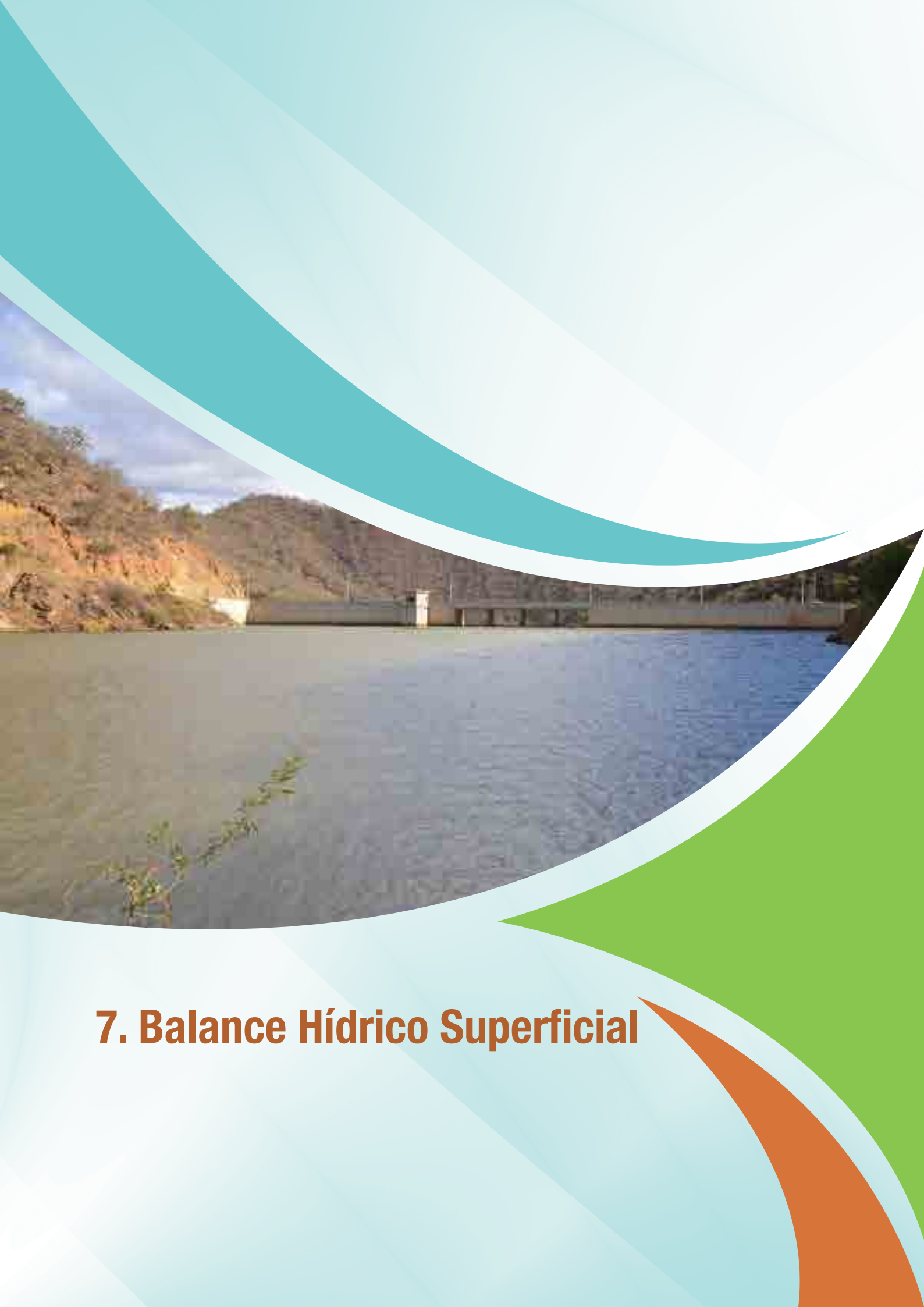
6.7. Simulación

Una vez calibrado y validado el modelo hidrológico en las cuencas que disponen de datos, se ha procedido a realizar el modelo hidrológico de cada Unidad Hidrográfica de nivel 3 –cuenca cerrada del Altiplano y cuenca del río de la Plata- y nivel 4 –cuenca del río Amazonas-, partiendo de los siguientes datos calculados en etapas anteriores:

- ▶ Series mensuales de precipitación areal en cada UH para el período 1998/99-2010/11, procedentes de las imágenes satelitales y ajustadas por las precipitaciones areales calculadas a partir de los registros diarios de las estaciones del SENAMHI.
- ▶ Series mensuales de ET_0 areal en cada UH para el período 1998/99-2010/11, procedentes del NCDC y del SENAMHI.
- ▶ Superficie de cada UH.
- ▶ Número de días medio mensual de lluvia en cada UH.
- ▶ Valores calculados de H_{max} e I_{max} para cada UH.
- ▶ Valor de humedad inicial en cada UH estimado en 1/3 de la H_{max} .
- ▶ Valores de los coeficientes de ETP, C de excedencia y α de descarga del acuífero iguales a los obtenidos en el proceso de calibración en la cuenca hidrográfica considerada hidrológicamente semejante.

Los resultados que se obtienen corresponden a la serie de caudales mensuales de escorrentía que se producen a la salida de cada UH y las series mensuales de ETR en cada UH. Un resumen de los valores medios mensuales para cada UH figura en los cuadros correspondientes al Balance del siguiente capítulo. En el Anexo 3 se presentan los parámetros de simulación hidrológica por UH.





7. Balance Hídrico Superficial

7. Balance Hídrico Superficial

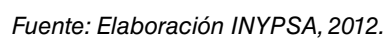
Como resultado del proceso de simulación se obtienen los valores de todas las variables que intervienen en la ecuación del Balance Hídrico Superficial. Los resultados corresponden a los valores medios mensuales de la serie temporal considerada, período 1998/99 hasta 2010/11 (ver Anexo 4). El significado de cada término es el siguiente:

- ▶ **Precipitación** (mm): los valores de cada mes representan la lluvia caída ese mes sobre toda la UH. El valor anual es el valor acumulado del año.
- ▶ **ETP** (mm): los valores de cada mes representan la Evapotranspiración de referencia, ET_o , de ese mes sobre toda la UH. El valor anual es el valor acumulado del año.
- ▶ **ETR** (mm): los valores de cada mes representan la evapotranspiración real de ese mes sobre toda la UH. El valor anual es el valor acumulado del año.
- ▶ **Escorrentía** (mm): los valores de cada mes representan la altura que alcanzaría el agua que se ha transformado en escorrentía ese mes, distribuida sobre toda la superficie de la UH. El valor anual es el valor acumulado del año.
- ▶ **Aportación** (m^3/s): los valores de cada mes representan el caudal continuo que supone la escorrentía de ese mes. El valor anual es el valor medio de caudal continuo del año.
- ▶ **Caudal específico** ($l/s\text{-km}^2$): los valores de cada mes representan el caudal específico por unidad de superficie que aportaría de manera continua cada UH. El valor anual es el valor medio de caudal específico continuo del año.
- ▶ **Aportación total** (hm^3): los valores de cada mes representan el volumen de agua que sale ese mes por cada UH como consecuencia de la lluvia caída y la evapotranspiración que se produce. Es un número absoluto de agua fluyente disponible en los cauces de los ríos. El valor anual es el valor acumulado del año.

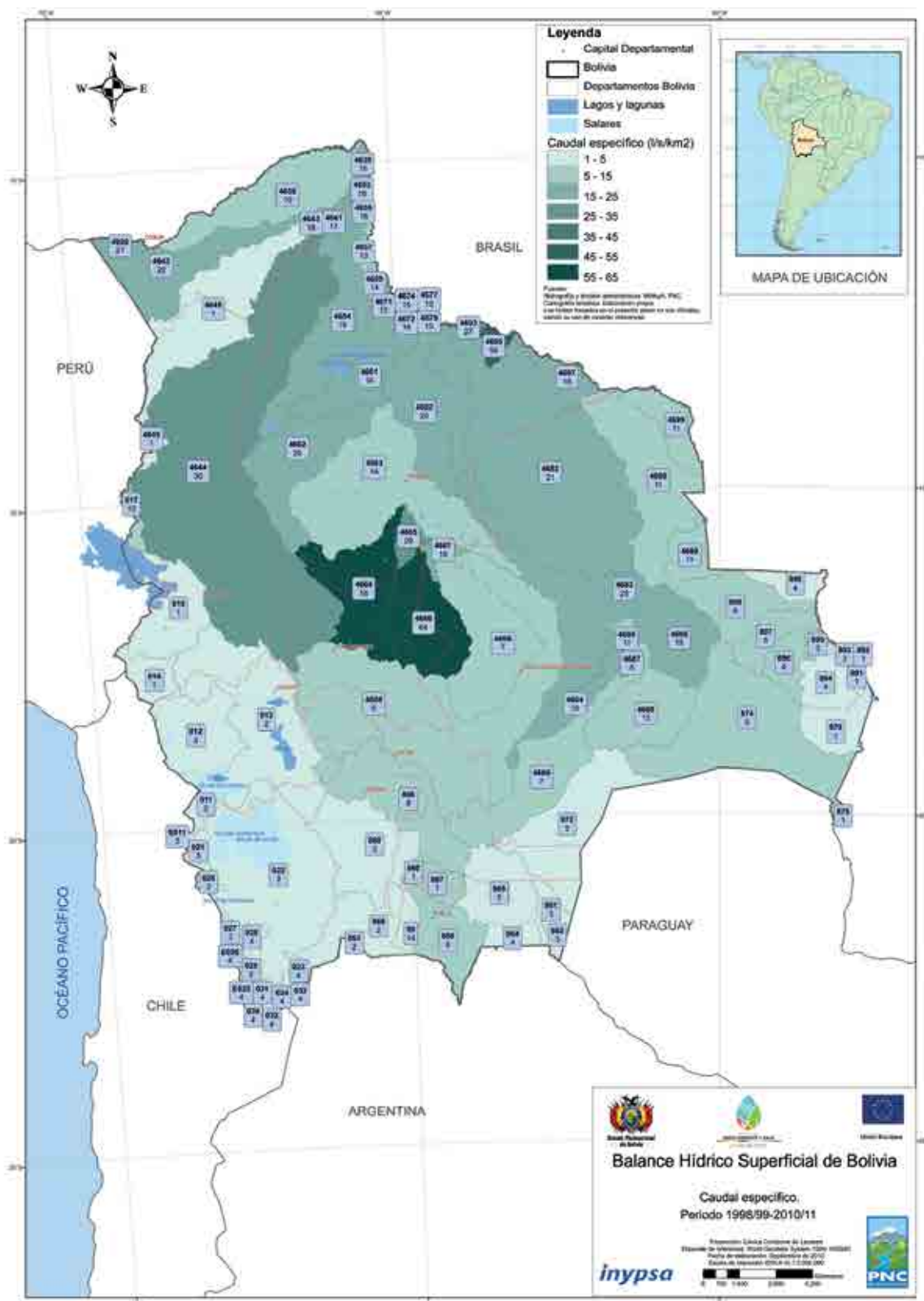
Los valores de Balances Hídricos obtenidos para cada una de las UH de las tres grandes cuencas, agrupados por niveles de clasificación según la metodología Pfafstetter, se presentan a nivel mensual en los Cuadros del Anexo 4. Se han analizado en total 111 Unidades Hidrográficas.

Los valores de Precipitación, Evapotranspiración real y Escorrentía media anual por UH, se han incluido en el Mapa del Balance Hídrico promedio anual, que se presenta en la Figura 34. Asimismo, se incluyen en las Figuras 35 y 36 los mapas de Caudal específico y Coeficientes de escorrentía medios anuales por UH.



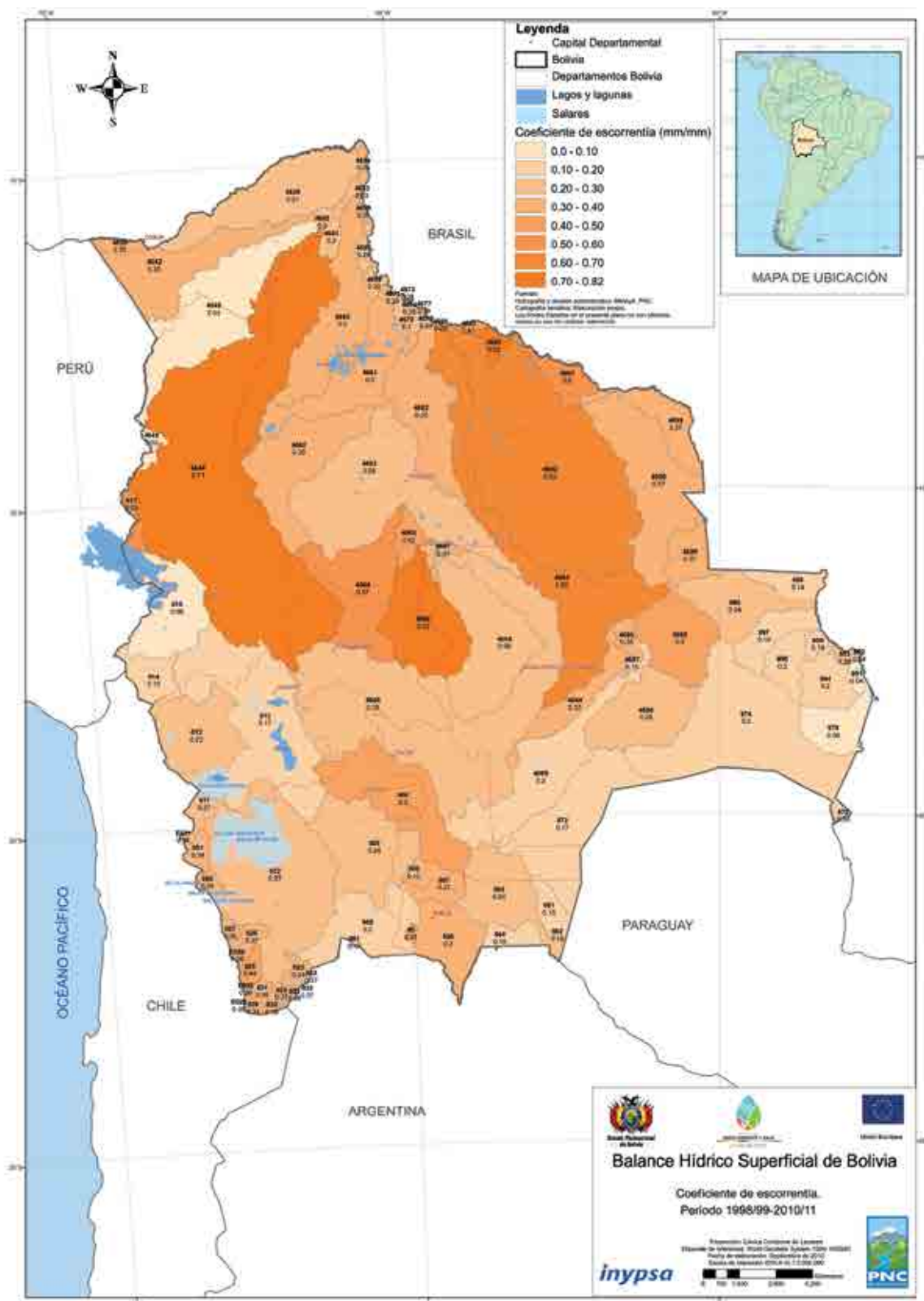


**Figura 35. Mapa de Caudal Específico promedio anual por UH.
Período 1998/99-2010/11**



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

**Figura 36. Mapa de Coeficientes de Escorrentía promedio anual.
Período 1998/99-2010/11**



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

7.1. Balance hídrico superficial en cuencas priorizadas

Uno de los objetivos del estudio fue tener un Balance Hídrico Superficial en ocho grandes cuencas de Bolivia. Los resultados se han obtenido agrupando los resultados de las UH que forman parte de estas grandes cuencas, representadas en la Figura 37. La composición de estas cuencas y los resultados del Balance son los que figuran en los Cuadros 6 y 7.

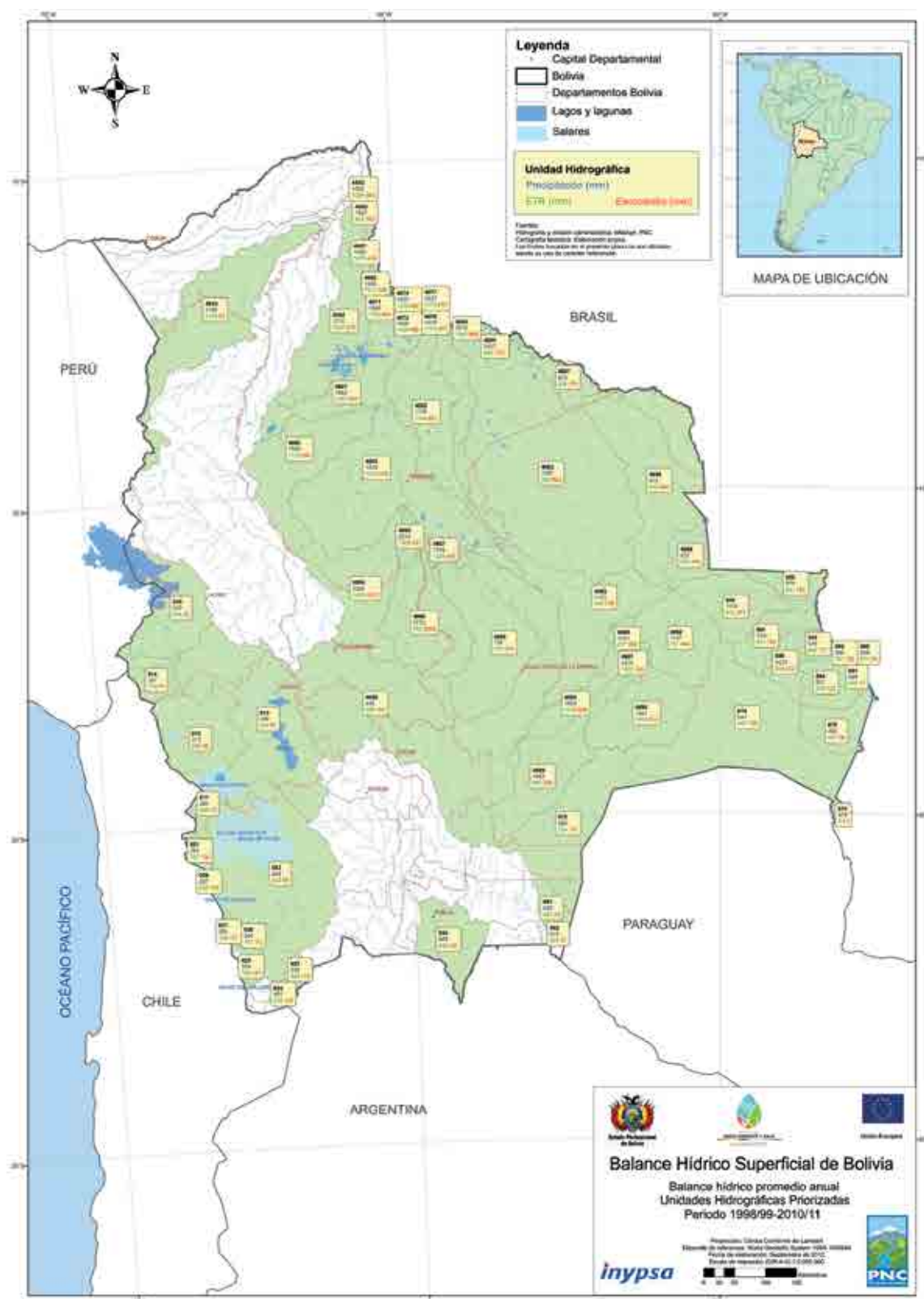
Cuadro 6. Unidades Hidrográficas integrantes de las cuencas priorizadas.

CUENCA	UH INTEGRANTES
Desaguadero-Poopó	013- 014- 015
Coipasa-Uyuni	011- 012- 02
Iténez	467-468-469
Madre de Dios	4645
Mamoré	465- 466
Parapetí-Izozog	4684- 4688- 4689
Bermejo	858
Paraguay	89- 87- 861- 862

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



Figura 37. Mapa de Balance Hídrico Superficial promedio anual en unidades hidrográficas prioritizadas



Fuente: Elaboración INYPsa, 2012.

Cuadro 7. Balance Hídrico Superficial de las Cuencas Priorizadas

UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Desaguadero-Poopó	64,584	Precipitación (mm)	10,8	23,1	24,4	63,7	105,1	93,4	67,2	14,2	5,8	5,2	5,3	6,4	424,7
		ETP (mm)	122,2	145,1	146,2	146,9	131,6	116,9	119,2	108,0	98,4	85,8	92,7	107,9	1.420,8
		ETR (mm)	12,9	23,0	24,4	51,3	67,3	53,1	62,8	24,8	21,3	13,5	8,0	8,6	371,0
		Escorrentía (mm)	2,5	2,2	1,8	2,7	8,2	8,6	7,5	5,8	5,1	4,2	3,7	3,1	55,4
		Aportación (m3/s)	62,4	53,2	45,8	64,1	196,8	229,6	180,4	145,1	123,2	104,6	89,0	75,7	113,5
		Q específico (l/s-km2)	1,0	0,8	0,7	1,0	3,0	3,6	2,8	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	1,8
Coipasa-Uyuni	80,830	Aportación total (hm3)	161,8	142,5	118,7	171,7	527,2	555,4	483,2	376,2	330,0	271,2	238,3	202,9	3.579,3
		Precipitación (mm)	6,2	8,3	8,5	35,3	88,2	79,2	39,3	6,8	4,0	2,9	3,7	3,1	285,6
		ETP (mm)	95,2	117,4	123,8	128,1	115,6	101,5	101,3	88,5	74,3	65,1	69,1	81,6	1.161,6
		ETR (mm)	7,7	7,9	8,3	26,0	40,7	35,6	48,1	23,8	4,4	2,2	4,0	3,2	211,9
		Escorrentía (mm)	1,6	1,6	1,3	4,6	24,2	21,7	7,0	3,7	3,0	2,5	2,2	1,9	75,4
		Aportación (m3/s)	51,4	47,9	40,6	139,3	729,9	726,2	210,7	114,6	91,5	79,0	67,7	56,3	193,3
Iténez	255,514	Q específico (l/s-km2)	0,6	0,6	0,5	1,7	9,0	9,0	2,6	1,4	1,1	1,0	0,8	0,7	2,4
		Aportación total (hm3)	133,2	128,4	105,2	373,0	1.955,0	1.756,8	564,3	297,0	245,0	204,8	181,2	150,9	6.094,7
		Precipitación (mm)	46,6	98,7	131,0	184,4	198,7	171,6	163,3	76,6	42,5	21,0	22,3	18,7	1.175,4
		ETP (mm)	152,3	159,8	147,1	140,4	136,5	122,9	131,2	117,2	109,1	103,3	122,2	144,6	1.586,8
		ETR (mm)	44,9	59,2	63,8	67,9	71,9	46,8	60,2	65,4	59,4	32,3	30,5	30,3	632,5
		Escorrentía (mm)	3,8	16,8	42,1	87,7	118,4	97,4	108,1	42,9	19,9	7,7	4,0	1,9	550,7
Madre de Dios	30,445	Aportación (m3/s)	376,2	1.598,6	4.152,6	8.369,1				4.231,9	1.900,5	756,2	383,1	184,8	4.462,0
		Q específico (l/s-km2)	1,5	6,3	16,3	32,8	44,2	40,2	40,4	16,6	7,4	3,0	1,5	0,7	17,5
		Aportación total (hm3)	975,0	4.281,7							5.090,4	1.960,0	1.026,1	494,8	140.714,7
		Precipitación (mm)	67,2	97,0	117,1	132,1	138,9	145,1	128,7	97,2	70,2	56,0	53,3	52,9	1.155,6
		ETP (mm)	143,8	144,0	128,4	123,9	132,8	113,7	127,1	121,9	117,7	111,7	128,6	143,7	1.537,3
		ETR (mm)	71,7	97,5	96,7	115,1	130,9	92,8	118,9	122,6	111,1	59,5	54,0	53,0	1.123,7
		Escorrentía (mm)	0,0	0,0	1,0	2,9	5,0	7,4	10,0	6,8	3,1	1,0	0,4	0,1	37,7
		Aportación (m3/s)	0,5	0,2	11,4	32,7	56,9	92,9	113,4	79,6	34,9	12,2	4,3	1,5	36,4
		Q específico (l/s-km2)	0,0	0,0	0,4	1,1	1,9	3,1	3,7	2,6	1,1	0,4	0,1	0,0	1,2
		Aportación total (hm3)	1,3	0,5	29,5	87,5	152,4	224,7	303,7	206,5	93,5	31,7	11,5	4,0	1.146,8



UH	Superficie cuena (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Mamoré	259,083	Precipitación (mm)	59,9	121,0	150,1	219,5	244,2	217,0	200,2	109,0	64,0	39,2	35,3	30,0	1.489,4
		ETP (mm)	142,5	153,9	146,0	143,1	138,8	122,4	129,8	115,9	105,6	98,5	112,3	131,7	1.540,3
		ETR (mm)	53,3	82,3	90,0	97,4	105,0	70,9	89,3	94,5	88,5	47,2	37,6	32,6	888,6
		Escorrentía (mm)	5,7	20,5	38,6	84,5	120,4	109,4	118,0	58,7	28,1	12,4	6,2	3,7	606,2
		Aportación (m3/s)	569,7	1.983,9	3.861,7	8.174,0		11.714,6	11.413,3	5.864,9	2.715,3	1.241,1	603,5	359,2	4.980,5
		Q específico (l/s-km2)	2,2	7,7	14,9	31,5	44,9	45,2	44,1	22,6	10,5	4,8	2,3	1,4	19,2
		Aportación total (hm3)	1.476,6	5.313,6							7.272,6	3.216,9	1.616,3	962,2	157.064,3
		Precipitación (mm)	55,9	94,0	133,9	210,2	208,1	187,0	187,2	81,7	45,8	30,7	33,2	26,3	1.294,2
Parapeti- Izozog	50,144	ETP (mm)	144,9	167,0	159,8	156,4	151,8	133,6	134,5	109,7	93,7	85,3	103,7	130,4	1.570,8
		ETR (mm)	52,8	83,2	96,8	114,8	133,1	75,0	106,0	121,2	79,7	33,8	34,4	26,2	957,1
		Escorrentía (mm)	2,2	6,4	18,0	55,6	72,0	60,6	82,5	28,8	11,8	4,2	1,6	0,7	344,6
		Aportación (m3/s)	42,0	120,6	348,5	1.041,8	1.348,7	1.256,7	1.544,1	557,8	221,3	81,4	29,7	14,0	548,0
		Q específico (l/s-km2)	0,8	2,4	6,9	20,8	26,9	25,1	30,8	11,1	4,4	1,6	0,6	0,3	10,9
		Aportación total (hm3)	108,9	322,9	903,3	2.790,5	3.612,3	3.040,3	4.135,8	1.445,8	592,7	210,9	79,7	37,4	17.280,5
		Precipitación (mm)	8,2	37,4	60,2	118,9	121,2	125,7	113,3	29,9	6,9	2,7	2,3	1,5	628,2
		ETP (mm)	136,7	158,9	156,1	159,6	154,9	132,0	125,0	98,0	83,5	78,7	90,1	115,3	1.488,8
Bermejo	11,912	ETR (mm)	11,0	33,0	50,8	77,4	78,2	47,6	90,8	39,6	6,9	2,7	2,3	1,5	441,6
		Escorrentía (mm)	3,3	4,5	5,7	27,5	32,4	35,7	36,5	14,8	11,3	8,1	6,2	4,6	190,5
		Aportación (m3/s)	15,0	19,8	26,2	122,2	143,9	175,8	162,5	67,8	50,4	37,3	27,7	20,5	72,0
		Q específico (l/s-km2)	1,3	1,7	2,2	10,3	12,1	14,8	13,6	5,7	4,2	3,1	2,3	1,7	6,0
		Aportación total (hm3)	38,8	53,2	68,0	327,4	385,5	425,3	435,1	175,7	135,0	96,8	74,1	54,9	2.269,8
		Precipitación (mm)	28,4	69,6	98,5	136,9	133,7	127,3	116,3	57,3	36,4	16,6	20,3	18,1	859,4
		ETP (mm)	153,8	167,7	153,7	149,1	143,4	125,0	129,1	112,7	99,0	94,0	116,1	142,7	1.586,3
		ETR (mm)	32,1	64,4	80,6	92,6	95,1	62,3	101,6	81,7	37,8	16,7	20,0	18,1	703,1
Paraguay	124,664	Escorrentía (mm)	2,6	3,8	8,9	24,4	30,7	26,5	29,0	14,5	10,8	7,5	5,6	4,0	168,4
		Aportación (m3/s)	127,3	175,5	429,7	1.135,4	1.428,9	1.364,8	1.348,5	697,7	504,7	360,1	259,3	188,3	665,5
		Q específico (l/s-km2)	1,0	1,4	3,4	9,1	11,5	10,9	10,8	5,6	4,0	2,9	2,1	1,5	5,3
		Aportación total (hm3)	330,1	470,0	1.113,9	3.041,1	3.827,1	3.301,6	3.611,9	1.808,5	1.351,8	933,5	694,6	504,4	20.988,4

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



7.2. Balance hídrico superficial en cuencas transfronterizas

Cuencas internas son aquellas con todo su territorio dentro de Bolivia, saliendo la escorrentía generada en ellas, hacia otro país u otra cuenca de Bolivia, a través de un solo cauce. Cuencas transfronterizas son las que reciben escorrentía por sus cauces, procedente de precipitaciones ocurridas en territorio extranjero.

Existe un tercer tipo de cuencas, aquellas con el cauce principal formando frontera con otro país, o vertiendo hacia otro país de manera difusa o a través de varios cauces.

La gestión de las cuencas transfronterizas es muy importante para todos los países y se realiza mediante convenios y acuerdos bilaterales. El resultado del Balance Hídrico Superficial de estas cuencas puede ser una herramienta de apoyo importante en el establecimiento de estos acuerdos.

En este estudio, el cálculo de la precipitación se realizó a través de la información pluviométrica captada por satélite, en retículas de terreno de 27x27 km², que cubren totalmente la superficie interna de las cuencas, no habiendo sido necesario recurrir a datos transfronterizos.

Únicamente en caso de plantearse un mayor afinamiento en el proceso de calibración del modelo hidrológico usado para calcular la escorrentía generada en una estación hidrométrica, podría ajustarse los parámetros del modelo, calculando la precipitación ocurrida en toda la cuenca a través de la retícula completa.

Las cuencas con territorio transfronterizo que se han calibrado son las siguientes: UH 014, UH 015, UH 017 y UH 869. Se considera que estas cuencas tienen características pluviométricas muy similares a la parte de cuenca interna de Bolivia. En consecuencia se ha optado por extrapolar la precipitación media de la parte de cuenca interna a la cuenca completa.

Las cuencas transfronterizas identificadas por países y cuencas principales, son las siguientes:

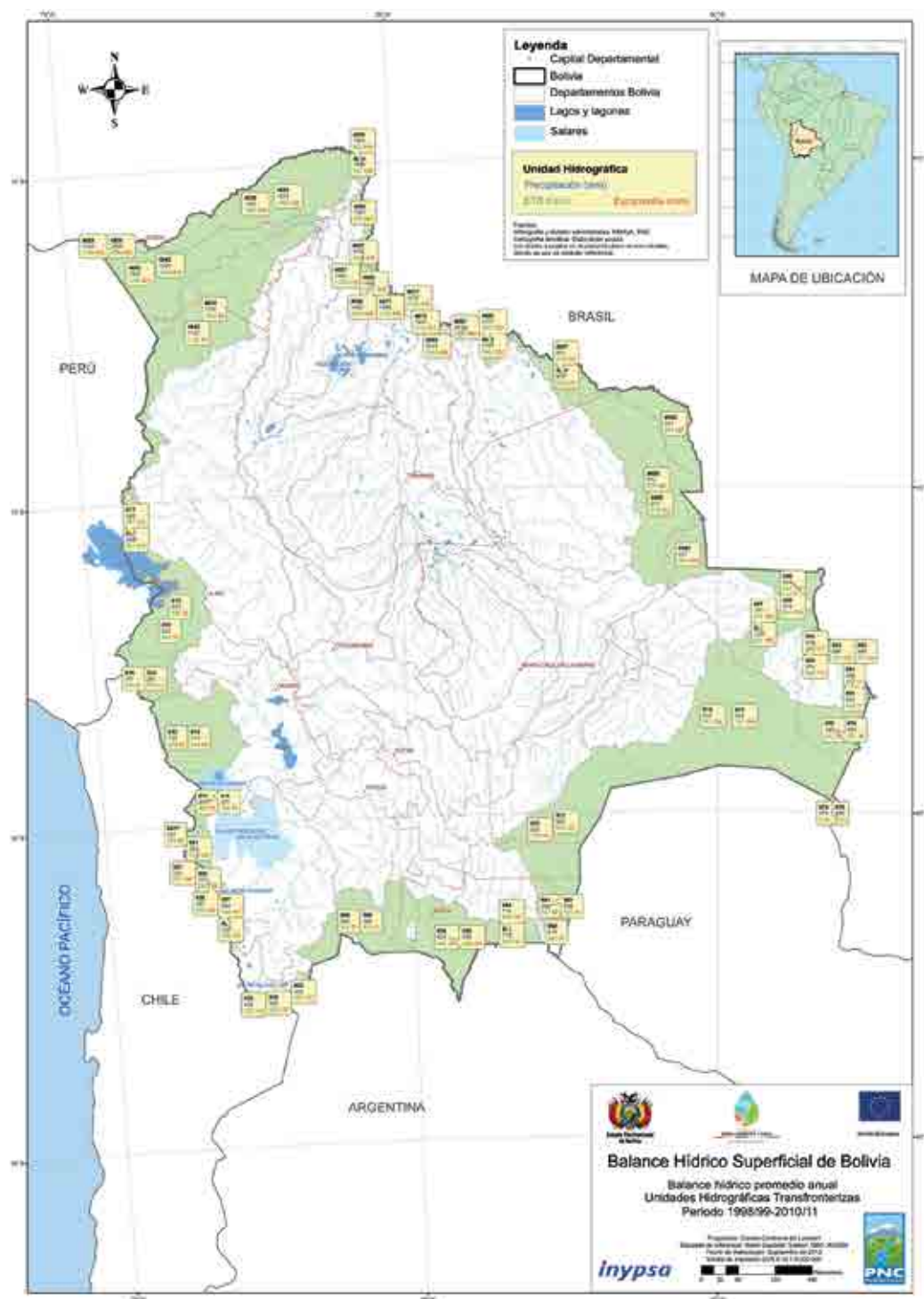
- ▶ Cuencas transfronterizas con Perú (cuenca del Altiplano), UH: 014- 015- 017.
- ▶ Cuencas transfronterizas con Chile (cuenca del Altiplano), UH: 011- E011- 012- 014- 021- 027- 028- 029- 032- 039.
- ▶ Cuencas transfronterizas con Argentina (cuenca del Altiplano), UH: 032- 039.
- ▶ Cuencas transfronterizas con Perú (cuenca del Amazonas), UH: 04928- 04642- 04645.
- ▶ Cuencas transfronterizas con Brasil (cuenca del Amazonas), UH: 4928- 4638- 4639- 4653- 4655- 4657- 4659- 4671- 4673- 4677- 4679- 4691- 4693- 4695- 4697- 4698- 4699.
- ▶ Cuencas transfronterizas con Brasil (cuenca del Plata), UH: 874- 875- 879- 891- 892- 893- 895- 897- 898.
- ▶ Cuencas transfronterizas con Paraguay (cuenca del Plata), UH: 861- 862- 872- 874.



- Cuencas transfronterizas con Argentina (cuenca del Plata), UH: 858- 864- 869.

Los resultados del Balance Hídrico superficial para estas cuencas se muestran en la Figura 38 y se detallan en el Cuadro 8.

Figura 38. Mapa de Balance Hídrico Superficial en Unidades Hidrográficas Transfronterizas



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012



Cuadro 8. Balance Hídrico Superficial de las Cuencas Transfronterizas

UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Bolivia-Perú (Altiplano)	25.938	Precipitación (mm)	14,8	30,4	29,9	69,6	117,8	106,7	80,1	21,5	8,1	3,8	7,7	8,2	498,5
		ETP (mm)	117,9	135,9	136,6	136,0	123,0	108,6	111,6	101,6	94,8	84,0	90,9	105,5	1.346,6
		ETR (mm)	16,2	27,7	29,0	47,2	61,6	48,5	59,4	45,1	47,8	25,8	15,2	14,3	437,7
		Escorrentía (mm)	2,1	2,1	1,8	2,9	10,5	10,8	10,9	6,6	5,3	4,0	3,3	2,6	62,8
		Aportación (m3/s)	21,2	20,6	17,5	27,6	101,2	115,7	105,7	66,0	51,5	40,3	31,7	25,0	51,6
		Q específico (l/s-km2)	0,8	0,8	0,7	1,1	3,9	4,5	4,1	2,5	2,0	1,6	1,2	1,0	2,0
Bolivia-Chile (Altiplano)	34.154	Aportación total (hm3)	55,0	55,0	45,4	73,9	271,1	279,8	283,1	171,1	138,0	104,5	84,8	66,8	1.628,8
		Precipitación (mm)	7,7	10,9	11,7	42,8	86,8	85,6	48,8	7,9	4,6	2,4	3,9	3,4	316,6
		ETP (mm)	127,4	153,1	157,8	159,3	142,0	124,7	128,4	116,5	104,2	92,8	98,2	112,8	1.517,2
		ETR (mm)	8,7	10,1	11,3	31,8	48,0	41,9	53,8	27,2	4,8	2,1	3,4	3,5	246,8
		Escorrentía (mm)	2,3	2,4	1,8	5,7	15,7	19,9	7,1	4,4	3,8	3,2	2,9	2,4	71,5
		Aportación (m3/s)	29,8	30,1	23,9	72,3	199,7	281,3	90,8	58,5	48,0	41,8	36,8	30,5	77,4
Bolivia-Argentina (Altiplano)	1.462	Q específico (l/s-km2)	0,9	0,9	0,7	2,1	5,8	8,2	2,7	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	2,3
		Aportación total (hm3)	77,2	80,5	62,0	193,8	534,9	680,5	243,1	151,6	128,6	108,3	98,7	81,6	2.440,9
		Precipitación (mm)	8,5	18,1	5,1	23,8	88,7	103,1	52,8	21,2	13,4	9,1	8,7	4,5	356,9
		ETP (mm)	125,3	141,8	140,1	144,0	139,5	124,4	130,1	114,7	102,6	95,1	102,3	116,6	1.476,5
		ETR (mm)	10,0	11,6	7,2	20,3	38,4	30,2	49,0	26,6	15,3	8,4	6,4	6,1	229,4
		Escorrentía (mm)	1,7	4,5	1,4	2,3	32,5	43,2	17,3	10,5	5,7	3,5	3,5	2,2	128,3
Bolivia-Perú (Amazonas)	73.920	Aportación (m3/s)	1,0	2,4	0,8	1,3	17,7	26,1	9,4	5,9	3,1	2,0	1,9	1,2	5,9
		Q específico (l/s-km2)	0,7	1,7	0,5	0,9	12,1	17,9	6,5	4,0	2,1	1,4	1,3	0,8	4,1
		Aportación total (hm3)	2,5	6,5	2,0	3,4	47,5	63,2	25,3	15,3	8,4	5,1	5,2	3,2	187,6
		Precipitación (mm)	72,8	129,5	162,8	185,8	198,5	203,2	188,5	131,3	79,5	49,1	44,9	47,6	1.493,6
		ETP (mm)	145,7	144,3	128,3	123,6	127,9	114,0	126,7	121,5	118,8	113,6	131,0	146,5	1.541,9
		ETR (mm)	75,6	103,2	114,2	125,8	132,7	96,6	119,1	122,6	122,8	80,3	55,0	49,2	1.196,8
Bolivia-Perú (Amazonas)	73.920	Escorrentía (mm)	0,3	3,5	14,8	32,7	49,5	59,6	70,5	42,0	19,5	7,4	2,7	1,0	303,8
		Aportación (m3/s)	9,7	97,2	422,6	903,3	1.367,2	1.821,3	1.946,6	1.199,2	539,2	212,0	75,6	26,5	712,1
		Q específico (l/s-km2)	0,1	1,3	5,7	12,2	18,5	24,6	26,3	16,2	7,3	2,9	1,0	0,4	9,6
		Aportación total (hm3)	25,3	260,3	1.095,4	2.419,4	3.661,9	4.406,1	5.213,8	3.108,2	1.444,2	549,6	202,4	70,8	22.457,5



UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Bolivia-Brasil (Amazonas)	81.356	Precipitación (mm)	52,5	103,8	134,4	167,8	188,4	173,5	168,2	97,0	52,7	25,1	23,6	27,7	1.214,4
		ETP (mm)	154,3	152,9	136,7	129,7	126,9	116,0	128,5	120,9	118,4	114,7	133,7	152,5	1.585,3
		ETR (mm)	52,5	69,5	81,4	88,3	89,1	66,0	79,3	82,2	85,8	52,9	31,4	30,3	808,8
		Escorrentía (mm)	1,3	10,4	27,0	55,0	82,7	76,4	90,2	40,2	17,4	7,1	3,1	1,4	412,2
		Aportación (m3/s)	42,0	315,0	848,7	1.670,0	2.511,0	2.570,7	2.739,4	1.261,8	528,3	222,7	95,1	41,8	1.063,4
		Q específico (l/s-km2)	0,5	3,9	10,4	20,5	30,9	31,6	33,7	15,5	6,5	2,7	1,2	0,5	13,1
Bolivia-Brasil (Plata)	68.775	Aportación total (hm3)	108,7	843,8	2.199,8	4.472,9	6.725,5	6.218,9	7.337,1	3.270,6	1.414,9	577,1	254,8	112,0	33.536,2
		Precipitación (mm)	27,4	75,3	108,5	139,7	142,5	129,1	118,6	57,9	39,9	13,0	18,7	15,5	886,1
		ETP (mm)	160,8	172,8	157,1	154,4	147,9	130,4	136,1	120,8	107,8	103,1	125,7	151,5	1.668,3
		ETR (mm)	31,4	69,3	87,3	96,3	100,3	69,5	105,1	82,8	41,2	13,2	18,4	15,6	730,3
		Escorrentía (mm)	2,9	3,8	9,0	21,8	29,3	23,6	25,4	14,9	11,5	8,1	6,1	4,4	160,8
		Aportación (m3/s)	76,3	98,3	237,7	560,9	751,7	671,4	652,6	396,1	294,5	213,7	155,5	113,8	350,6
Bolivia-Paraguay (Plata)	73.665	Q específico (l/s-km2)	1,1	1,4	3,5	8,2	10,9	9,8	9,5	5,8	4,3	3,1	2,3	1,7	5,1
		Aportación total (hm3)	197,9	263,4	616,0	1.502,4	2.013,3	1.624,2	1.748,0	1.026,8	788,9	553,9	416,5	304,9	11.056,0
		Precipitación (mm)	28,9	71,3	107,1	150,5	136,1	134,8	123,4	62,1	38,7	17,5	22,2	17,7	910,6
		ETP (mm)	163,9	182,8	168,0	162,1	157,3	136,7	139,8	120,5	104,6	99,4	123,6	152,8	1.711,5
		ETR (mm)	33,2	66,0	87,0	98,8	101,9	63,2	108,8	89,6	39,6	17,5	22,1	17,6	745,4
		Escorrentía (mm)	3,3	4,0	8,9	25,8	27,3	25,9	27,8	15,2	11,9	8,6	6,6	4,9	170,3
Bolivia-Argentina (Plata)	31.293	Aportación (m3/s)	93,1	109,7	253,5	710,8	750,7	788,8	764,4	431,9	327,6	244,2	181,6	135,4	397,7
		Q específico (l/s-km2)	1,3	1,5	3,4	9,6	10,2	10,7	10,4	5,9	4,4	3,3	2,5	1,8	5,4
		Aportación total (hm3)	241,4	293,8	657,1	1.903,8	2.010,7	1.908,3	2.047,3	1.119,6	877,5	632,9	486,5	362,6	12.541,5
		Precipitación (mm)	6,8	26,7	42,1	98,0	110,6	105,5	88,3	22,5	5,7	2,6	2,9	2,0	513,6
		ETP (mm)	135,7	157,8	156,7	159,5	149,5	130,7	127,8	106,0	92,3	83,5	93,6	116,2	1.509,3
		ETR (mm)	9,3	24,7	37,9	70,2	76,5	50,3	77,6	30,9	6,5	2,6	2,9	2,0	391,4
Bolivia-Argentina (Plata)	31.293	Escorrentía (mm)	1,6	2,0	2,5	16,7	26,3	25,2	23,5	9,9	7,0	4,7	3,4	2,4	125,4
		Aportación (m3/s)	19,6	23,8	30,7	194,6	307,4	326,2	274,7	119,8	82,2	57,0	39,9	28,0	124,4
		Q específico (l/s-km2)	0,6	0,8	1,0	6,2	9,8	10,4	8,8	3,8	2,6	1,8	1,3	0,9	4,0
		Aportación total (hm3)	50,9	63,7	79,6	521,2	823,3	789,1	735,7	310,5	220,3	147,9	106,8	75,1	3.924,1

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.





8. Conclusiones y recomendaciones

8. Conclusiones y recomendaciones

Para realizar el estudio del Balance Hídrico Superficial de Bolivia se ha seguido una metodología tradicional que incluye una alternativa de análisis para la estimación de algunas de las variables que intervienen en la ecuación del Balance, cual es el uso de información satelital para obtener datos climatológicos homogéneos, correlacionándolos con valores observados por el SENAMHI en todo el país.

El Balance se realizó modelando hidrológicamente cada una de las unidades hidrográficas en que se divide el territorio de Bolivia según la metodología Pfafstetter, para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas, de nivel 3 en la cuenca cerrada del Altiplano y en la cuenca del río de la Plata, y de nivel 4 para la cuenca del Amazonas. Sin embargo, se hace notar que esta clasificación ha llevado a la situación de haberse definido para el estudio Unidades Hidrográficas muy heterogéneas en tamaño, variando entre cuencas menores a 100 km² hasta cuencas del orden de 100.000 km².

Con objeto de calibrar y validar el modelo hidrológico de las unidades hidrográficas se ha analizado la disponibilidad de estaciones hidrométricas con registros durante el período de estudio (1998/99 a 2011/12) de manera que permitan conocer la fiabilidad de los resultados del Balance. Se hace notar que la ubicación de estas estaciones no se adecúa a la división en UH de Pfafstetter por haber sido definida anteriormente. Las principales estaciones se sitúan muy en la cabecera de los ríos, con pequeñas cuencas vertientes, o bien en secciones de grandes cursos de agua con cuencas vertientes del orden de muchas centenas o miles de kilómetros cuadrados, lo que complica la calibración y validación del modelo en cuencas menores como son algunas unidades hidrográficas del estudio. Al final se ha conseguido calibrar 14 cuencas correspondientes a otras tantas estaciones de aforo. Empleando los parámetros calibrados en estas cuencas, se procedió a replicar estos parámetros en las UHs con régimen hidrológico similar para su correspondiente simulación.

Para el estudio del Balance Hídrico Superficial se ha aplicado un modelo agregado de pocos parámetros conocido como modelo TÉMEZ, del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España (CEDEX). Los distintos parámetros de humedad, infiltración y número de días de lluvia se han obtenido con información proporcionada por el SENAMHI y de registros del Centro Nacional de Datos Climáticos NCDC de los Estados Unidos.

El resultado final del Balance para cada una de las tres grandes cuencas puede resumirse en lo siguiente:

- Cuenca cerrada del Altiplano: la lluvia anual caída se estima en 352 mm, de los que se pierden por evapotranspiración unos 281 mm, llegando a los cauces unos 72 mm, lo que supone un caudal continuo medio anual del orden de 346 m³/s



y un volumen disponible de agua de 10.899 hm³. Estas cifras son indicativas de una cuenca seca con gran evapotranspiración. Prácticamente se pierde por evapotranspiración el 80 % de la lluvia que ocurre en ella, el resto, 20 %, es el agua que llega a los cauces. La aportación específica equivalente es de 2,3 l/s-km².

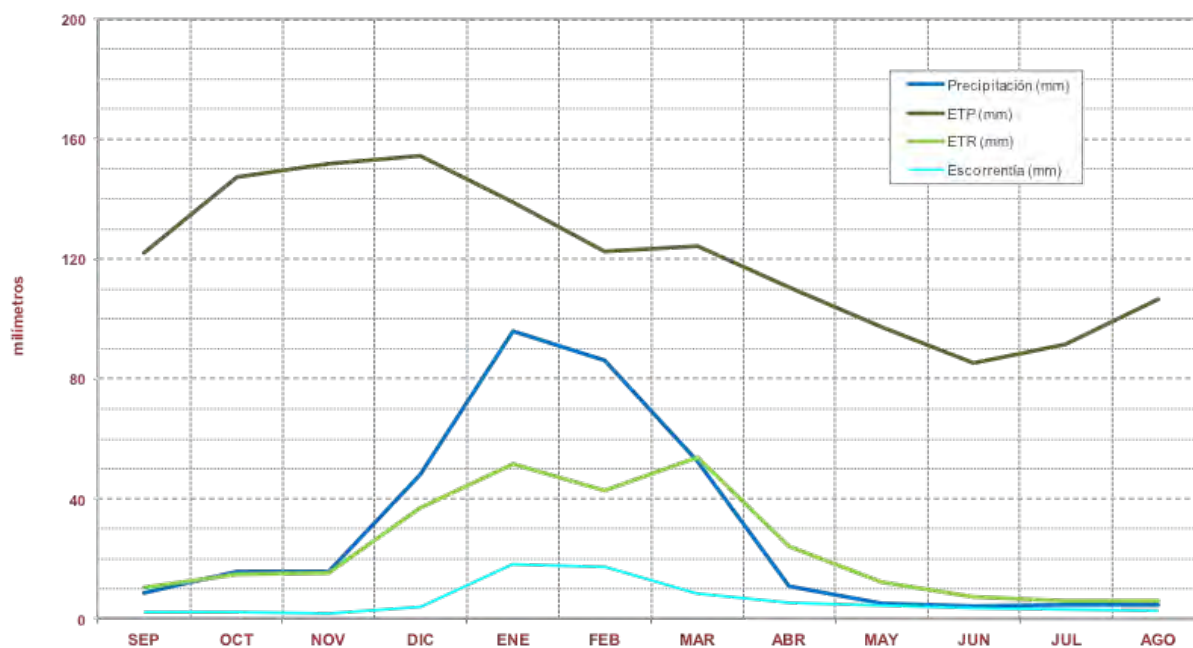
- Cuenca del Amazonas: la precipitación caída en esta cuenca es muy superior a la del Altiplano, con un valor anual de 1.351 mm. Puede considerarse como una cuenca húmeda, con un clima y características de vegetación y tipo de suelo que produce una pérdida por evapotranspiración de 746 mm. Esto supone el 55 % de pérdidas de la lluvia caída. La escorrentía alcanza los 611 mm, con una aportación de toda la cuenca de 13.813 m³/s. Este caudal supone un volumen de 435.615,3 hm³ de agua al año. La aportación específica equivalente es de 19,4 l/s-km².
- Cuenca del Plata: esta cuenca recibe una precipitación anual de 696 mm, valor intermedio entre los de las otras dos grandes cuencas, como consecuencia de la orografía y situación entre el Altiplano y el extremo septentrional del Chaco. Las pérdidas por evapotranspiración son del orden del 80 %, igual prácticamente a las del Altiplano, lo que supone 552 mm al año. La aportación total de la cuenca supone un caudal continuo anual de 1.080 m³/s, equivalente a una altura de 153 mm anuales sobre toda la cuenca. La aportación específica es de 4,8 l/s-km².

La superficie de las cuencas de Bolivia que se ha utilizado en el estudio es de 1.087.165 km². En el conjunto de las tres grandes cuencas la precipitación media sobre todo el territorio es de 1.078 mm. Las pérdidas por evapotranspiración alcanzan a 641 mm llegando a los cauces el equivalente a una altura de agua de 442 mm sobre todo el territorio, lo que equivale a una aportación continua de 15.306 m³/s. El volumen total de esta escorrentía es de 480.568 hm³, la aportación específica de 14,0 l/s-km².

Gráficamente el Balance Hídrico de cada una de las tres grandes cuencas se presenta a continuación en las Figuras 39, 40 y 41.

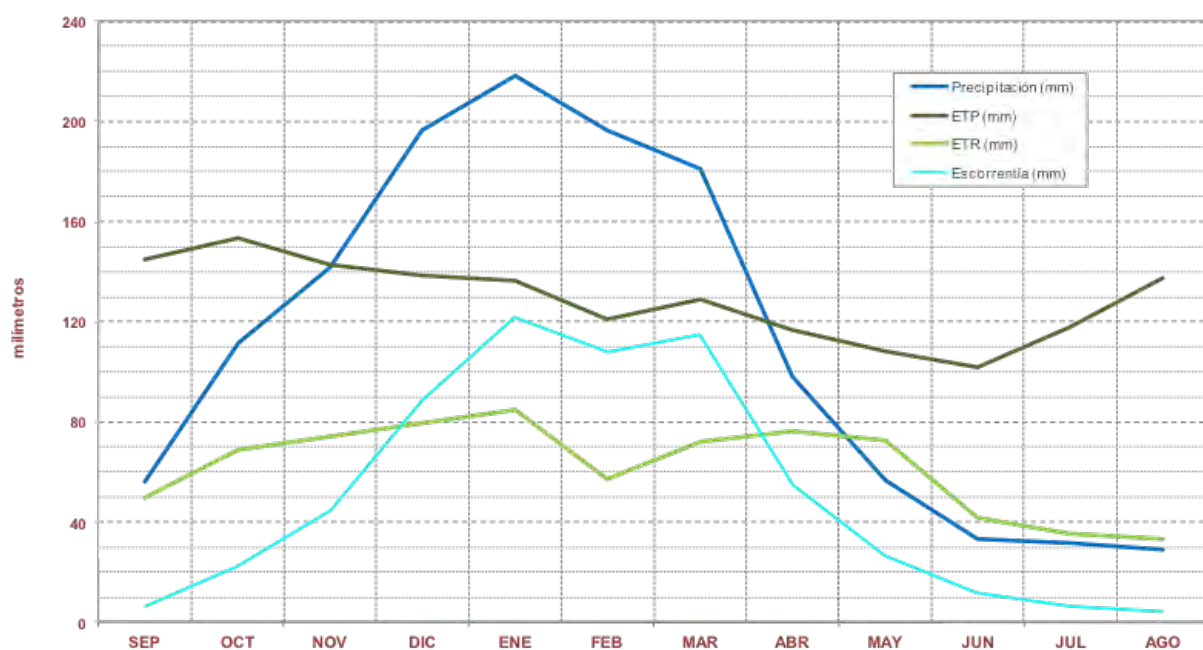


Figura 39. Valores medios mensuales de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía en la cuenca cerrada del Altiplano (período 1998/99-2010/11)



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

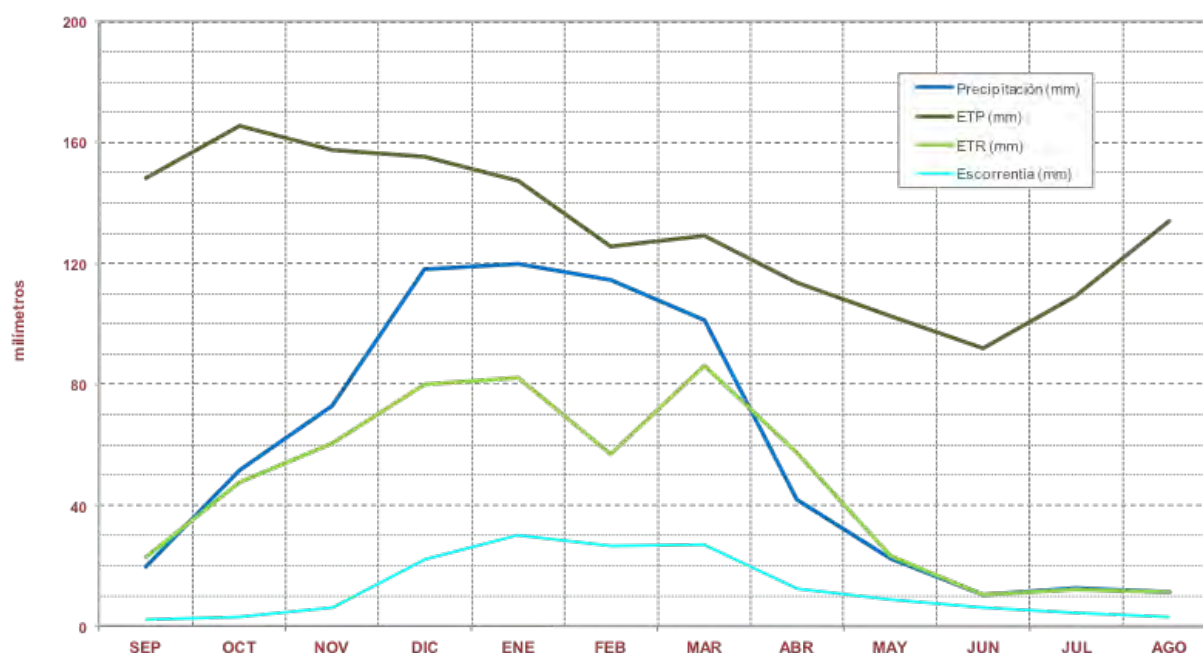
Figura 40. Valores medios mensuales de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía en la cuenca del Amazonas (período 1998/99-2010/11)



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



Figura 41. Valores medios mensuales de Precipitación, ETP, ETR y Escorrentía en la cuenca del Plata (período 1998/99-2010/11)



Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

Se observa claramente la distribución media mensual de las precipitaciones, con una estación húmeda correspondiente a los meses de noviembre a marzo, una estación seca de mayo a septiembre y dos meses de transición como son abril y octubre.

Una de las mayores dificultades encontradas durante la elaboración del estudio proviene del déficit de información hidrométrica. Son tres los aspectos a destacar:

- 1) Escasez de estaciones de control en los tramos bajos de los ríos.
- 2) La red actual presenta muchos períodos sin registros y con frecuentes vacíos, de manera destacada en los últimos 15 años.
- 3) Debería realizarse anualmente de manera sistemática, una depuración de errores en la serie de registros.

La red de estaciones climatológicas es escasa, fundamentalmente en el Sur del Altiplano y en la cuenca amazónica. Sería muy conveniente ampliar esta red y realizar estudios específicos de detalle que sirvan para contrastar los registros de la red física con la información obtenida de las imágenes satelitales.

Se recomienda establecer convenios de colaboración e intercambio de información con los organismos responsables en temas de gestión de recursos hídricos de los países limítrofes. Una de las mayores dificultades que se encuentran para realizar este tipo de estudios es la obtención de información en los organismos de otros países.



Para futuros trabajos de recursos hídricos se recomienda disponer de un Sistema de Información Geográfica con la siguiente información en la que se han detectado deficiencias:

- 1) Nombres de los cauces.
- 2) Ubicación exacta de estaciones climatológicas e hidrométricas.
- 3) Completar en los *shape* de la división según Pfafstetter, las cuencas transfronterizas, al menos hasta el nivel 4.
- 4) Depurar la información que contienen estas coberturas.

Se recomienda actualizar el Balance Hídrico Superficial de manera periódica con objeto de cubrir períodos más amplios de registros. Previamente a estas actualizaciones, se recomienda mejorar y ampliar la información hidrométrica. El estudio de detalle de la red actual requiere plazos importantes de tiempo y conocimiento de primera mano de todas y cada una de las estaciones de medición.



Referencias bibliográficas

Barreda, E. A. (2004). *Univerisdad de Barcelona*. Técnicas de completado de series mensuales y aplicación al estudio de la influencia de la NAO en la distribución de la precipitación en España.

CEDEX. (2012). *Centro de Estudios y Experimentacion de Obras Públicas de España*. Manual CHAC - Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas.

Chow, V.T. et al. (1984). Hidrología aplicada.

Clements, J. F. (2007). *The Cornell Lab of Ornithology*. Ckecklist of the Birds of the World.

Dinerstein, E y Col. (1995). *Banco Mundial en colaboración con el Fondo Mundial para la Naturaleza. Washington, D.C.* Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe.

Estrela, T. (1992). *Centro de Estudios y Experimentacion de Obras Públicas de España*. Metodologías y recomendaciones para la evaluación de recursos hídricos.

Estrela, T. (1993). *Centro de Estudios y Experimentacion de Obras Públicas de España*. Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos. CEDEX.

FAO Riego y Drenaje 56. (1998). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion*. Evapotranspiración del cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.

Ferrer Polo, F.J. (1992). *Centro de Estudios y Experimentacion de Obras Públicas de España*. Análisis estadístico de caudales.

Killee, T. J. and Col. (2008). Total Historical Land-Use Change in Eastern Bolivia. ¿Who, Where, When and How Much? *Ecology and Society* 13(1): 36.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Bolivia. (2010). *Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego*. Delimitación y Codificación de unidades hidrográficas de Bolivia - Metodología Pfafstetter.

Ministerio de Planificación Territorial y Medio Ambiente, España. (2006). *Programa Nacional de cambios climáticos*. Módulo 1 Meteorología y Climatología.

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, España. (2010). Dirección General del Agua, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Documento para consulta Pública, Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.



Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente, España. (2000). *Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas*. Libro Blanco del Agua en España. Capítulo 3. La Situación Actual y los Problemas Existentes Previsibles.

Monreal, T.E., Calvo-Rubio, F. C. y Lorenzo, F. E. (1999). La Evaluación de los Recursos Hídricos en El Libro Blanco del Agua en España. *Vol. 6, N° 2*.

Montes de Oca, I. (2006). Enciclopedia geográfica de Bolivia.

Murillo, J. M. y Navarro, J. A., (2011). Aplicación del modelo de Témez a la determinación de la aportación superficial y subterránea del sistema hidrológico Cornisa-Vega de Granada para su implementación en un modelo de uso conjunto. *Boletín Geológico y Minero*, 122 (3): 363-388

Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado. (2005). Mapa de la cobertura de la tierra y deforestación en tierras bajas de Bolivia entre 1976 y 2004.

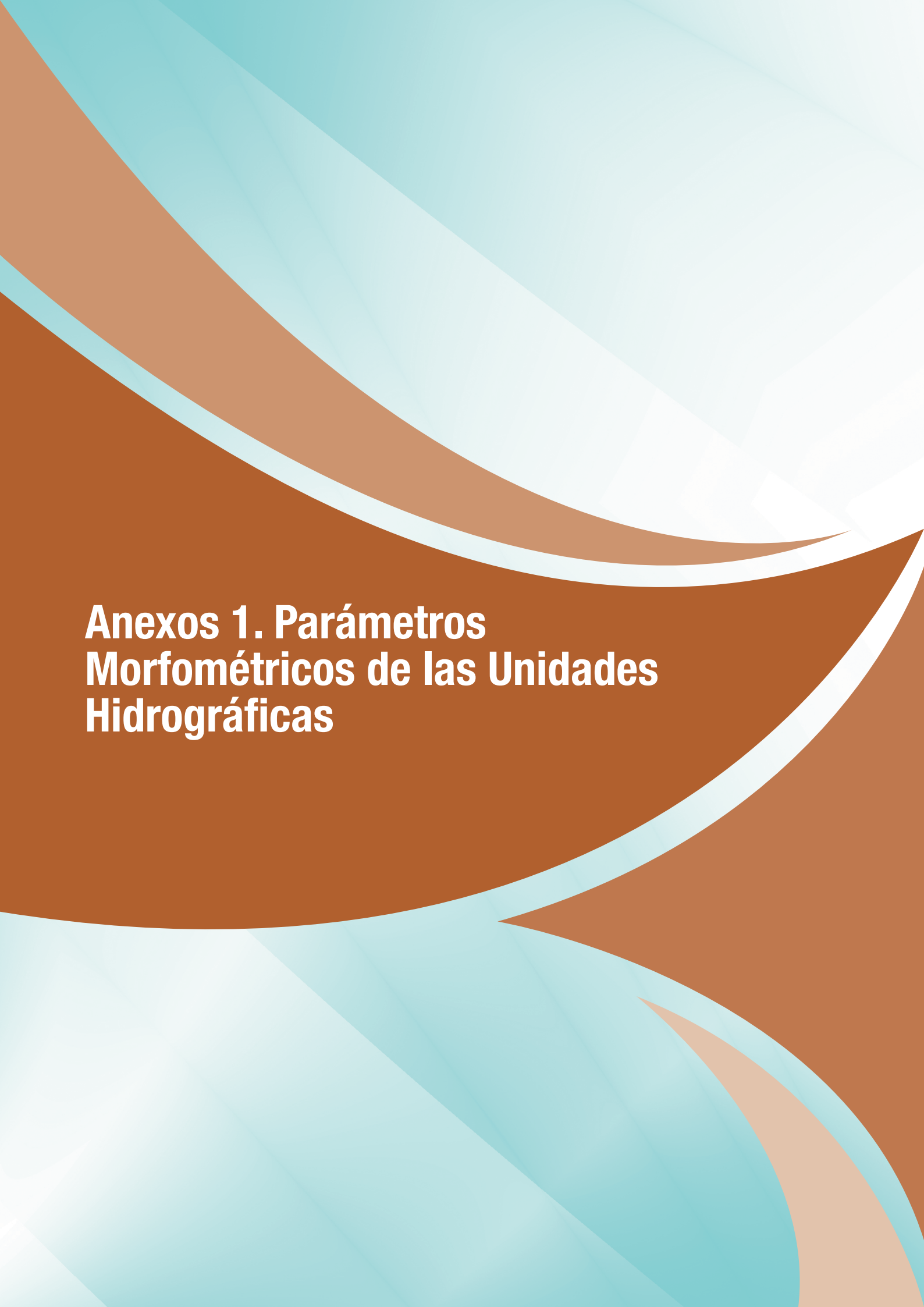
Navarro G. y Ferreira W. (2004). Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental N° 15.

Peterson, T. C. et al. (1994). Creation of homogeneous composite climatological reference series. *International Journal of Climatology*, 14.





Anexos



Anexos 1. Parámetros Morfométricos de las Unidades Hidrográficas

Cuadro A1.1 Parámetros morfométricos Cuenca del Amazonas

Unidad Hidrográfica				Superficie (km²)					Perímetro (km)	Cuenca				Cauce principal				Índice de comple	Diám círculo igual superfic (km)	Rectángulo equivalente		
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Bolivia		Cota mín	Cota max	Cota med	Pdtemed (grad)	Cota mín	Cota máx	Long (km)	Ppte media (%)			L1 (km)	L2 (km)	
4 Amazonas	46 Río Madeira	463 Río Abuna	4638	Río Abuna	22.986	23.964	710.962	712.939	1.087.165	1.397	70	297	173	2	95,2	271,5	527	0,03	2,6	171,1	664,1	34,6
			4639	Río Madera	978					221	60	222	143	2	95,2	105,7	92	0,01	2,0	35,3	100,9	9,7
		464 Río Beni	4641	Desembocadura Río Beni	3.622	172.402				581	40	248	160	2	105,7	117,0	121	0,01	2,7	679	277,2	13,1
			4642	Río Orthon	18.512					1.399	80	354	222	2	117,0	247,9	512	0,03	2,9	153,5	671,8	27,6
			4643	Parte Baja Río Beni	264					99	70	239	134	2	117,0	130,3	32	0,04	1,7	18,3	43,3	6,1
			4644	Río Alto Beni	119.560					3.194	70	6.585	1.364	13	130,3	181,0	1.329	0,00	2,6	390,2	1.518,3	78,7
			4645	Río Madre de Dios	30.445					2.192	70	5.019	276	3	130,3	3.825,2	583	0,63	3,5	196,9	1.067,6	28,5
			4648	-	0																	
		465 Río Yata	4653	Parte Baja Río Yata	30	24.182				33	64	198	131	3	101,7	107,8	9	0,07	1,7	6,2	14,5	2,1
			4654	Río Yata	20.661					1.539	30	276	156	2	106,2	158,3	627	0,01	3,0	162,2	741,6	27,9
			4655	Arroyo Las Arenas	530					167	36	227	147	2	106,2	122,6	57	0,03	2,0	26,0	76,5	6,9
			4657	Arroyo Santa Cruz	1.621					371	24	282	156	2	122,6	150,0	112	0,02	2,6	45,4	176,2	9,2
			4659	Río Mercedes	1.340					297	30	247	153	3	115,2	160,1	68	0,07	2,3	41,3	138,7	9,7
			4661	Desembocadura Río Memoré	19.232					1.567	40	374	148	2	127,6	149,4	357	0,01	3,2	156,5	758,2	25,4
			4662	Río Yacuma	21.450					1.195	32	1.861	233	3	149,4	300,3	399	0,04	2,3	165,3	559,2	38,4
			4663	Parte Baja Río Mamoré	43.842					1.815	10	869	173	2	149,4	156,8	313	0,00	2,4	236,3	856,2	51,2
			4664	Río Isiboro	21.038					1.214	15	4.642	846	9	156,8	3.571,3	398	0,86	2,4	163,7	570,3	36,9
			466 Cuenca Río Memoré	4665	Parte Media Río Mamoré					3.235	468	15	340	168	4	156,8	193,0	156	0,02	2,3	64,2	219,4
		4666		Río Ichilo	20.177	872				50	4.100	597	8	150,5	2.229,6	532	0,39	1,7	160,3	383,5	52,6	
		4667		Parte Alta Río Grande	1.835	445				30	316	183	2	150,5	183,8	69	0,05	2,9	48,3	213,8	8,6	
		4668		Río Yapacaní	25.207	1.116				50	2.872	630	6	183,8	2.084,6	444	0,43	2,0	179,1	508,6	49,6	
		4669		Cabecera Río Grande	78.885	3.042				50	5.125	1.975	12	183,8	2.788,2	1.150	0,23	3,1	316,9	1.467,3	53,8	





Unidad Hidrográfica				Superficie (km²)				Perímetro (km)	Cuenca				Cauce principal				Índice de complc	Diám círculo igual superfic (km)	Rectángulo equivalente	
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1		Cota mín	Cota max	Cota med	Pdtemed (grad)	Cota mín	Cota máx	Long (km)	Pdte media (%)			L1 (km)	L2 (km)
			4671	Desembocadura Río Azul	178				109	89	202	138	2	127,6	136,1	34	0,03	15,1	50,9	3,5
			4672	Arroyo Azul	1.506				292	108	211	156	2	136,1	171,6	71	0,05	43,8	134,6	11,2
			4673	Parte Media Bahía Pimenfeira	85	2.664			70	28	176	141	1	134,5	154,0	31	0,06	10,4	32,3	2,6
			4674	Bahía Pimenfeira	323				108	96	200	161	1	154,0	181,4	25	0,11	20,3	47,2	6,8
			4677	-	205				97	71	212	163	1	133,8	134,9	39	0,00	16,1	44,1	4,6
			4679	Arroyo El Encanto	367				116	40	218	154	2	134,9	138,2	32	0,01	1,7	21,6	7,2
			4682	Río Machupo	19.045				1.233	20	428	149	2	142,9	163,8	383	0,01	2,5	155,7	32,6
			4683	Río Itonomas	37.543				2.935	30	1.149	283	2	142,9	246,1	966	0,01	4,3	218,6	26,0
			4684	Río Tunas	8.612				1.033	112	1.343	343	2	246,1	603,6	372	0,10	3,1	104,7	17,2
			4685	Parte Media Río San Julián	2.274				326	183	628	293	3	246,1	247,0	84	0,00	1,9	53,8	15,4
			4686	Río Santa Bárbara	15.110	125.173			677	209	700	333	2	247,0	353,6	169	0,06	1,6	138,7	52,9
			4687	Río Quinome	1.058				272	186	504	258	1	247,0	251,0	56	0,01	2,4	36,7	8,3
			4688	Río Bañados Izozog	17.661				813	214	931	325	2	251,0	318,1	194	0,03	1,7	150,0	49,4
			4689	Río Parapetí	23.871				1.519	190	3.554	725	5	251,0	2.763,0	634	0,40	2,8	174,3	32,8
			4691	Arroyos Las Londras	55				45	41	208	138	3	138,2	142,0	6	0,06	1,7	8,3	2,8
			4692	Río Blanco	76.617				2.077	50	871	246	2	142,0	521,6	860	0,04	2,1	312,3	79,9
			4693	Parte Baja Río Buena Vista	864				258	50	237	152	2	142,0	150,2	110	0,01	2,5	33,2	7,1
			4695	Arroyo Currichal	2.094	127.674			338	66	283	170	1	149,4	194,0	73	0,06	2,1	51,6	13,4
			4697	Parte Alta Río San Jose	5.529				672	50	661	191	2	156,0	231,6	86	0,09	2,5	83,9	17,4
			4698	Río Paraguá	27.988				1.372	50	909	249	2	154,3	479,4	509	0,06	2,3	188,8	43,6
			4699	Río Verde	14.529				1.326	82	995	374	3	182,1	728,5	108	0,51	3,1	136,0	22,7
			492 Río Acre		1.977	1.977			386	160	343	265	3	178,7	229,6	120	0,04	2,5	50,2	10,8

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

Cuadro A1.2 Parámetros morfo métricos cuenca del Plata

Unidad Hidrográfica					Superficie (km²)				Perímetro (km)	Cuenca				Cauce principal				Índice de compic	Diám círculo igual superf (km)	Rectángulo equivalente	
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Bolivia		Cota min	Cota max	Cota med	Pdtemed (grad)	Cota min	Cota máx	Long (km)	Pdte media (%)			L1 (km)	L2 (km)
Cuenca del Plata	80 Lagunas Tajzara	801				7			109									11,9	2,9	54,5	0,1
		802	Río Munayoj			26															
		803	Río Turcamarca			22															
		804	Río Mojón Aguada			186															
		805	-			5				3.619	4.679	3.834	7	3.653,4	4.180,1	20	2,69				
		806	Río Vicunayoj			41															
		807	Río Cienegas			14															
		808	Río Cobre			24															
		809	Laguna Pujzara			141															
		858	Río Caraparí			11.912				336	4.619	1.666	15	468,6	2.357,2	207	0,91				
85 Ber-mejo	86 Pilcomayo	860	Las Lagunas			338			223.016	107	2.869	3.922	8	2.932,9	3.603,6	20	3,28	1,6	20,7	46,1	7,3
		861	Cñda. Bolivar			3.739				342	220	718	2	272,0	448,0	97	0,18				
		862	Cñda. Caraguatu-renda			235				128	249	336	2	267,1	303,4	28	0,13				
		864	Río Pilcomayo			3.359				332	266	1.727	4	277,3	836,1	89	0,63				
		865	Río Pilaya			15.657				885	175	2.835	9	267,7	662,9	301	0,13				
		866	Río Tumusla			23.501				1.189	638	5.190	16	662,9	4.316,5	488	0,75				
		867	Río Monte Sandoval			5.741				510	614	4.414	20	662,9	2.235,9	196	0,80				
		868	Río Sococha			21.357				970	2.201	5.480	14	2.235,9	4.658,8	244	0,99				
		869	Río Khenwal			16.022				1.053	2.208	5.739	12	2.235,9	3.543,7	295	0,44				





Unidad Hidrográfica				Superficie (km²)				Perímetro (km)	Cuenca				Cauce principal				Índice de comple	Diám círculo igual superf (km)	Rectángulo equivalente	
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1		Bolivia	Cota mín	Cota max	Cota med	Pdtemed (grad)	Cota mín	Cota máx	Long (km)			Pdte media (%)	L1 (km)
87 Alto Paraguay	872	Cñda. Ustarez			25.275	78.374		1.103	211	1.823	458	2	369,7	1.112,2	191	0,39	2,0	179,4	500,9	50,5
	874	Río Negro			44.416			1.580	60	1.294	274	2	73,1	335,5	478	0,05	2,1	237,8	729,0	60,9
	875	-			193			107	20	132	76	2	73,1	79,5	53	0,01	2,2	15,7	49,4	3,9
	879	Laguna Cáceres			8.491	576		60	797	177	2	88,3	621,0	172	0,31	1,8	104,0	254,5	33,4	
89 Curiche Grande	891	Qda. Anay			1.238	187		70	519	174	2	102,0	155,8	30	0,18	1,5	39,7	77,6	16,0	
	892	Río Pando			35	47		70	123	97	1	96,7	114,1	15	0,11	2,2	6,7	21,7	1,6	
	893	Laguna Uberaba			989	203		75	356	119	2	92,5	96,3	42	0,01	1,8	35,5	90,5	10,9	
	894	Río San Miguel-Verdolaga			7.361	557		76	896	231	3	95,0	218,4	152	0,08	1,8	96,8	249,1	29,5	
	895	Laguna Piranas			1.505	230		66	189	111	1	94,4	152,9	50	0,12	1,7	43,8	100,1	15,0	
	896	Río San Fernando			5.867	553	68	1.248	276	4	96,0	384,5	149	0,19	2,0	86,4	253,1	23,2		
	897	Qda. Manechi			7.216	644	62	942	224	3	97,6	375,1	186	0,15	2,1	95,9	298,0	24,2		
	898	Río Curichi Grande			4.693	423	68	879	141	2	98,0	155,2	139	0,04	1,7	77,3	186,5	25,2		
	899	Qda. Candelaria			13.412	826	73	881	239	3	110,4	367,5	265	0,10	2,0	130,7	377,5	35,5		

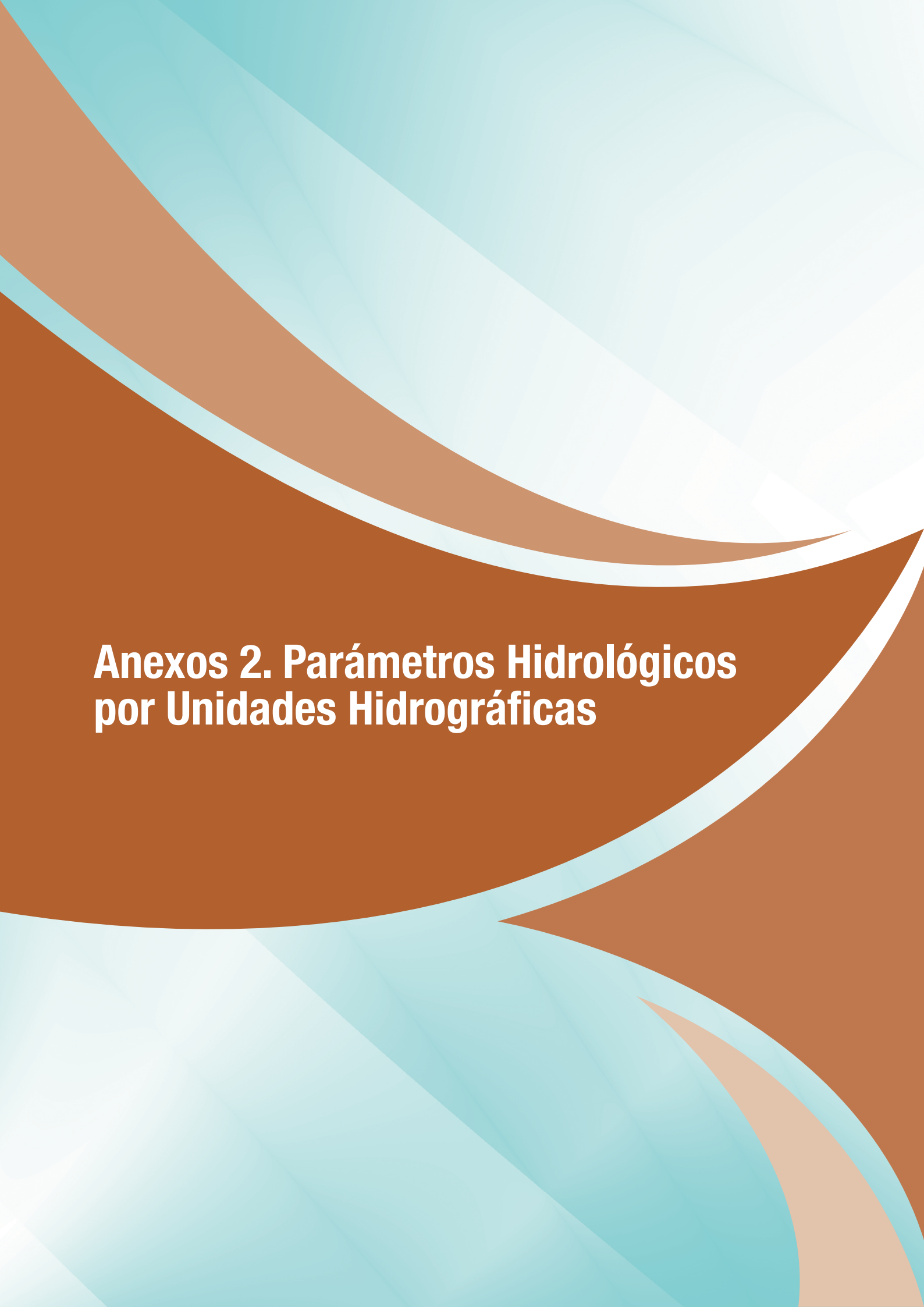
Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

Cuadro A1.3 Parámetros morfométricos cuenca del Altiplano

Unidad Hidrográfica				Superficie (km²)				Cuenca				Cauce principal				Índice de comple	Diám círculo igual superf (km)	Rectángulo equivalente				
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Bolivia	Perímetro (km)	Cota mín	Cota max	Cota med	Pdtemed (grad)	Cota mín	Cota máx			Long (km)	Pdte media (%)	L1 (km)	L2 (km)	
0	Altiplano	01 Titicaca - Poopó	010	-		5	88.934	151.210														
			011	Qda. Cancosa		3.742				514	3.628	5.958	3.912	6	3.646,9	4.530,2	108	0,82	69,0	241,7	15,5	
			E011			97				80	3.940	5.094	4.483	38					11,1	37,1	2,6	
			012	Río Lauca		17865				793	3.637	6.430	3.949	4	3.646,9	4.144,7	206	0,24	150,8	344,5	51,9	
			013	Desaguadero-Poopó		41.287				1.661	3.631	5.426	3.887	4	3.675,8	3.791,2	491	0,02	229,3	777,6	53,1	
			014	Río Mauri		6.053				559	3.791	6.060	4.194	6	3.794,7	4.065,3	139	0,19	878	255,6	23,7	
			015	Titicaca-Desaguadero		17.244				826	3.788	6.172	4.000	5	3.794,7	3.815,4	108	0,02	148,2	366,0	47,1	
			017	Río Súchez		2.641				436	3.809	5.769	4.288	7	3.820,7	4.619,8	141	0,57	58,0	205,2	12,9	
			021	Río Calomo		2.148				248	3.658	5.284	3.993	7	3.741,1	3.939,9	90	0,22	52,3	103,0	20,9	
			022	Salar de Uyuni		47.237				1.457	3.634	5.980	3.896	5	3.641,8	4.262,6	390	0,16	245,2	656,4	72,0	
			023	Río Yana Cienaga		1.795				304	4.384	5.858	4.722	8	4.345,6	4.820,5	62	0,76	478	139,0	12,9	
			024	Río Busch		890				185	4.511	5.596	4.742	7	4.567,3	5.300,0	41	1,78	33,7	81,4	10,9	
			025	Laguna Colorada		2.105				261	4.454	5.792	4.784	7	4.298,3	5.009,1	53	1,33	51,8	111,4	18,9	
			E025			175				128	4.429	5.926	5.071	40					2,7	14,9	61,1	2,9
			026	Laguna Pastos Grandes		1.823				245	4.011	5.785	4.521	6	4.426,9	4.836,1	36	1,14	48,2	105,0	17,4	
			E026			263				107	4.242	5.667	4.698	45					1,9	18,3	48,0	5,5
			027	Río Agua de Canapa		1.481				223	3.820	5.922	4.568	10	4.123,4	4.232,7	45	0,24	1,6	43,4	96,3	15,4
	028	Río Empexa		1.306	206	3.740	5.699			4.164	8	3.742,6	4.343,3	49	1,22	1,6	40,8	88,1	14,8			
	029	-		15																		
	03 Chaltviri - Verde	031	Río Chaltviri		1.363	222	4.514			5.674	4.749	8	4.386,1	5.000,5	45	1,37	41,7	97,2	14,0			
		032	Río Zapaleri		725	222	4.457			5.697	4.780	8	4.480,5	4.921,7	24	1,85	30,4	104,3	7,0			
		033	-		33	88	4.691			5.743	5.107	15			-		4,3	6,5	43,0	0,8		
	05	039	Río Aguas Calientes		737	135	4.437			5.898	4.712	10	4.308,3	5.304,8	46	2,15	1,4	30,6	54,0	13,6		
		051	-		180	70	3.695			4.320	3.865	4	3.821,9	4.243,5	20	2,12	1,5	15,1	28,6	6,3		

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.





Anexos 2. Parámetros Hidrológicos por Unidades Hidrográficas

Cuadro A2.1 Parámetros hidrológicos por Unidad Hidrográfica.

Unidad Hidrográfica				Superficie (km²)					Número de Curva			Imper (%)	lmax (mm)	Hmax (mm)	Nº días de lluvia	
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Bolivia	min	max	med					
4	Amazonas	46	463	4638	22.986	23.964	710.962	712.939	1.087.165	15,0	98,0	22,5	0,3	349	213	16
				4639	978					15,0	98,0	60,3	0,4	50	126	16
			464	4641	3.622	172.402				15,0	98,0	33,2	2,7	299	193	16
				4642	18.512					15,0	98,0	19,3	1,1	393	222	16
				4643	264					15,0	98,0	37,9	13,6	345	211	16
				4644	119.560					15,0	98,0	50,8	2,5	268	149	12
				4645	30.445					15,0	98,0	22,8	1,8	372	215	13
				4648	0											
			465	4653	30	24.182				15,0	98,0	68,8	13,1	53	141	16
				4654	20.661					15,0	98,0	32,8	4,8	391	194	13
				4655	530					15,0	98,0	67,7	5,2	67	116	16
				4657	1.621					15,0	98,0	26,0	4,2	371	214	14
				4659	1.340					15	98	29	7,3	400	212	13
			466	4661	19.232	234.901				15,0	98,0	36,6	13,1	400	205	12
				4662	21.450					15,0	98,0	32,1	3,2	369	191	11
				4663	43.842					15,0	98,0	25,5	4,2	396	210	14
				4664	21.038					15,0	98,0	43,6	2,2	303	166	13
				4665	3.235					15,0	98,0	29,0	7,3	400	209	13
				4666	20.177					15,0	98,0	43,2	1,9	319	167	11
				4667	1.835					15,0	98,0	28,6	10,4	400	222	13
				4668	25.207					15,0	98,0	51,5	2,0	320	147	11
				4669	78.885					15,0	98,0	70,6	3,5	239	102	8
			467	4671	178	2.664				15,0	98,0	42,7	24,2	400	226	13
				4672	1.506					15,0	98,0	27,4	6,0	400	212	13
				4673	85					15,0	98,0	26,4	13,3	400	236	13
				4674	323					15	98	20	1,4	400	220	13
				4677	205					15,0	98,0	20,1	5,4	400	231	13
				4679	367					15,0	98,0	18,0	2,4	400	228	13
			468	4682	19.045	125.173				15	98	29	5,1	400	202	12
				4683	37.543					15,0	98,0	50,3	2,0	298	149	9
				4684	8.612					26,0	86,0	37,1	0,6	387	178	4
				4685	2.274					26,0	98,0	55,5	3,9	319	143	13
				4686	15.110					26,0	98,0	61,4	1,2	197	123	8
				4687	1.058					26,0	98,0	39,0	3,0	390	180	13
				4688	17.661					26,0	98,0	34,2	0,8	382	185	13
				4689	23.871					26,0	98,0	45,2	1,3	319	160	7
			469	4691	55	127.674				15,0	98,0	24,4	6,1	400	221	13
				4692	76.617					15,0	98,0	46,1	1,6	170	160	10
				4693	864					15,0	98,0	26,1	3,4	352	211	10
				4695	2.094					15,0	98,0	53,4	2,4	157	147	10
				4697	5.529					15,0	98,0	51,1	2,1	181	150	10
				4698	27.988					15,0	98,0	66,3	1,2	96	112	9
				4699	14.529					15,0	98,0	62,9	1,9	140	121	9
		49	492	4928	1.977	1.977				1.977	15,0	98,0	26,6	0,7	383	203
8	Cuenca del Plata	80	801		7	465	223.016	46	98	75	9,0	314	97	7		
			802		26											
			803		22											
			804		186											
			805		5											
			806		41											

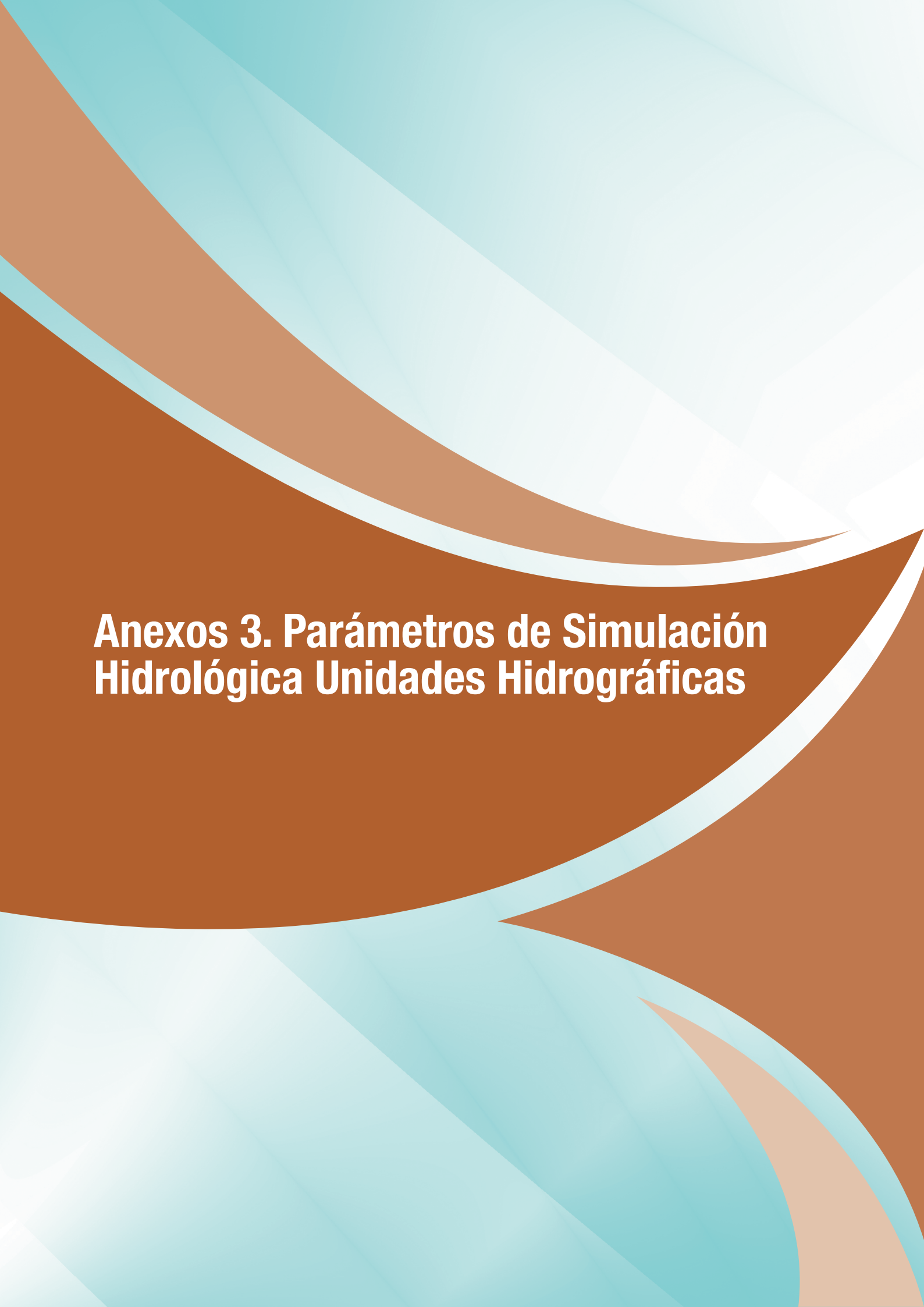


Balance Hídrico Superficial de Bolivia

Unidad Hidrográfica				Superficie (km²)					Número de Curva			Imper (%)	Imax (mm)	Hmax (mm)	Nº días de lluvia										
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Bolivia	min	max	med														
0	Altiplano		807		14																				
			808		24																				
			809		141																				
		85	858		11.912	11.912											15,0	98,0	67,2	1,7	210	109	7,8		
		86	860		338	89.949											57,0	98,0	77,2	7,1	278	92	3,4		
			861		3.739												15,0	98,0	34,2	0,7	377	185	4,6		
			862		235												15,0	77,0	33,9	1,6	400	186	5,3		
			864		3.359												15,0	98,0	50,3	0,8	282	148	6,1		
			865		15.657												15,0	98,0	58,2	2,0	235	132	6,1		
			866		23.501												15,0	98,0	81,2	4,5	176	77	6,7		
			867		5.741												15,0	98,0	76,9	3,3	195	87	6,4		
			868		21.357												15,0	98,0	81,7	4,8	184	75	4,5		
			869		16.022												15,0	98,0	79,2	4,3	190	81	5,4		
			87		872												25.275	78.374	15,0	98,0	37,7	1,0	376	177	4,9
					874												44.416		15,0	98,0	39,9	1,4	369	172	9,1
					875												193		15,0	98,0	45,5	4,6	400	161	9,0
		879			8.491	15,0											98,0		44,5	2,0	368	164	8,9		
		89	891		1.238	42.316											15,0	98,0	63,1	7,3	346	135	8,9		
			892		35												15,0	98,0	74,4	61,6	388	255	8,9		
			893		989												15,0	98,0	59,0	12,1	284	156	9,6		
			894		7.361												26,0	98,0	61,7	1,3	239	122	8,9		
			895		1.505												15,0	98,0	36,7	1,6	400	180	9,6		
			896		5.867												26,0	98,0	52,6	0,8	225	142	9,6		
			897		7.216												15,0	98,0	51,7	1,5	262	146	10,2		
			898		4.693												15,0	98,0	50,6	6,2	286	159	10,2		
			899		13.412												15,0	98,0	65,0	1,1	128	115	10,2		
			01		010												5	88.934							
		011			3.742	15,0											98,0		71,5	6,5	214	100	6,1		
		E011			97	15,0											92,5		92,5	5,6	275	71	6,1		
		012			17.865	15,0											98,0		62,9	6,2	288	122	6,1		
		013			41.287	15,0											98,0		69,2	8,8	287	111	7,3		
		014			6.053	15,0											98,0		78,7	5,3	240	83	6,6		
		015			17.244	15,0											98,0		73,4	19,7	284	136	10,5		
		017			2.641	15,0											98,0		75,7	22,8	288	139	11,4		
		02			021	2.148											59.238	15,0	92,5	80,4	6,1	283	78	3,8	
					022	47.237												15,0	98,0	71,5	6,7	224	100	3,5	
					023	1.795												15,0	98,0	82,8	8,4	245	81	2,5	
					024	890												15,0	98,0	83,0	9,1	267	79	2,5	
					025	2.105												15,0	98,0	83,6	10,0	219	82	1,6	
					E025	175												15,0	98,0	98,0	18,2	134	103	1,6	
					026	1.823												25,0	98,0	83,0	7,6	222	75	2,5	
					E026	263												15,0	92,5	92,5	5,8	187	77	2,5	
					027	1.481												15,0	98,0	83,4	7,6	268	76	2,5	
					028	1.306												15,0	92,5	78,0	4,9	249	84	2,5	
					029	15																			
		03			031	1.363											2.858	25,0	98,0	82,5	8,1	228	78	2,5	
					032	725												15,0	98,0	81,7	5,7	260	76	2,5	
					033	33												15,0	92,5	80,5	4,9	184	78	2,5	
					039	737												15,0	98,0	81,9	11,3	208	89	2,5	
		05			051	180											180	15,0	86,0	71,0	4,8	200	100	2,5	

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.





Anexos 3. Parámetros de Simulación Hidrológica Unidades Hidrográficas

Cuadro A3.1. Parámetros de simulación hidrológica cuenca del Amazonas

UH	Nombre Nivel 4	Sup. km ²	Cuenca similar	Días lluvia	Coef. ETP	C (par, exced.)	H _{máx}	I _{máx}	α	Q ₀	H ₀
4638	Río Abuná	22.986	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	8	1	0,5	213	350	0,035	2	71
4639	Río Madera	978	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	16	1	0,5	126	50	0,035	1	42
4641	Desembocadura Río Beni	3.622	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	16	1	0,5	193	299	0,035	1	64
4642	Río Orthon	18.512	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	16	1	0,5	222	393	0,035	2	74
4643	Parte Baja Río Beni	264	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	16	1	0,5	211	345	0,035	0,1	70
4644	Río Alto Beni	119.56	4644	12	0,26	0,3	149	268	0,05	50	50
4645	Río Madre de Dios	30.445	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	215	372	0,035	1	72
4648	-	0,39	No se simula por su pequeño tamaño								
4651	-	30	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	16	1	0,5	141	53	0,035	0	47
4653	Parte Baja Río Yata		4661- 4662- 4663- 4664- 4665	16	1	0,5	141	53	0,035	0	47
4654	Río Yata	20.661	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	194	391	0,035	1	65
4655	-	530	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	16	1	0,5	116	67	0,035	0,2	39
4657	Arroyo Santa Cruz	1.621	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	15	1	0,5	214	371	0,035	0,5	71
4658	-	1,34	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	212	400	0,035	0,5	71
4659	Río Mercedes		4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	212	400	0,035	0,5	71
4661	Desembocadura Río Mamoré	19.232	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	12	1	0,5	205	400	0,035	1	68
4662	Río Yacuma	21	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	11	1	0,5	191	369	0,035	1	64
4663	Parte Baja Río Mamoré	43.842	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	14	1	0,5	210	396	0,035	2	70
4664	Río Isiboro	21.038	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	166	303	0,035	2	55
4665	Parte Media Río Mamoré	3.235	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	209	400	0,035	1	70
4666	Río Ichilo	20.177	4666	11	0,5	0,2	167	319	0,05	5	56
4667	Parte Alta Río Grande	1.835	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	222	400	0,035	0,5	74
4668	Río Yapacaní	25.207	4666	11	0,5	0,2	147	320	0,05	1	49
4669	Cabecera Río Grande	78.885	4669	8	0,5	0,3	102	239	0,025	10	34
4671	Desembocadura Arroyo Azul	178	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	226	400	0,035	0,2	75
4672	Arroyo Azul	1.506	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	212	400	0,035	0,5	71
4673	Parte Media Bahía Pimenfeira	85	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	236	400	0,035	0,1	79
4674	Bahía Pimenfeira	323	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	220	400	0,035	0,2	73
4675	Río San Jorge		4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	220	400	0,035	0,2	73
4677	-	205	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	231	400	0,035	0,2	77
4679	Arroyo El Encanto	367	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	228	400	0,035	0,2	76



UH	Nombre Nivel 4	Sup. km ²	Cuenca similar	Días lluvia	Coef, ETP	C (par, exced,)	H _{máx}	I _{máx}	α	Q ₀	H ₀
4681	Desembocadura Río Machupo	19.045	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	12	1	0,5	202	400	0,035	5	67
4682	Río Machupo										
4683	Río Itonomas	37.543	4644	9	0,26	0,3	149	298	0,05	2	50
4684	Río Tunas	8.612	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	4	1	0,5	178	387	0,035	0,5	59
4685	Parte Media Río San Julián	2.274	4666	13	0,5	0,2	143	319	0,05	1	48
4686	Río Santa Bárbara	15	4669	8	0,5	0,3	123	197	0,025	5	41
4687	Río Quinome	1.058	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	180	390	0,035	0,5	60
4688	Río Bañados Izozog	17.661	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	185	382	0,035	5	62
4689	Río Parapetí	23.871	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	7	1	0,5	160	319	0,035	1	53
4691	Arroyo Las Londras	55	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	13	1	0,5	221	400	0,035	0,1	74
4692	Río Blanco	76.617	4644	10	0,26	0,3	160	170	0,05	10	53
4693	Parte Baja Río Buena Vista	864	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	10	1	0,5	211	352	0,035	0,5	70
4695	Parte Media Arroyo Curichal	2.094	4644	10	0,26	0,3	147	157	0,05	0,8	49
4697	Parte Alta Río San Jose	5.529	4644	10	0,26	0,3	150	181	0,05	0,3	50
4698	Río Paraguá	27.988	4669	9	0,5	0,3	112	96	0,025	1	37
4699	Río Verde	14.529	4669	9	0,5	0,3	121	140	0,025	2	40
4928	Río Acre	1.977	4661- 4662- 4663- 4664- 4665	19	1	0,5	203	383	0,035	0,5	68

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



CuadroA3.2. Parámetros de simulación hidrológica cuenca del Plata

UH	Nombre Nivel 3	Sup. km ²	Cuenca similar	Días lluvia	Coef, ETP	C (par, exced,)	H _{máx}	I _{máx}	α	Q ₀	H ₀
801	Laguna Grande	7	858	7	1	0,25	97	314	0,01	1	32
802	Río Munayoj	26									
803	Río Tucamarca	22									
804	Río Mojon Aguada	186									
805	-	5									
806	Río Vicunayoj	41									
807	Río Cienegas	14									
808	Río Cobre	24									
809	Lgna. Pujzara	141									
858	Río Caraparí	11.912	858	8	1	0,25	109	210	0,01	10	36
860	Las Lagunas	338	858	4	1	0,25	92	278	0,01	0,2	31
861	Cñda. Bolivar	3.739	868	5	1	0,3	185	377	0,01	0,5	62
862	Cñda. Caraguatu- renda	235	868	5	1	0,3	186	400	0,01	0,3	62
864	Río Pilcomayo	3.359	869	6	1	0,5	148	282	0,016	1	49
865	Parte Media Río Pilaya	15.657	PT	6	1	0,25	132	235	0,016	5	44
866	Río Tumusla	23.501	PT	6	1	0,25	77	176	0,016	5	26
867	Río Monte San- doval	5.741	PT	6	1	0,25	87	195	0,016	2	29
868	Río Sococha	21.357	868	5	1	0,3	75	184	0,01	5	25
869	Río Khenwal	16.022	869	6	1	0,5	81	190	0,016	3	27
872	Cñda. Ustarez	25.275	868	5	1	0,3	177	376	0,01	4	59
874	Río Negro	44.416	868	9	1	0,3	172	369	0,01	10	57
875	-	193	868	9	1	0,3	161	400	0,01	0,1	54
879	Laguna Cáceres	8.491	868	9	1	0,3	164	368	0,01	2	55
891	Qda. Anay	1.238	869	9	1	0,5	135	346	0,016	0,1	45
892	Río Pando	35	869	9	1	0,5	255	388	0,016	0	85
893	Laguna Uberaba	989	869	10	1	0,5	156	284	0,016	0,5	52
894	Río San Mi- guel-Verdolaga	7.361	858	9	1	0,25	122	239	0,01	4	41
895	Laguna Piranas	1.505	868	10	1	0,3	180	400	0,01	1	60
896	Río San Fernando	5.867	869	10	1	0,5	142	225	0,016	2	47
897	Qda. Manechi	7.216	869	10	1	0,5	146	262	0,016	2	49
898	Río Curiche Grande	4.693	869	10	1	0,5	159	286	0,016	1	53
899	Qda. Candelaria	13.412	869	10	1	0,5	115	128	0,016	3	38

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



Cuadro A3.3. Parámetros de simulación hidrológica cuenca del Altiplano

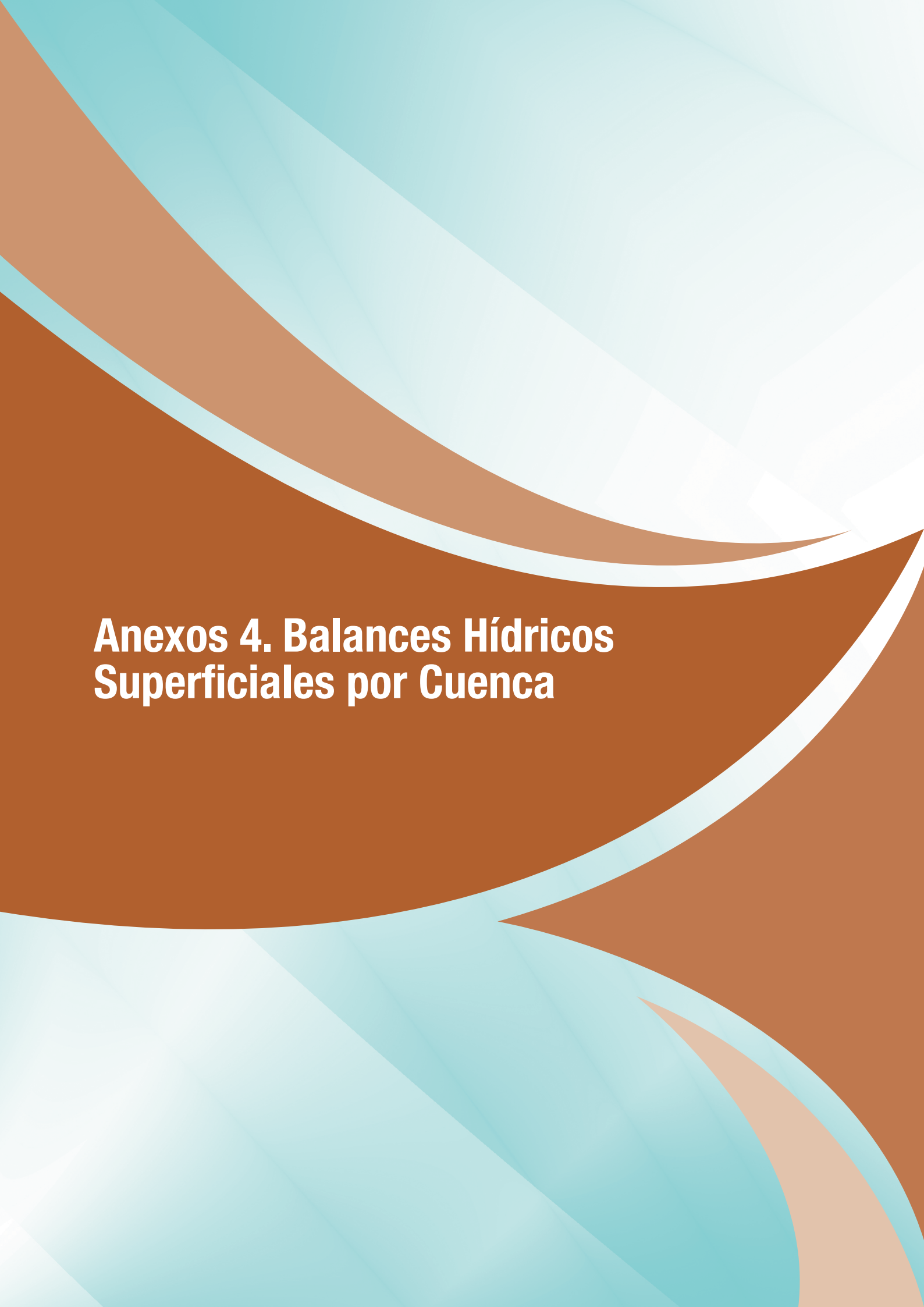
UH	Nombre Nivel 3	Sup. km ²	Cuenca similar	Días lluvia	Coef. ETP	C (par, exced.)	H _{máx}	I _{máx}	α	Q ₀	H ₀
011	Qda. Cancosa	3.742	013-014-015	6	0,5	0,3	100	214	0,005	3	25
E011		97	013-014-015	6	0,5	0,3	71	275	0,005	0,1	25
012	Río Lauca	17.865	013-014-015	6	0,5	0,3	122	288	0,005	18	25
013	Desaguadero-Poopó	41.287	013	7	1	0,3	111	891	0,005	40	25
014	Río Mauri	6.053	014	7	1	0,3	150	240	0,004	6	25
015	Titicaca-Desaguadero	17.244	015	11	0,57	0,3	284	300	0,008	15	25
017	Río Suchez	2.641	017	11	0,24	0,3	139	288	0,01	9	25
021	Río Calomo	2.148	013-014-015	4	0,5	0,3	78	283	0,005	7	25
022	Salar de Uyuni	47.237	013-014-015	3	0,5	0,3	100	224	0,005	30	25
023	Río Yana Ciénaga	1.795	013-014-015*	3	0,5	0,3	81	245	0,01	1	25
024	Río Busch	890	013-014-015*	3	0,5	0,3	79	267	0,01	0,8	25
025	Laguna Colorada	2.105	013-014-015*	2	0,5	0,3	82	219	0,01	1,5	25
E025		175	013-014-015*	2	0,5	0,3	103	134	0,01	0,1	25
026	Laguna Pastos Grandes	1.823	013-014-015*	3	0,5	0,3	75	222	0,01	1	25
E026		263	013-014-015*	3	0,5	0,3	77	187	0,01	0,2	25
027	Río Agua de Canapa	1.481	013-014-015*	3	0,5	0,3	76	268	0,01	2	25
028	Río Empexa	1.306	013-014-015*	3	0,5	0,3	84	249	0,01	2	25
031	Río Challviri	1.363	013-014-015*	3	0,5	0,3	78	228	0,01	2	25
032	Río Zapaleri	725	013-014-015*	3	0,5	0,3	76	260	0,01	1	25
033	-	33	013-014-015*	3	0,5	0,3	78	184	0,01	0,1	25
039	Río Aguas Calientes	737	013-014-015*	3	0,5	0,3	89	208	0,01	0,7	25
051	-	180	869	3	1	0,5	100	200	0,016	0,1	25

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

* En cuencas de pequeño tamaño y en cabecera se ha utilizado el coeficiente α , correspondiente a la UH 017, siendo los parámetros C de excedencia, y Coeficiente de ETP los obtenidos en la calibración de la intercuenca 013-014-015.

*El símbolo '-' corresponde a Unidades Hidrográficas de áreas pequeñas en regiones transfronterizas.





Anexos 4. Balances Hídricos Superficiales por Cuenca

4.1. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Altiplano

CuadroA4.1 Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Altiplano. Nivel 3.

UH	SUPERFICIE CUENCA (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
011	Qda. Cancosa	Precipitación (mm)	11,0	5,1	9,2	31,8	85,1	83,9	39,1	2,8	5,3	1,2	2,7	3,2	280,6
		ETP (mm)	123,2	155,3	164,0	168,4	146,7	128,5	129,7	116,2	99,0	88,9	92,9	104,8	1.517,6
		ETR (mm)	11,7	6,0	9,2	21,6	41,8	39,1	50,1	14,4	5,3	1,2	2,7	3,2	206,4
		Escorrentía (mm)	1,7	1,5	1,3	6,4	16,4	27,9	5,3	3,7	3,3	2,7	2,4	2,1	74,7
		Aportación (m ³ /s)	2,5	2,1	1,8	8,9	22,9	43,2	7,4	5,3	4,6	3,9	3,4	2,9	8,9
		Q específico (l/s-km ²)	0,7	0,6	0,5	2,4	6,1	11,5	2,0	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	2,4
E011		Aportación total (hm ³)	6,4	5,7	4,7	23,9	61,4	104,4	19,8	13,8	12,3	10,2	9,1	7,8	279,5
		Precipitación (mm)	11,0	5,1	9,2	31,8	85,1	83,9	39,1	2,8	5,3	1,2	2,7	3,2	280,6
		ETP (mm)	151,4	180,0	183,6	181,3	162,1	142,7	149,5	140,3	130,4	122,5	124,0	140,0	1.807,8
		ETR (mm)	11,7	5,6	9,1	20,8	40,4	34,0	43,4	7,4	5,3	1,2	2,7	3,2	184,7
		Escorrentía (mm)	2,6	2,2	1,8	7,9	21,7	32,0	7,8	5,3	4,7	3,9	3,5	3,0	96,4
		Aportación (m ³ /s)	0,1	0,1	0,1	0,3	0,8	1,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3
012	Río Lauca	Q específico (l/s-km ²)	1,0	0,8	0,7	3,0	8,1	13,2	2,9	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	3,1
		Aportación total (hm ³)	0,3	0,2	0,2	0,8	2,1	3,1	0,8	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	9,3
		Precipitación (mm)	4,9	7,5	10,0	45,9	88,1	86,1	53,9	6,4	4,0	1,2	2,2	2,6	312,9
		ETP (mm)	123,7	148,2	153,0	154,7	137,3	120,6	124,4	112,7	101,1	88,8	95,4	110,1	1.470,0
		ETR (mm)	6,9	7,5	10,0	32,1	44,4	41,2	54,6	39,6	4,2	1,2	2,2	2,6	246,5
		Escorrentía (mm)	2,1	1,9	1,6	5,5	13,5	17,4	7,8	4,7	4,2	3,5	3,1	2,7	67,9
		Aportación (m ³ /s)	14,8	12,7	10,9	36,6	90,0	128,2	52,2	32,3	27,8	23,9	20,6	17,7	38,4
		Q específico (l/s-km ²)	0,8	0,7	0,6	2,1	5,0	7,2	2,9	1,8	1,6	1,3	1,2	1,0	2,2
		Aportación total (hm ³)	38,3	34,0	28,3	98,1	241,0	310,3	139,7	83,7	74,4	62,0	55,1	47,5	1.212,4



UH	SUPERFICIE CUENCA (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
013	Desaguadero – Poopó	41.287	Precipitación (mm)	9,6	20,3	22,0	60,9	98,2	60,6	10,8	4,9	6,2	4,3	5,9	389,4
			ETP (mm)	123,4	148,8	149,9	151,5	135,3	122,6	110,8	99,7	86,3	93,3	108,6	1.450,9
			ETR (mm)	11,5	20,3	21,6	52,3	68,3	62,4	11,9	4,9	6,2	4,3	5,9	323,3
			Escorrentía (mm)	3,1	2,8	2,3	3,6	10,0	8,7	6,9	6,2	5,1	4,6	3,9	67,3
			Aportación (m ³ /s)	49,3	42,5	37,0	56,0	153,8	133,4	110,4	95,0	81,8	70,4	60,6	88,1
			Q específico (l/s-km ²)	1,2	1,0	0,9	1,4	3,7	3,2	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	2,1
			Aportación total (hm ³)	127,9	113,7	95,9	150,0	411,8	357,2	286,2	254,6	212,0	188,6	162,3	2.779,9
014	Río Mauri	6.053	Precipitación (mm)	4,8	10,8	13,8	47,7	93,7	66,0	10,2	4,2	2,2	3,8	3,1	356,7
			ETP (mm)	129,0	151,9	153,1	153,5	136,9	123,5	113,8	105,4	92,2	98,1	112,8	1.489,5
			ETR (mm)	6,8	10,8	13,9	46,1	73,1	78,8	12,2	4,2	2,2	3,9	3,1	317,7
			Escorrentía (mm)	1,8	1,7	1,4	1,6	7,7	4,4	3,3	3,0	2,6	2,4	2,1	41,0
			Aportación (m ³ /s)	4,2	3,7	3,3	3,6	17,3	10,0	7,7	6,8	6,0	5,3	4,7	7,9
			Q específico (l/s-km ²)	0,7	0,6	0,5	0,6	2,9	1,7	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	1,3
			Aportación total (hm ³)	10,9	10,0	8,6	9,6	46,4	26,9	19,9	18,2	15,6	14,3	12,7	248,3
015	Titicaca – Desaguadero	17.244	Precipitación (mm)	15,9	34,3	34,0	75,9	125,8	83,3	23,5	8,7	4,0	8,4	8,7	533,1
			ETP (mm)	116,8	134,0	134,9	133,7	120,7	109,5	99,4	92,8	82,2	89,4	104,6	1.324,8
			ETR (mm)	18,4	33,7	34,7	50,7	63,0	58,3	60,1	66,5	35,2	18,4	17,0	503,9
			Escorrentía (mm)	1,3	1,1	0,8	0,7	4,0	5,8	4,1	3,3	2,5	2,1	1,6	32,0
			Aportación (m ³ /s)	8,9	7,0	5,5	4,5	25,8	37,0	27,1	21,4	16,8	13,2	10,4	17,5
			Q específico (l/s-km ²)	0,5	0,4	0,3	0,3	1,5	2,1	1,6	1,2	1,0	0,8	0,6	1,0
			Aportación total (hm ³)	23,0	18,7	14,3	12,1	69,1	99,2	70,1	57,2	43,6	35,4	27,8	551,1



UH	SUPERFICIE CUENCA (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
017	2.641	Precipitación (mm)	30,2	49,8	39,2	78,4	121,2	105,8	91,9	33,9	13,4	5,7	11,8	16,3	597,6
		ETP (mm)	99,3	111,8	110,3	110,8	106,5	95,8	97,7	88,4	84,0	77,4	84,5	94,7	1.161,2
		ETR (mm)	23,9	27,1	26,7	26,9	25,9	18,3	21,9	22,8	25,5	18,5	20,3	22,8	280,6
		Escorrentía (mm)	8,0	10,0	8,5	19,8	58,9	54,6	59,5	30,7	23,7	17,2	13,3	10,0	314,0
		Aportación (m ³ /s)	8,1	9,8	8,7	19,5	58,1	59,6	58,6	31,3	23,4	17,5	13,1	9,8	26,3
		Q específico (l/s-km ²)	3,1	3,7	3,3	7,4	22,0	22,6	22,2	11,9	8,8	6,6	5,0	3,7	10,0
		Aportación total (hm ³)	21,1	26,3	22,6	52,2	155,7	144,1	157,1	81,1	62,6	45,3	35,1	26,3	829,4
021	2.148	Precipitación (mm)	21,3	22,9	20,4	44,9	64,7	68,5	12,0	7,9	5,0	6,4	12,0	6,7	292,9
		ETP (mm)	143,5	175,4	182,0	182,0	160,9	141,5	145,8	134,5	120,8	111,5	112,3	127,0	1.737,2
		ETR (mm)	17,4	21,3	16,9	27,8	37,2	22,4	19,3	9,0	5,0	5,0	7,4	8,0	196,7
		Escorrentía (mm)	4,6	3,6	3,8	13,0	20,5	33,7	5,2	3,6	3,2	2,8	3,9	2,5	100,1
		Aportación (m ³ /s)	3,8	2,9	3,1	10,4	16,4	29,9	4,2	3,0	2,5	2,3	3,1	2,0	6,8
		Q específico (l/s-km ²)	1,8	1,3	1,5	4,8	7,6	13,9	2,0	1,4	1,2	1,1	1,4	0,9	3,2
		Aportación total (hm ³)	9,8	7,6	8,1	27,8	44,0	72,3	11,3	7,7	6,8	6,0	8,3	5,3	214,9
022	47.237	Precipitación (mm)	5,3	6,6	6,8	30,9	89,2	75,5	35,0	5,0	3,9	3,2	3,6	3,1	268,2
		ETP (mm)	121,3	149,9	158,6	164,4	148,0	130,2	129,4	112,4	94,2	81,0	86,8	103,2	1.479,4
		ETR (mm)	7,2	6,6	6,8	24,7	39,9	35,3	48,4	19,3	3,9	2,4	4,5	3,1	202,0
		Escorrentía (mm)	1,3	1,2	1,0	2,8	26,4	19,7	5,2	2,7	2,4	2,0	1,8	1,6	68,1
		Aportación (m ³ /s)	23,7	20,4	17,6	49,8	465,6	384,6	90,9	50,0	43,0	37,0	31,9	27,4	102,0
		Q específico (l/s-km ²)	0,5	0,4	0,4	1,1	9,9	8,1	1,9	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	2,2
		Aportación total (hm ³)	61,4	54,6	45,6	133,4	1.247,0	930,3	243,4	129,5	115,2	96,0	85,4	73,5	3.215,4



UH	SUPERFICIE CUENCA (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
023	1.795	Precipitación (mm)	2,4	10,8	10,3	47,0	96,1	91,4	48,3	18,8	4,2	2,6	2,5	1,7	336,0
		ETP (mm)	109,3	131,7	134,9	147,7	135,3	119,7	118,0	99,4	84,5	76,0	83,2	96,5	1.336,2
		ETR (mm)	4,3	10,0	9,6	30,0	41,3	32,9	47,9	32,8	8,6	2,2	2,4	2,2	224,1
		Escorrentía (mm)	1,3	1,1	1,0	9,0	33,1	31,3	16,3	7,3	4,8	3,5	2,7	2,0	113,5
		Aportación (m ³ /s)	0,9	0,8	0,7	6,0	22,2	23,2	10,9	5,0	3,3	2,4	1,8	1,3	6,5
		Q específico (l/s-km ²)	0,5	0,4	0,4	3,4	12,3	12,9	6,1	2,8	1,8	1,3	1,0	0,7	3,6
		Aportación total (hm ³)	2,4	2,1	1,8	16,2	59,4	56,2	29,3	13,1	8,7	6,3	4,8	3,5	203,7
024	890	Precipitación (mm)	6,6	16,1	6,1	29,3	98,6	93,1	55,4	24,0	8,2	6,6	8,9	4,0	356,8
		ETP (mm)	117,7	138,1	139,3	146,3	139,8	122,1	124,3	106,6	91,8	83,8	91,0	105,6	1.406,4
		ETR (mm)	8,2	12,4	7,6	22,6	39,0	29,2	48,0	28,8	13,0	5,1	5,8	6,0	225,7
		Escorrentía (mm)	1,7	2,4	1,4	3,7	38,3	36,1	19,8	12,8	5,4	3,9	4,3	2,5	132,4
		Aportación (m ³ /s)	0,6	0,8	0,5	1,2	12,7	13,3	6,6	4,4	1,8	1,4	1,4	0,8	3,7
		Q específico (l/s-km ²)	0,7	0,9	0,5	1,4	14,3	14,9	7,4	4,9	2,0	1,5	1,6	0,9	4,2
		Aportación total (hm ³)	1,5	2,1	1,2	3,3	34,1	32,1	17,7	11,4	4,8	3,5	3,8	2,2	117,9
025	2.105	Precipitación (mm)	2,9	9,4	9,8	43,4	90,0	97,7	56,5	14,8	2,3	2,0	2,8	2,1	333,6
		ETP (mm)	111,7	136,8	144,2	151,1	146,3	123,4	124,0	104,8	82,9	76,0	81,0	96,6	1.378,8
		ETR (mm)	4,8	8,0	9,0	22,8	38,3	26,1	41,5	23,5	7,4	1,9	2,6	2,4	188,2
		Escorrentía (mm)	0,8	1,0	1,0	12,7	40,7	46,4	29,6	6,2	3,1	2,2	1,7	1,3	146,8
		Aportación (m ³ /s)	0,7	0,8	0,8	10,0	32,0	40,4	23,2	5,0	2,4	1,8	1,3	1,0	9,8
		Q específico (l/s-km ²)	0,3	0,4	0,4	4,8	15,2	19,2	11,0	2,4	1,2	0,9	0,6	0,5	4,7
		Aportación total (hm ³)	1,8	2,2	2,2	26,8	85,8	97,6	62,2	13,0	6,5	4,7	3,6	2,6	308,9



UH	SUPERFICIE CUENCA (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
E025	175	Precipitación (mm)	2,9	9,4	9,8	43,4	90,0	97,7	56,5	14,8	2,3	2,0	2,8	2,1	333,6
		ETP (mm)	119,4	138,4	140,5	145,5	142,1	123,8	128,8	111,6	95,7	88,0	94,6	109,0	1.437,4
		ETR (mm)	4,8	8,0	9,3	23,1	41,6	26,7	42,3	28,6	11,7	2,3	2,6	2,4	203,4
		Escorrentía (mm)	0,6	0,6	0,6	10,5	36,2	43,9	28,6	5,2	2,0	1,4	1,1	0,8	131,5
		Aportación (m ³ /s)	0,0	0,0	0,0	0,7	2,4	3,2	1,9	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7
		Q específico (l/s-km ²)	0,2	0,2	0,2	3,9	13,5	18,1	10,7	2,0	0,7	0,6	0,4	0,3	4,2
		Aportación total (hm ³)	0,1	0,1	0,1	1,8	6,3	7,7	5,0	0,9	0,3	0,3	0,2	0,1	23,0
026	Laguna Pastos Grandes	Precipitación (mm)	6,2	10,4	7,8	25,0	91,4	87,9	33,3	21,2	4,2	6,3	3,9	2,9	300,3
		ETP (mm)	114,2	141,3	149,7	155,4	144,1	125,7	122,3	107,7	82,5	79,9	81,9	98,5	1.403,2
		ETR (mm)	8,0	8,2	6,7	17,2	33,8	27,7	45,2	26,3	6,2	3,1	5,6	3,1	190,9
		Escorrentía (mm)	1,2	1,7	1,5	5,5	40,0	35,4	7,9	6,4	3,8	3,4	2,2	1,7	110,6
		Aportación (m ³ /s)	0,8	1,1	1,1	3,7	27,2	26,7	5,4	4,5	2,6	2,4	1,5	1,1	6,4
		Q específico (l/s-km ²)	0,5	0,6	0,6	2,0	14,9	14,6	3,0	2,5	1,4	1,3	0,8	0,6	3,5
		Aportación total (hm ³)	2,1	3,0	2,7	10,0	72,9	64,5	14,5	11,6	6,9	6,1	4,1	3,0	201,5
E026	263	Precipitación (mm)	6,2	10,4	7,8	25,0	91,4	87,9	33,3	21,2	4,2	6,3	3,9	2,9	300,3
		ETP (mm)	129,6	157,0	163,5	166,4	158,4	135,7	139,0	122,4	100,1	97,7	103,1	120,4	1.593,3
		ETR (mm)	8,0	8,2	6,8	17,2	34,0	27,9	45,5	27,0	6,5	3,1	5,6	3,1	192,7
		Escorrentía (mm)	1,1	1,6	1,5	5,5	40,3	35,6	7,5	5,9	3,4	3,1	2,0	1,5	108,9
		Aportación (m ³ /s)	0,1	0,2	0,1	0,5	4,0	3,9	0,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0,9
		Q específico (l/s-km ²)	0,4	0,6	0,6	2,0	15,0	14,7	2,8	2,3	1,3	1,2	0,7	0,6	3,5
		Aportación total (hm ³)	0,3	0,4	0,4	1,4	10,6	9,4	2,0	1,6	0,9	0,8	0,5	0,4	28,6



UH	SUPERFICIE CUENCA (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
027	1.481	Precipitación (mm)	14,8	28,3	14,2	25,2	92,0	72,1	19,3	15,5	4,1	8,7	3,5	4,4	302,1
		ETP (mm)	135,8	165,2	172,5	172,9	160,7	140,9	145,0	129,2	106,3	102,8	103,3	121,2	1.655,8
		ETR (mm)	12,1	19,4	14,7	18,4	38,3	28,1	33,9	15,2	4,4	3,3	5,7	4,3	197,9
		Escorrentía (mm)	3,3	6,7	2,2	5,0	40,0	27,4	6,4	4,4	3,3	4,5	2,1	1,6	106,8
		Aportación (m ³ /s)	1,9	3,7	1,3	2,7	22,1	16,8	3,5	2,5	1,8	2,6	1,2	0,9	5,0
		Q específico (l/s-km ²)	1,3	2,5	0,8	1,9	15,0	11,3	2,4	1,7	1,2	1,7	0,8	0,6	3,4
		Aportación total (hm ³)	4,9	9,9	3,2	7,4	59,3	40,6	9,4	6,5	4,9	6,7	3,1	2,3	158,2
028	1.306	Precipitación (mm)	16,9	27,8	21,2	48,1	69,6	59,2	17,7	9,9	2,9	3,2	12,2	8,3	297,0
		ETP (mm)	148,0	180,8	188,2	186,7	166,6	146,9	151,5	139,4	124,9	114,2	116,0	132,4	1.795,6
		ETR (mm)	14,8	22,8	15,6	26,2	39,6	25,6	22,4	10,8	3,2	3,0	7,6	8,4	200,0
		Escorrentía (mm)	3,1	5,1	5,2	17,5	25,4	24,0	7,6	3,3	2,5	1,8	2,5	1,9	99,9
		Aportación (m ³ /s)	1,6	2,5	2,6	8,5	12,4	13,0	3,7	1,7	1,2	0,9	1,2	0,9	4,1
		Q específico (l/s-km ²)	1,2	1,9	2,0	6,5	9,5	9,9	2,8	1,3	0,9	0,7	0,9	0,7	3,2
		Aportación total (hm ³)	4,1	6,6	6,8	22,8	33,2	31,4	10,0	4,3	3,3	2,3	3,2	2,5	130,5
031	1.363	Precipitación (mm)	5,8	16,3	6,4	32,2	91,9	100,1	55,8	22,7	7,7	3,7	7,7	3,6	354,1
		ETP (mm)	117,7	137,6	139,6	145,8	141,1	122,8	126,3	108,5	92,8	85,0	92,2	106,7	1.416,1
		ETR (mm)	7,4	10,9	8,3	23,8	39,8	29,3	45,0	25,7	12,6	2,7	5,0	5,6	216,1
		Escorrentía (mm)	1,6	3,3	1,3	4,6	35,1	43,0	22,9	13,6	3,0	2,1	2,4	2,1	135,1
		Aportación (m ³ /s)	0,8	1,7	0,7	2,4	17,9	24,2	11,7	7,2	1,5	1,1	1,2	1,1	5,8
		Q específico (l/s-km ²)	0,6	1,2	0,5	1,7	13,1	17,8	8,6	5,3	1,1	0,8	0,9	0,8	4,3
		Aportación total (hm ³)	2,1	4,5	1,8	6,3	47,9	58,5	31,2	18,6	4,1	2,9	3,2	2,9	184,1



UH	SUPERFICIE CUENCA (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
032	Río Zapaleri	725	Precipitación (mm)	8,2	17,0	6,2	26,5	97,0	97,7	53,0	24,1	11,8	7,4	9,0	362,1
			ETP (mm)	123,0	140,9	140,0	144,9	139,6	123,5	127,8	111,5	98,6	91,0	98,8	1.453,0
			ETR (mm)	8,9	12,0	7,9	21,8	38,7	30,1	48,3	25,0	15,6	6,0	5,8	226,0
			Escorrentía (mm)	2,1	3,6	1,6	3,1	38,9	41,2	17,4	12,9	5,6	4,0	4,5	137,4
			Aportación (m ³ /s)	0,6	1,0	0,5	0,8	10,5	12,3	4,7	3,6	1,5	1,1	1,2	3,2
			Q específico (l/s-km ²)	0,8	1,3	0,6	1,2	14,5	17,0	6,5	5,0	2,1	1,5	1,7	4,4
			Aportación total (hm ³)	1,5	2,6	1,2	2,3	28,2	29,9	12,6	9,4	4,1	2,9	3,2	99,6
033		33	Precipitación (mm)	6,6	14,5	8,1	30,8	100,0	94,3	51,2	24,8	6,6	5,8	7,3	353,1
			ETP (mm)	123,0	140,9	140,0	144,9	139,6	123,5	127,8	111,5	98,6	91,0	98,8	1.453,0
			ETR (mm)	8,4	12,7	8,4	24,0	40,3	30,9	48,3	26,6	11,6	5,9	4,8	227,2
			Escorrentía (mm)	1,8	1,9	1,3	4,1	41,1	36,0	20,2	11,4	4,3	3,1	3,4	130,7
			Aportación (m ³ /s)	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
			Q específico (l/s-km ²)	0,7	0,7	0,5	1,5	15,3	14,9	7,6	4,4	1,6	1,2	1,3	4,1
			Aportación total (hm ³)	0,1	0,1	0,0	0,1	1,4	1,2	0,7	0,4	0,1	0,1	0,1	4,3
039	Río Aguas Calientes	737	Precipitación (mm)	8,85	19,13	3,92	21,05	80,65	108,42	52,62	18,24	15,01	10,70	8,45	351,78
			ETP (mm)	127,50	142,60	140,20	143,10	139,50	125,20	132,40	117,80	106,50	99,20	105,80	1.499,60
			ETR (mm)	11,02	11,11	6,54	18,91	38,15	30,36	49,60	28,15	14,91	10,68	7,08	232,75
			Escorrentía (mm)	1,33	5,32	1,16	1,57	26,20	45,25	17,16	8,09	5,81	3,03	2,63	119,43
			Aportación (m ³ /s)	0,38	1,46	0,33	0,43	7,21	13,79	4,72	2,30	1,60	0,86	0,72	2,86
			Q específico (l/s-km ²)	0,51	1,99	0,45	0,59	9,78	18,70	6,41	3,12	2,17	1,17	0,98	3,88
			Aportación total (hm ³)	0,98	3,92	0,85	1,16	19,31	33,35	12,64	5,96	4,28	2,23	1,94	88,02



UH	SUPERFICIE CUENCA (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
051	180	Precipitación (mm)	3,32	10,79	12,28	63,18	94,60	85,40	56,95	6,66	3,15	2,10	3,08	2,01	343,53
		ETP (mm)	126,60	145,90	145,90	151,50	133,90	125,20	129,40	110,10	99,50	89,50	98,70	113,70	1.469,70
		ETR (mm)	5,24	10,79	12,28	54,45	69,97	47,49	66,49	11,12	3,15	2,10	3,08	2,01	288,16
		Escorrentía (mm)	0,40	0,25	0,13	5,96	16,86	17,07	8,68	3,37	2,14	1,28	0,82	0,52	57,48
		Aportación (m ³ /s)	0,03	0,02	0,01	0,40	1,13	1,27	0,58	0,23	0,14	0,09	0,06	0,03	0,33
		Q específico (l/s-km ²)	0,15	0,09	0,05	2,23	6,29	7,06	3,24	1,30	0,80	0,50	0,31	0,19	1,85
		Aportación total (hm ³)	0,07	0,05	0,02	1,07	3,03	3,07	1,56	0,61	0,39	0,23	0,15	0,09	10,35

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



CuadroA4.2. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Altiplano. Nivel 2.

UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
01	88.929	Titlacaca – Poopó													
		Precipitación (mm)	10,2	20,0	21,3	59,2	101,3	91,9	64,0	12,7	5,7	4,3	4,8	5,8	401,2
		ETP (mm)	121,9	145,2	147,3	148,4	132,6	117,5	120,1	108,8	98,6	86,3	93,0	107,9	1.427,5
		ETR (mm)	12,0	19,2	20,9	45,4	60,4	49,1	59,4	27,3	17,3	10,7	7,0	7,6	336,2
		Escorrentía (mm)	2,6	2,3	2,0	3,9	11,1	12,6	9,0	6,2	5,4	4,4	3,8	3,2	66,5
		Aportación (m ³ /s)	87,9	77,9	67,3	129,4	368,7	461,8	298,9	214,2	179,1	150,1	126,2	106,3	187,4
		Q específico (l/s-km ²)	1,0	0,9	0,8	1,5	4,1	5,2	3,4	2,4	2,0	1,7	1,4	1,2	2,1
02	59.223	Aportación total (hm ³)	227,8	208,7	174,6	346,7	987,4	1.117,3	800,6	555,3	479,7	389,1	337,9	284,7	5.909,9
		Precipitación (mm)	6,3	8,7	8,0	32,4	88,4	76,9	34,9	7,1	3,9	3,5	4,2	3,3	277,6
		ETP (mm)	122,1	150,4	158,6	164,2	148,5	130,4	130,1	113,4	95,1	83,2	88,5	104,7	1.489,2
		ETR (mm)	7,7	8,1	7,7	24,5	39,5	33,6	46,0	19,6	4,4	2,5	4,6	3,4	201,8
		Escorrentía (mm)	1,5	1,5	1,2	4,2	27,9	22,7	6,8	3,4	2,7	2,2	2,0	1,6	77,7
		Aportación (m ³ /s)	34,1	33,1	27,8	93,7	617,0	554,8	151,1	77,0	59,1	51,2	43,7	35,7	146,0
		Q específico (l/s-km ²)	0,6	0,6	0,5	1,6	10,4	9,4	2,6	1,3	1,0	0,9	0,7	0,6	2,5
03	2.858	Aportación total (hm ³)	88,5	88,7	72,1	251,0	1.652,6	1.342,1	404,7	199,5	158,3	132,6	117,0	95,6	4.602,8
		Precipitación (mm)	7,2	17,2	5,7	27,9	90,4	101,6	54,2	22,0	10,6	6,5	8,2	4,0	355,5
		ETP (mm)	121,6	139,8	139,9	144,9	140,3	123,6	128,3	111,7	97,9	90,3	97,5	111,9	1.447,4
		ETR (mm)	8,7	11,3	7,7	22,1	39,1	29,8	47,1	26,2	13,9	5,6	5,8	5,8	223,0
		Escorrentía (mm)	1,6	3,9	1,4	3,4	33,9	43,0	20,0	12,0	4,4	2,8	3,0	2,2	131,6
		Aportación (m ³ /s)	1,8	4,2	1,5	3,7	36,1	50,8	21,3	13,2	4,7	3,1	3,2	2,3	11,9
		Q específico (l/s-km ²)	0,6	1,5	0,5	1,3	12,6	17,8	7,5	4,6	1,6	1,1	1,1	0,8	4,2
		Aportación total (hm ³)	4,7	11,1	3,9	9,9	96,7	122,9	57,2	34,3	12,6	8,1	8,6	6,2	376,1



UH	Superficie cuenca (km²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
05	18	Precipitación (mm)	3,3	10,8	12,3	63,2	94,6	85,4	57,0	6,7	3,2	2,1	3,1	2,0	343,5
		ETP (mm)	126,6	145,9	145,9	151,5	133,9	125,2	129,4	110,1	99,5	89,5	98,7	113,7	1.469,9
		ETR (mm)	5,2	10,8	12,3	54,5	70,0	47,5	66,5	11,1	3,2	2,1	3,1	2,0	288,2
		Escorrentía (mm)	0,4	0,3	0,1	6,0	16,9	17,1	8,7	3,4	2,1	1,3	0,8	0,5	57,5
		Aportación (m³/s)	0,0	0,0	0,0	0,4	1,1	1,3	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3
		Q específico (l/s-km²)	0,2	0,1	0,1	2,2	6,3	7,1	3,2	1,3	0,8	0,5	0,3	0,2	1,8
		Aportación total (hm³)	0,1	0,0	0,0	1,1	3,0	3,1	1,6	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	10,3

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

CuadroA4.2. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Altiplano. Nivel 2.

UH	Superficie cuenca (km²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
0	151.190	Precipitación (mm)	8,6	15,5	15,8	48,1	96,1	86,2	52,4	10,7	5,1	4,0	4,6	4,8	351,9
		ETP (mm)	122,0	147,2	151,6	154,5	139,0	122,7	124,2	110,6	97,2	85,1	91,3	106,7	1.452,1
		ETR (mm)	10,2	14,7	15,5	36,8	51,8	42,6	53,9	24,2	12,2	7,4	6,0	5,9	281,3
		Escorrentía (mm)	2,1	2,0	1,7	4,0	18,1	17,1	8,4	5,2	4,3	3,5	3,1	2,6	72,1
		Aportación (m³/s)	123,9	115,2	96,7	227,2	1.022,9	1.068,7	471,9	304,7	243,1	204,5	173,1	144,4	3.456,6
		Q específico (l/s-km²)	0,8	0,8	0,6	1,5	6,8	7,1	3,1	2,0	1,6	1,4	1,1	1,0	2,3
		Aportación total (hm³)	321,1	308,5	250,6	608,6	2.739,8	2.585,4	1.264,0	789,7	651,0	530,1	463,7	386,7	10.899,1

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

4.2. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Amazonas

CuadroA4.4. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Amazonas. Nivel 4

UH	Superficie cuenca (km²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4638	Río Abuna 22.986	Precipitación (mm)	80,6	134,8	164,5	197,5	203,6	205,2	207,4	143,7	88,3	51,5	48,4	54,8	1.580,4
		ETP (mm)	148,5	144,9	128,2	123,3	123,0	113,9	125,8	120,3	119,0	114,7	133,5	149,2	1.544,3
		ETR (mm)	82,0	99,2	120,2	132,7	132,8	99,3	119,0	122,7	131,0	100,1	65,7	55,0	1.259,8
		Escorrentía (mm)	0,4	3,2	11,7	34,6	50,9	62,2	84,5	48,2	20,8	7,7	2,8	1,0	328,0
		Aportación (m³/s)	3,5	27,4	104,1	297,1	436,6	591,2	724,9	427,4	178,1	68,6	24,0	8,4	239,0
		Q específico (l/s-km²)	0,2	1,2	4,5	12,9	19,0	25,7	31,5	18,6	7,7	3,0	1,0	0,4	10,4
4639	Río Madera 978	Aportación total (hm³)	8,9	73,3	269,9	795,7	1.169,5	1.430,1	1.941,7	1.107,7	477,0	177,8	64,3	22,5	7.538,5
		Precipitación (mm)	49,1	123,0	166,0	243,0	220,5	214,8	230,3	149,7	64,4	12,6	14,1	12,6	1.500,1
		ETP (mm)	145,9	141,1	124,1	120,3	120,5	112,3	122,4	117,4	115,1	111,6	130,6	145,3	1.506,6
		ETR (mm)	50,5	91,2	94,2	110,1	122,2	95,2	116,7	119,5	93,5	13,2	9,4	15,0	930,7
		Escorrentía (mm)	1,5	20,8	52,0	120,4	101,7	94,4	121,3	50,7	8,1	2,9	3,7	0,7	578,2
		Aportación (m³/s)	0,6	7,6	19,6	44,0	37,1	38,2	44,3	19,1	3,0	1,1	1,4	0,2	17,9
4641	Desembocadura Río Beni 3.622	Q específico (l/s-km²)	0,6	7,8	20,1	45,0	38,0	39,0	45,3	19,6	3,0	1,1	1,4	0,3	18,3
		Aportación total (hm³)	1,4	20,4	50,8	117,8	99,5	92,3	118,6	49,6	7,9	2,9	3,6	0,7	565,5
		Precipitación (mm)	81,7	149,3	187,6	245,9	247,5	244,0	235,8	160,8	94,5	49,1	44,6	49,4	1.790,2
		ETP (mm)	145,1	146,1	131,6	127,1	126,4	115,6	126,0	117,5	113,3	107,5	126,3	142,9	1.525,4
		ETR (mm)	84,8	115,6	124,5	132,9	133,2	97,8	118,3	123,0	131,2	91,3	59,5	49,4	1.261,6
		Escorrentía (mm)	0,7	7,5	24,5	70,3	88,2	100,5	118,5	72,3	34,2	13,4	4,9	1,7	536,8
4642	Río Orthon 18.512	Aportación (m³/s)	1,0	10,1	34,2	95,1	119,3	150,5	160,2	101,1	46,3	18,8	6,6	2,3	61,7
		Q específico (l/s-km²)	0,3	2,8	9,4	26,3	32,9	41,5	44,2	27,9	12,8	5,2	1,8	0,6	17,0
		Aportación total (hm³)	2,6	27,0	88,7	254,7	319,6	364,1	429,1	261,9	123,9	48,7	17,7	6,2	1.944,3
		Precipitación (mm)	72,7	171,4	228,1	254,2	281,3	289,1	258,2	168,6	84,2	36,8	28,8	31,5	1.904,9
		ETP (mm)	145,4	144,2	128,3	123,6	126,3	114,6	127,3	122,5	120,2	115,1	131,7	147,5	1.546,7
		ETR (mm)	74,6	115,8	133,7	133,9	135,7	99,0	119,5	122,4	131,1	90,9	45,1	37,3	1.239,1
		Escorrentía (mm)	0,7	8,7	38,0	75,1	114,3	135,5	146,5	87,8	42,7	16,6	6,2	2,2	674,3
		Aportación (m³/s)	5,2	59,8	271,7	519,1	789,8	1.037,2	1.012,9	626,8	295,1	118,7	42,9	15,0	395,9
		Q específico (l/s-km²)	0,3	3,2	14,7	28,0	42,7	56,0	54,7	33,9	15,9	6,4	2,3	0,8	21,4
		Aportación total (hm³)	13,5	160,2	704,2	1.390,2	2.115,5	2.509,2	2.712,9	1.624,6	790,5	307,8	114,8	40,2	12.483,5



UH	Superficie cuencia (km²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4643	Parte Baja Río Beni	Precipitación (mm)	93,4	158,0	203,9	237,9	252,9	256,2	245,7	170,0	107,0	64,7	59,8	64,1	1.913,5
		ETP (mm)	144,8	146,0	131,8	127,0	125,6	115,3	126,5	118,1	114,4	108,1	128,7	144,2	1.530,5
		ETR (mm)	92,8	119,0	130,2	132,7	131,5	98,5	118,3	122,3	129,6	100,4	103,6	70,9	1.349,7
		Escorrentía (mm)	1,1	7,0	25,5	64,4	90,1	108,2	127,4	81,6	41,1	17,2	6,4	2,3	572,3
		Aportación (m³/s)	0,1	0,7	2,6	6,4	8,9	11,8	12,6	8,3	4,1	1,8	0,6	0,2	4,8
		Q específico (l/s-km²)	0,4	2,6	9,8	24,1	33,6	44,7	47,6	31,5	15,4	6,6	2,4	0,8	18,1
		Aportación total (hm³)	0,3	1,8	6,7	17,0	23,8	28,6	33,6	21,5	10,9	4,5	1,7	0,6	151,1
		Precipitación (mm)	57,6	106,4	132,7	177,6	215,7	200,8	171,6	97,2	56,3	34,7	34,9	37,4	1.322,9
		ETP (mm)	134,8	145,8	137,0	135,3	137,2	117,4	125,1	114,9	105,7	97,0	111,3	127,5	1.489,0
		ETR (mm)	34,3	38,1	36,4	36,3	36,4	23,6	29,9	31,1	33,7	23,3	26,9	31,6	381,6
4644	Río Alto Beni	Escorrentía (mm)	17,3	50,6	82,6	133,9	178,7	159,1	150,8	80,0	42,2	20,7	14,5	12,3	942,8
		Aportación (m³/s)	798,0	2.280,9	3.810,8	5.977,8	7.975,2	7.865,2	6.729,6	3.690,5	1.884,7	954,2	646,6	550,2	3.574,3
		Q específico (l/s-km²)	6,7	18,9	31,9	50,0	66,7	65,8	56,3	30,9	15,8	8,0	5,4	4,6	29,9
		Aportación total (hm³)	2.068,3	6.055,6	9.877,7	16.010,9	21.360,9	19.027,6	18.024,5	9.565,7	5.047,9	2.473,4	1.731,9	1.473,7	112.718,0
		Precipitación (mm)	67,2	97,0	117,1	132,1	138,9	145,1	128,7	97,2	70,2	56,0	53,3	52,9	1.155,6
		ETP (mm)	143,8	144,0	128,4	123,9	132,8	113,7	127,1	121,9	117,7	111,7	128,6	143,7	1.537,3
		ETR (mm)	71,7	97,5	96,7	115,1	130,9	92,8	118,9	122,6	111,1	59,5	54,0	53,0	1.123,7
		Escorrentía (mm)	0,0	0,0	1,0	2,9	5,0	7,4	10,0	6,8	3,1	1,0	0,4	0,1	37,7
		Aportación (m³/s)	0,5	0,2	11,4	32,7	56,9	92,9	113,4	79,6	34,9	12,2	4,3	1,5	36,4
		Q específico (l/s-km²)	0,0	0,0	0,4	1,1	1,9	3,1	3,7	2,6	1,1	0,4	0,1	0,0	1,2
4653	Parte Baja Río Yata	Aportación total (hm³)	1,3	0,5	29,5	87,5	152,4	224,7	303,7	206,5	93,5	31,7	11,5	4,0	1.146,8
		Precipitación (mm)	49,6	120,1	162,4	254,3	233,0	215,6	219,6	138,5	67,3	14,9	14,3	12,4	1.501,9
		ETP (mm)	145,0	142,4	125,4	121,3	122,1	113,1	123,6	117,9	114,9	111,0	129,6	145,2	1.511,5
		ETR (mm)	53,0	99,1	105,5	116,4	129,0	115,3	124,6	118,2	96,8	20,3	14,1	12,5	1.004,8
		Escorrentía (mm)	7,2	15,6	35,0	103,2	91,3	80,7	87,3	36,3	13,0	10,8	10,1	8,9	499,4
		Aportación (m³/s)	0,1	0,2	0,4	1,2	1,0	1,0	1,0	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5
		Q específico (l/s-km²)	2,8	5,8	13,5	38,5	34,1	33,4	32,6	14,0	4,9	4,2	3,8	3,3	15,8
		Aportación total (hm³)	0,2	0,5	1,1	3,1	2,7	2,4	2,6	1,1	0,4	0,3	0,3	0,3	15,0
		Precipitación (mm)	75,0	144,6	186,6	240,1	253,9	249,3	226,5	148,2	74,9	35,6	39,7	37,7	1.712,1
		ETP (mm)	148,8	149,8	135,1	129,7	131,6	116,6	127,5	119,2	114,8	109,7	128,9	146,6	1.558,3
4654	Río Yata	ETR (mm)	76,0	112,9	122,7	133,0	138,0	97,6	118,2	122,9	128,9	71,5	44,8	37,7	1.204,1
		Escorrentía (mm)	0,7	6,2	24,7	64,5	92,7	101,7	113,2	67,2	29,1	10,5	3,8	1,3	515,7
		Aportación (m³/s)	5,5	47,8	196,6	497,3	715,3	888,7	873,2	535,7	224,4	84,0	29,4	10,3	337,8
		Q específico (l/s-km²)	0,3	2,3	9,5	24,1	34,6	42,0	42,3	25,9	10,9	4,1	1,4	0,5	16,4
		Aportación total (hm³)	14,3	128,1	509,7	1.332,0	1.915,7	2.101,6	2.338,9	1.388,4	601,1	217,8	78,8	27,6	10.654,1



UH	Superficie cuenca (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4655	Arroyo las Arenas	530	Precipitación (mm)	124,6	162,8	247,4	234,6	226,2	217,1	133,3	63,5	14,2	7,9	17,0	1.507,3
			ETP (mm)	144,5	128,2	124,1	124,9	114,9	125,0	117,8	113,5	108,9	127,1	144,2	1.517,6
			ETR (mm)	60,1	98,3	102,0	125,3	96,2	117,5	120,2	77,6	14,2	7,9	16,8	952,0
			Escorrentía (mm)	1,1	18,8	45,7	113,5	106,6	107,6	44,8	13,5	5,0	1,8	0,8	562,6
			Aportación (m ³ /s)	0,2	3,7	9,3	22,5	21,1	21,3	9,2	2,7	1,0	0,4	0,2	9,5
			Q específico (l/s-km ²)	0,4	7,0	17,6	42,4	39,8	40,2	17,3	5,0	1,9	0,7	0,3	17,8
			Aportación total (hm ³)	0,6	10,0	24,2	60,2	54,8	57,0	23,7	7,1	2,7	1,0	0,4	298,2
			Precipitación (mm)	46,2	127,9	172,0	226,8	234,9	236,1	138,3	58,1	14,1	7,1	13,1	1.490,4
			ETP (mm)	146,2	147,2	131,2	126,4	115,9	125,4	117,0	112,6	107,9	128,2	145,3	1.530,0
4657	Arroyo Santa Cruz	1.621	ETR (mm)	51,7	105,0	117,2	130,2	97,3	118,5	123,6	129,1	51,3	8,1	13,2	1.079,2
			Escorrentía (mm)	0,4	3,0	15,5	48,8	85,9	98,1	59,5	25,6	8,9	3,2	1,1	418,5
			Aportación (m ³ /s)	0,2	1,8	9,7	29,5	41,5	59,3	37,2	15,5	5,6	1,9	0,7	21,5
			Q específico (l/s-km ²)	0,1	1,1	6,0	18,2	25,6	36,6	23,0	9,5	3,4	1,2	0,4	13,3
			Aportación total (hm ³)	0,6	4,9	25,1	79,1	111,2	159,0	96,5	41,5	14,4	5,2	1,8	678,4
			Precipitación (mm)	49,1	126,3	173,4	220,1	238,5	217,2	141,8	52,2	12,9	9,6	13,2	1.490,1
			ETP (mm)	148,7	149,2	132,8	127,5	116,3	125,8	117,3	113,3	109,2	131,0	147,7	1.546,0
			ETR (mm)	54,6	104,8	114,0	130,1	97,0	117,6	122,9	127,1	46,1	11,1	13,2	1.072,1
			Escorrentía (mm)	0,4	2,7	15,7	47,6	85,5	100,3	61,1	25,7	8,9	3,2	1,1	425,5
4659	Río Mercedes	1.340	Aportación (m ³ /s)	0,2	1,3	8,1	23,8	36,6	50,2	31,6	12,9	4,6	1,6	0,6	18,1
			Q específico (l/s-km ²)	0,2	1,0	6,1	17,8	27,3	37,5	23,6	9,6	3,4	1,2	0,4	13,5
			Aportación total (hm ³)	0,5	3,6	21,1	63,8	98,1	134,5	81,9	34,5	11,9	4,3	1,5	570,2
			Precipitación (mm)	71,7	148,8	185,1	244,0	264,3	220,3	135,4	64,5	24,2	35,3	26,7	1.661,9
			ETP (mm)	152,0	152,9	137,5	131,7	117,5	127,9	119,3	114,8	110,9	131,1	149,5	1.577,1
			ETR (mm)	69,5	112,4	124,8	131,3	97,5	118,1	123,1	125,4	60,9	37,7	26,7	1.166,8
			Escorrentía (mm)	1,1	7,7	25,6	65,6	99,3	108,7	60,4	24,9	8,8	3,2	1,1	503,6
			Aportación (m ³ /s)	8,1	55,0	190,2	471,3	712,7	780,7	448,4	179,1	65,2	22,8	8,0	307,1
			Q específico (l/s-km ²)	0,4	2,9	9,9	24,5	37,1	40,6	23,3	9,3	3,4	1,2	0,4	16,0
4661	Desembocadura Río Mamoré	19.232	Aportación total (hm ³)	20,9	147,2	493,0	1.262,4	1.908,9	2.091,1	1.162,3	479,6	169,0	61,1	21,4	9.685,3
			Precipitación (mm)	69,1	138,0	186,4	246,5	302,1	242,3	146,7	88,9	43,3	47,8	30,5	1.806,3
			ETP (mm)	148,5	153,9	140,7	136,1	132,9	129,0	119,2	110,4	104,1	119,7	140,5	1.553,2
			ETR (mm)	62,4	102,8	115,4	131,6	93,3	117,6	122,8	127,4	75,0	53,3	36,4	1.175,2
			Escorrentía (mm)	3,6	12,3	34,0	73,1	134,4	136,3	70,6	32,3	12,3	4,7	1,7	639,9
			Aportación (m ³ /s)	30,2	98,5	281,7	585,1	1.104,5	1.091,2	584,0	258,5	101,8	37,4	14,0	435,2
			Q específico (l/s-km ²)	1,4	4,6	13,1	27,3	50,2	50,9	27,2	12,1	4,7	1,7	0,7	20,3
			Aportación total (hm ³)	78,2	263,9	730,3	1.567,2	2.883,0	2.922,7	1.513,7	692,5	263,8	100,3	37,5	13.724,9
4662	Río Yacuma	21.450	Precipitación (mm)	69,1	138,0	186,4	246,5	302,1	242,3	146,7	88,9	43,3	47,8	30,5	1.806,3
			ETP (mm)	148,5	153,9	140,7	136,1	132,9	129,0	119,2	110,4	104,1	119,7	140,5	1.553,2
			ETR (mm)	62,4	102,8	115,4	131,6	93,3	117,6	122,8	127,4	75,0	53,3	36,4	1.175,2
			Escorrentía (mm)	3,6	12,3	34,0	73,1	134,4	136,3	70,6	32,3	12,3	4,7	1,7	639,9
			Aportación (m ³ /s)	30,2	98,5	281,7	585,1	1.104,5	1.091,2	584,0	258,5	101,8	37,4	14,0	435,2
			Q específico (l/s-km ²)	1,4	4,6	13,1	27,3	50,2	50,9	27,2	12,1	4,7	1,7	0,7	20,3
			Aportación total (hm ³)	78,2	263,9	730,3	1.567,2	2.883,0	2.922,7	1.513,7	692,5	263,8	100,3	37,5	13.724,9



UH	Superficie cuencia (km²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4663	Parte Baja Río Mamoré	Precipitación (mm)	62,7	132,9	163,4	231,4	273,4	215,2	211,2	113,5	72,2	35,6	40,4	24,3	1.576,1
		ETP (mm)	150,4	157,9	144,4	138,5	134,3	119,5	129,1	117,6	107,5	102,7	120,3	140,7	1.562,9
		ETR (mm)	57,4	107,7	119,2	127,7	136,8	93,4	117,7	123,0	126,2	64,8	44,6	26,6	1.145,1
		Escorrentía (mm)	2,7	7,0	18,6	45,8	95,0	82,9	99,7	51,6	23,0	8,6	3,1	1,1	439,2
		Aportación (m³/s)	45,9	114,0	315,3	750,4	1.555,7	1.502,4	1.632,4	873,5	376,3	145,1	50,8	17,8	610,6
		Q específico (l/s-km²)	1,0	2,6	7,2	17,1	35,5	34,3	37,2	19,9	8,6	3,3	1,2	0,4	13,9
		Aportación total (hm³)	118,9	305,3	817,3	2.010,0	4.166,7	3.634,7	4.372,2	2.264,1	1.007,8	376,2	136,1	47,7	19.257,1
4664	Río Isiboro	Precipitación (mm)	131,7	250,8	319,2	429,4	515,6	485,6	441,0	246,2	134,1	98,1	84,7	83,9	3.200,3
		ETP (mm)	139,0	149,2	145,4	144,2	138,8	122,3	127,2	110,5	97,5	88,8	99,6	119,7	1.482,2
		ETR (mm)	116,2	123,9	142,1	142,0	134,9	87,6	112,5	119,6	130,6	86,2	95,3	114,6	1.405,5
		Escorrentía (mm)	12,1	69,8	141,3	259,1	369,0	327,8	347,8	160,1	69,1	31,8	16,2	7,9	1.811,9
		Aportación (m³/s)	98,2	548,4	1.146,5	2.034,9	2.898,5	2.850,7	2.732,0	1.299,1	542,6	257,8	127,3	62,3	1.208,7
		Q específico (l/s-km²)	4,7	26,1	54,5	96,7	137,8	135,5	129,9	61,7	25,8	12,3	6,1	3,0	57,5
		Aportación total (hm³)	254,4	1.468,8	2.971,6	5.450,2	7.763,4	6.896,4	7.317,3	3.367,2	1.453,2	668,3	341,1	166,9	38.118,8
4665	Parte Media Río Mamoré	Precipitación (mm)	87,4	177,3	217,7	324,8	388,2	306,1	305,4	153,9	101,9	63,9	117,9	133,6	1.580,5
		ETP (mm)	147,5	159,8	149,9	146,5	141,0	124,7	135,7	117,9	103,2	102,8	117,9	133,6	1.580,5
		ETR (mm)	69,2	121,7	135,4	142,3	143,7	95,5	124,3	133,6	137,3	90,1	69,8	43,1	1.306,0
		Escorrentía (mm)	7,8	19,6	48,1	116,9	207,3	169,8	194,7	87,2	42,1	17,4	7,2	2,7	920,7
		Aportación (m³/s)	9,7	23,7	60,0	141,1	250,4	227,0	235,1	108,8	50,8	21,7	8,7	3,3	94,4
		Q específico (l/s-km²)	3,0	7,3	18,6	43,6	77,4	70,2	72,7	33,6	15,7	6,7	2,7	1,0	29,2
		Aportación total (hm³)	25,1	63,5	155,6	378,0	670,5	549,2	629,8	282,1	136,1	56,3	23,3	8,9	2.978,4
4666	Río Ichilo	Precipitación (mm)	116,5	229,7	266,0	411,2	420,1	387,7	360,1	206,6	138,5	91,4	70,9	74,4	2.773,2
		ETP (mm)	135,7	154,7	151,3	152,1	147,0	130,8	138,4	120,2	102,9	94,7	105,4	122,5	1.555,7
		ETR (mm)	68,0	77,8	75,2	76,8	74,0	47,8	62,7	67,5	72,3	47,4	52,9	61,6	783,8
		Escorrentía (mm)	43,2	127,9	174,1	325,4	350,6	304,7	312,5	158,0	95,1	52,0	34,2	28,2	2.005,9
		Aportación (m³/s)	336,3	963,5	1.355,4	2.451,0	2.641,0	2.541,5	2.354,1	1.229,9	716,4	404,6	257,6	212,6	1.283,4
		Q específico (l/s-km²)	16,7	47,8	67,2	121,5	130,9	126,0	116,7	61,0	35,5	20,1	12,8	10,5	63,6
		Aportación total (hm³)	871,7	2.580,8	3.513,1	6.564,7	7.073,6	6.148,4	6.305,3	3.188,0	1.918,9	1.048,7	689,9	569,5	40.472,7
4667	Parte Alta Río Grande	Precipitación (mm)	72,2	142,4	172,3	264,5	308,4	253,3	239,1	113,3	88,7	53,7	35,6	25,2	1.768,8
		ETP (mm)	146,7	159,7	150,5	146,8	141,2	126,0	138,5	119,6	103,7	105,5	120,0	133,5	1.591,7
		ETR (mm)	60,9	114,0	128,0	135,5	143,0	93,7	122,9	134,5	135,1	83,0	51,1	26,3	1.228,1
		Escorrentía (mm)	4,9	7,3	19,7	60,3	121,4	113,4	125,9	53,8	26,8	10,7	4,1	1,4	549,5
		Aportación (m³/s)	3,5	5,0	13,9	41,3	83,1	86,0	86,3	38,1	18,3	7,6	2,8	1,0	32,0
		Q específico (l/s-km²)	1,9	2,7	7,6	22,5	45,3	46,9	47,0	20,7	10,0	4,1	1,5	0,5	17,4
		Aportación total (hm³)	9,0	13,4	36,1	110,6	222,7	208,1	231,0	98,6	49,1	19,6	7,5	2,6	1.008,4



UH	Superficie cuencia (km²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4668	Río Yapacani 25.207	Precipitación (mm)	37,0	69,0	77,1	128,6	125,3	108,2	96,8	48,1	39,3	51,1	20,0	17,9	818,4
		ETP (mm)	135,9	151,3	147,2	144,4	141,2	125,1	132,4	114,0	98,4	89,1	101,2	122,7	1.502,9
		ETR (mm)	33,1	50,6	60,1	61,8	71,4	44,0	58,3	64,1	67,0	33,9	28,0	18,7	590,8
		Escorrentía (mm)	1,8	7,8	12,6	34,2	44,9	38,2	37,8	17,9	7,6	2,6	0,8	0,3	206,5
		Aportación (m³/s)	17,6	73,4	122,2	321,6	422,9	397,8	356,2	173,6	71,8	25,7	7,6	2,5	165,1
		Q específico (l/s-km²)	0,7	2,9	4,8	12,8	16,8	15,8	14,1	6,9	2,8	1,0	0,3	0,1	6,5
		Aportación total (hm³)	45,5	196,5	316,9	861,4	1.132,8	962,3	954,0	450,0	192,3	66,7	20,4	6,7	5.205,5
4669	Cabecera Río Grande 78.885	Precipitación (mm)	21,9	47,8	59,1	112,4	118,4	110,1	92,9	34,1	18,1	11,6	10,9	10,6	648,0
		ETP (mm)	136,8	154,8	152,0	151,2	143,9	125,0	128,8	113,1	103,6	94,5	104,3	123,6	1.531,6
		ETR (mm)	23,8	44,0	45,6	54,2	68,6	46,3	58,2	62,8	32,7	11,6	10,9	10,6	469,3
		Escorrentía (mm)	0,5	1,6	5,0	27,3	40,4	37,9	38,7	16,3	8,3	3,8	1,9	0,9	182,5
		Aportación (m³/s)	14,1	47,5	152,2	802,9	1.189,5	1.235,1	1.140,3	495,5	245,9	116,2	54,9	25,9	456,5
		Q específico (l/s-km²)	0,2	0,6	1,9	10,2	15,1	15,7	14,5	6,3	3,1	1,5	0,7	0,3	5,8
		Aportación total (hm³)	36,5	127,2	394,6	2.150,6	3.185,9	2.987,9	3.054,2	1.284,3	658,6	301,1	147,0	69,4	14.397,3
4671	Desembocadura Río Azul 178	Precipitación (mm)	63,9	156,2	183,4	231,3	253,9	241,6	226,1	145,1	59,8	25,3	28,0	31,4	1.645,9
		ETP (mm)	150,6	150,0	132,3	126,4	126,2	115,8	125,7	117,9	114,5	111,3	134,1	150,3	1.555,1
		ETR (mm)	69,7	109,5	125,0	126,7	133,2	95,5	115,4	120,4	131,2	76,1	36,1	31,4	1.170,1
		Escorrentía (mm)	0,5	6,3	21,0	57,8	89,1	94,3	109,5	64,5	27,4	9,5	3,4	1,2	484,5
		Aportación (m³/s)	0,0	0,4	1,4	3,8	5,9	6,9	7,3	4,4	1,8	0,7	0,2	0,1	2,7
		Q específico (l/s-km²)	0,2	2,4	8,1	21,6	33,3	39,0	40,9	24,9	10,2	3,7	1,3	0,4	15,4
		Aportación total (hm³)	0,1	1,1	3,7	10,3	15,9	16,8	19,5	11,5	4,9	1,7	0,6	0,2	86,2
4672	Arroyo Azul 1.506	Precipitación (mm)	64,3	160,8	177,6	222,4	256,7	235,6	223,8	147,9	59,8	25,8	30,7	30,5	1.635,8
		ETP (mm)	152,4	151,1	132,7	126,3	125,8	115,6	126,0	118,5	115,6	112,8	136,4	152,2	1.565,4
		ETR (mm)	69,8	111,7	121,6	125,3	133,0	96,2	115,9	120,9	131,2	67,3	34,9	30,5	1.158,2
		Escorrentía (mm)	0,4	10,1	23,4	54,7	93,9	91,2	106,5	64,5	27,4	9,5	3,4	1,2	486,1
		Aportación (m³/s)	0,2	5,7	13,6	30,8	52,8	56,8	59,9	37,5	15,4	5,5	1,9	0,7	23,2
		Q específico (l/s-km²)	0,2	3,8	9,0	20,4	35,1	37,7	39,8	24,9	10,2	3,7	1,3	0,4	15,4
		Aportación total (hm³)	0,6	15,2	35,2	82,4	141,4	137,4	160,4	97,1	41,3	14,3	5,2	1,8	732,1
4673	Parte Media Bahía Pimenteña 85	Precipitación (mm)	62,2	160,5	181,4	223,9	252,7	234,7	226,8	147,3	61,2	26,2	28,7	32,6	1.638,1
		ETP (mm)	151,3	149,7	131,3	125,1	124,9	114,9	125,5	118,5	115,6	112,8	135,7	151,4	1.556,7
		ETR (mm)	67,9	110,4	124,0	125,8	132,1	96,0	116,1	120,6	130,1	86,7	39,6	32,6	1.181,7
		Escorrentía (mm)	0,5	7,7	20,0	51,2	86,4	87,8	106,7	63,8	27,3	9,5	3,5	1,2	465,4
		Aportación (m³/s)	0,0	0,2	0,7	1,6	2,7	3,1	3,4	2,1	0,9	0,3	0,1	0,0	1,3
		Q específico (l/s-km²)	0,2	2,9	7,7	19,1	32,2	36,3	39,9	24,6	10,2	3,7	1,3	0,4	14,8
		Aportación total (hm³)	0,0	0,7	1,7	4,3	7,3	7,5	9,1	5,4	2,3	0,8	0,3	0,1	39,6



UH	Superficie cuencia (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4674	Bahía Pimienteira	Precipitación (mm)	63,5	160,1	179,1	221,5	255,1	235,5	226,0	149,4	60,8	26,1	29,9	30,1	1.637,2
		ETP (mm)	152,0	150,4	131,9	125,5	125,2	115,1	125,8	118,6	115,8	113,1	136,4	152,1	1.561,9
		ETR (mm)	69,1	111,0	122,6	124,8	132,4	96,2	116,1	120,8	130,5	76,2	35,8	30,1	1.165,7
		Escorrentía (mm)	0,4	9,2	22,0	52,9	91,4	89,7	107,3	65,1	27,8	9,6	3,5	1,2	480,3
		Aportación (m ³ /s)	0,1	1,1	2,7	6,4	11,0	12,0	12,9	8,1	3,4	1,2	0,4	0,1	4,9
		Q específico (l/s-km ²)	0,2	3,5	8,5	19,8	34,1	37,1	40,1	25,1	10,4	3,7	1,3	0,5	15,2
		Aportación total (hm ³)	0,1	3,0	7,1	17,1	29,5	29,0	34,7	21,0	9,0	3,1	1,1	0,4	155,1
4677		Precipitación (mm)	61,9	159,7	181,6	218,8	251,3	234,1	231,5	150,9	61,5	27,0	29,5	29,5	1.637,4
		ETP (mm)	151,9	149,8	131,0	124,5	124,2	114,4	125,4	118,8	116,3	113,9	137,0	152,5	1.559,7
		ETR (mm)	67,5	109,4	123,7	125,6	131,2	96,4	116,8	120,9	129,3	87,2	38,7	29,5	1.176,2
		Escorrentía (mm)	0,5	8,6	20,5	49,8	87,4	86,3	109,1	65,5	28,2	9,8	3,5	1,3	470,4
		Aportación (m ³ /s)	0,0	0,7	1,6	3,8	6,7	7,3	8,3	5,2	2,2	0,8	0,3	0,1	3,1
		Q específico (l/s-km ²)	0,2	3,2	7,9	18,6	32,6	35,7	40,7	25,3	10,5	3,8	1,3	0,5	14,9
		Aportación total (hm ³)	0,1	1,8	4,2	10,2	17,9	17,7	22,4	13,4	5,8	2,0	0,7	0,3	96,4
4679	Arroyo El Encanto	Precipitación (mm)	62,7	162,1	178,9	217,8	255,5	234,1	227,1	151,1	60,8	27,0	29,7	28,8	1.635,5
		ETP (mm)	152,9	150,6	131,4	124,5	124,0	114,2	125,6	119,2	116,9	114,6	138,0	153,4	1.565,3
		ETR (mm)	68,6	109,7	123,4	125,4	130,8	96,7	117,1	121,2	129,2	84,2	37,9	28,8	1.172,9
		Escorrentía (mm)	0,4	9,3	21,0	49,4	90,6	87,9	106,5	64,6	27,7	9,5	3,4	1,2	471,6
		Aportación (m ³ /s)	0,1	1,3	3,0	6,8	12,4	13,3	14,6	9,1	3,8	1,3	0,5	0,2	5,5
		Q específico (l/s-km ²)	0,2	3,5	8,1	18,5	33,8	36,3	39,7	24,9	10,3	3,7	1,3	0,5	15,0
		Aportación total (hm ³)	0,2	3,4	7,7	18,1	33,3	32,3	39,1	23,7	10,2	3,5	1,3	0,4	173,1
4682	Río Machupo	Precipitación (mm)	68,9	165,5	195,8	280,5	299,8	252,1	238,6	126,9	60,8	26,4	36,1	24,2	1.775,8
		ETP (mm)	157,8	160,2	142,4	135,0	131,3	118,3	128,8	119,5	114,5	111,4	133,8	154,0	1.607,0
		ETR (mm)	69,9	116,6	128,1	130,0	137,2	97,5	118,7	124,1	127,9	52,8	38,4	23,3	1.164,4
		Escorrentía (mm)	1,0	11,8	36,2	88,7	137,4	115,6	129,0	62,0	25,9	9,1	3,3	1,2	621,1
		Aportación (m ³ /s)	7,3	84,1	266,0	630,4	976,8	910,2	917,2	455,5	184,2	66,9	23,4	8,5	375,1
		Q específico (l/s-km ²)	0,4	4,4	14,0	33,1	51,3	47,8	48,2	23,9	9,7	3,5	1,2	0,4	19,7
		Aportación total (hm ³)	19,0	225,4	689,5	1.688,3	2.616,3	2.202,0	2.456,5	1.180,6	493,5	173,4	62,7	22,6	11.829,7
4683	Río Itonomas	Precipitación (mm)	49,2	105,6	135,5	188,3	197,1	169,0	155,8	74,1	43,9	20,3	19,7	14,0	1.172,5
		ETP (mm)	147,1	156,1	146,5	139,8	137,9	125,0	132,3	116,0	106,7	97,6	115,9	138,1	1.559,0
		ETR (mm)	37,4	40,7	39,1	37,7	37,0	24,0	30,1	33,3	36,4	23,6	28,1	34,3	401,6
		Escorrentía (mm)	9,3	35,2	72,5	132,3	158,1	128,7	133,8	58,0	29,7	11,8	6,8	3,2	779,5
		Aportación (m ³ /s)	134,7	493,8	1.049,8	1.854,6	2.216,6	1.997,7	1.875,0	840,2	416,8	171,1	95,2	44,9	928,0
		Q específico (l/s-km ²)	3,6	13,2	28,0	49,4	59,0	53,2	49,9	22,4	11,1	4,6	2,5	1,2	24,7
		Aportación total (hm ³)	349,2	1.322,5	2.721,0	4.967,2	5.936,9	4.832,8	5.022,0	2.177,8	1.116,2	443,5	254,9	120,3	29.264,5



UH	Superficie cuenca (km²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4684	8.612	Precipitación (mm)	72,5	124,9	184,4	272,8	280,5	238,2	229,5	98,6	50,3	32,3	30,5	20,7	1.635,0
		ETP (mm)	142,4	163,2	161,4	158,5	154,1	136,1	139,2	114,4	99,3	88,0	103,6	128,2	1.588,4
		ETR (mm)	53,7	88,2	110,8	128,3	147,7	86,6	114,9	131,1	91,7	32,2	28,4	22,6	1.036,1
		Escorrentía (mm)	6,6	24,8	52,0	112,5	134,7	105,7	121,1	33,5	11,4	4,0	1,9	0,9	609,0
		Aportación (m³/s)	21,9	79,6	172,8	361,8	433,0	376,3	389,4	111,2	36,7	13,4	6,0	2,9	166,3
		Q específico (l/s-km²)	2,5	9,2	20,1	42,0	50,3	43,7	45,2	12,9	4,3	1,6	0,7	0,3	19,3
		Aportación total (hm³)	56,9	213,1	448,0	969,1	1.159,7	910,3	1.043,0	288,2	98,2	34,7	16,0	7,8	5.245,0
4685	2.274	Precipitación (mm)	61,6	85,2	103,6	141,2	164,2	141,8	135,6	58,7	48,4	29,8	32,0	28,8	1.030,8
		ETP (mm)	152,7	164,4	158,2	153,2	148,8	132,1	136,3	115,9	104,2	93,5	112,6	137,6	1.609,5
		ETR (mm)	46,8	62,0	68,5	69,2	73,5	45,9	58,9	65,6	72,4	42,8	43,1	28,7	677,4
		Escorrentía (mm)	8,1	14,9	24,9	46,3	74,0	61,7	74,4	30,9	14,7	5,4	2,7	2,0	360,2
		Aportación (m³/s)	7,1	12,6	21,9	39,3	62,9	58,0	63,1	27,1	12,5	4,7	2,3	1,7	26,0
		Q específico (l/s-km²)	3,1	5,5	9,6	17,3	27,6	25,5	27,8	11,9	5,5	2,1	1,0	0,8	11,4
		Aportación total (hm³)	18,5	33,8	56,7	105,3	168,4	140,4	169,1	70,3	33,5	12,2	6,2	4,6	819,0
4686	15.110	Precipitación (mm)	67,0	99,7	120,1	161,6	184,4	156,1	153,9	74,4	59,5	39,5	40,5	40,7	1.197,4
		ETP (mm)	166,2	172,1	155,1	149,2	143,2	126,9	133,5	120,7	108,4	105,2	127,5	153,9	1.661,9
		ETR (mm)	53,3	64,5	69,0	73,0	74,4	46,3	60,1	64,1	71,1	48,5	53,0	43,8	721,1
		Escorrentía (mm)	9,1	19,7	33,8	64,8	98,6	77,7	95,5	37,0	23,6	11,8	7,4	4,9	484,0
		Aportación (m³/s)	53,3	111,2	197,3	365,7	556,2	485,2	538,6	215,7	133,2	68,9	41,9	27,6	231,9
		Q específico (l/s-km²)	3,5	7,4	13,1	24,2	36,8	32,1	35,6	14,3	8,8	4,6	2,8	1,8	15,3
		Aportación total (hm³)	138,2	297,9	511,3	979,4	1.489,8	1.173,8	1.442,5	559,1	356,9	178,6	112,1	74,0	7.313,7
4687	1.058	Precipitación (mm)	78,7	98,3	126,4	165,5	195,6	166,4	160,6	74,5	64,5	46,2	48,3	44,9	1.269,9
		ETP (mm)	156,2	168,3	161,6	157,0	151,2	132,8	136,2	115,6	102,7	93,8	113,9	139,6	1.628,9
		ETR (mm)	77,2	98,9	102,2	122,8	131,3	85,3	119,5	122,2	83,3	47,3	46,8	45,3	1.082,0
		Escorrentía (mm)	2,3	2,6	7,9	20,1	46,2	36,4	45,2	19,7	8,5	3,2	1,3	0,8	194,0
		Aportación (m³/s)	1,0	1,0	3,2	7,9	18,2	15,9	17,8	8,0	3,4	1,3	0,5	0,3	6,5
		Q específico (l/s-km²)	0,9	1,0	3,0	7,5	17,2	15,0	16,9	7,6	3,2	1,2	0,5	0,3	6,2
		Aportación total (hm³)	2,5	2,7	8,3	21,3	48,8	38,5	47,8	20,8	9,0	3,3	1,4	0,8	205,2
4688	17.661	Precipitación (mm)	72,0	107,6	150,6	208,1	232,8	190,7	202,0	97,0	61,4	38,2	44,4	36,2	1.441,1
		ETP (mm)	139,2	156,7	147,1	144,8	141,5	126,4	126,9	104,2	88,3	80,3	99,5	124,2	1.479,1
		ETR (mm)	66,8	95,5	103,9	119,6	130,3	69,4	95,3	113,7	124,4	46,9	48,9	35,2	1.049,8
		Escorrentía (mm)	2,8	5,9	18,6	46,4	85,4	67,1	100,8	42,6	19,4	7,1	2,6	1,3	399,8
		Aportación (m³/s)	19,2	38,7	126,9	305,6	563,3	489,9	664,4	290,0	127,8	48,1	16,8	8,6	223,9
		Q específico (l/s-km²)	1,1	2,2	7,2	17,3	31,9	27,7	37,6	16,4	7,2	2,7	1,0	0,5	12,7
		Aportación total (hm³)	49,8	103,7	329,0	818,6	1.508,8	1.185,3	1.779,6	751,6	342,3	124,6	45,1	23,1	7.061,4



UH	Superficie cuencia (km²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4689	Río Parapetí 23.871	Precipitación (mm)	38,0	72,7	103,4	189,2	163,8	165,8	161,1	64,3	32,7	24,6	25,9	20,9	1.062,5
		ETP (mm)	150,0	175,9	168,7	164,3	158,5	138,1	138,4	112,0	95,6	88,0	106,9	135,8	1.632,2
		ETR (mm)	42,1	72,2	86,6	106,4	130,0	75,0	110,8	123,3	42,3	24,7	25,9	20,9	860,1
		Escorrentía (mm)	0,1	0,3	5,3	42,0	39,5	39,6	55,0	17,0	6,4	2,2	0,8	0,3	208,4
		Aportación (m³/s)	0,9	2,3	48,7	374,4	352,4	390,5	490,3	156,6	56,8	19,9	7,0	2,4	157,7
		Q específico (l/s-km²)	0,0	0,1	2,0	15,7	14,8	16,4	20,5	6,6	2,4	0,8	0,3	0,1	6,6
		Aportación total (hm³)	2,2	6,1	126,3	1.002,8	943,8	944,7	1.313,2	406,0	152,2	51,5	18,6	6,5	4.974,1
4691	Arillos Las Londras 55	Precipitación (mm)	64,3	165,9	180,1	215,3	252,3	232,6	228,7	148,0	60,0	27,3	29,9	27,1	1.631,6
		ETP (mm)	153,1	150,4	131,0	123,9	123,1	113,5	125,5	119,5	117,5	115,5	138,5	153,8	1.565,3
		ETR (mm)	70,0	109,1	122,0	124,8	128,7	96,9	117,1	121,2	129,0	79,4	35,7	27,1	1.161,0
		Escorrentía (mm)	0,6	11,6	25,8	51,3	89,9	87,8	108,1	63,5	27,4	9,4	3,4	1,2	480,0
		Aportación (m³/s)	0,0	0,2	0,5	1,1	1,8	2,0	2,2	1,3	0,6	0,2	0,1	0,0	0,8
		Q específico (l/s-km²)	0,2	4,3	9,9	19,2	33,6	36,3	40,4	24,5	10,2	3,6	1,3	0,4	15,2
		Aportación total (hm³)	0,0	0,6	1,4	2,8	4,9	4,8	5,9	3,5	1,5	0,5	0,2	0,1	26,4
4692	Río Balinco 76.617	Precipitación (mm)	33,1	90,0	124,4	173,0	187,7	159,7	147,5	66,0	35,8	14,0	14,5	10,9	1.056,9
		ETP (mm)	152,2	156,3	142,7	134,7	131,0	119,1	129,7	118,8	113,1	108,0	125,8	146,6	1.578,0
		ETR (mm)	38,8	40,6	38,2	36,4	35,2	25,1	30,7	32,4	34,5	25,9	30,5	36,4	404,7
		Escorrentía (mm)	3,2	17,7	53,7	111,7	146,6	119,3	123,8	47,7	21,9	7,6	4,4	2,0	659,6
		Aportación (m³/s)	93,8	505,3	1.587,7	3.194,8	4.194,3	3.777,9	3.540,7	1.410,5	625,4	226,0	126,4	56,8	1.602,4
		Q específico (l/s-km²)	1,2	6,6	20,7	41,7	54,7	49,3	46,2	18,4	8,2	2,9	1,7	0,7	20,9
		Aportación total (hm³)	243,0	1.353,3	4.115,2	8.556,8	11.234,1	9.139,5	9.483,4	3.655,9	1.675,2	585,8	338,6	152,2	50.533,1
4693	Parte Baja Río Buena Vista 864	Precipitación (mm)	64,5	195,1	241,9	272,5	323,4	296,9	294,2	184,4	61,6	23,4	29,1	23,2	2.010,1
		ETP (mm)	152,7	149,3	130,4	123,1	121,9	112,4	125,1	119,8	118,4	116,5	138,9	153,9	1.562,4
		ETR (mm)	68,5	103,1	133,1	127,4	130,2	96,8	116,6	120,2	127,7	77,9	37,1	23,5	1.162,2
		Escorrentía (mm)	0,6	26,6	67,1	110,4	167,1	158,3	183,6	94,6	33,3	11,7	4,2	1,5	859,1
		Aportación (m³/s)	0,2	8,6	22,4	35,6	53,9	56,6	59,2	31,5	10,7	3,9	1,4	0,5	23,5
		Q específico (l/s-km²)	0,2	9,9	25,9	41,2	62,4	65,5	68,6	36,5	12,4	4,5	1,6	0,6	27,2
		Aportación total (hm³)	0,5	23,0	58,0	95,4	144,4	136,8	158,6	81,8	28,8	10,1	3,7	1,3	742,2
4695	Arroyo Currichal 2.094	Precipitación (mm)	64,4	198,5	253,5	291,2	346,3	320,4	316,5	177,2	59,5	25,7	31,8	21,8	2.106,8
		ETP (mm)	153,3	149,7	131,6	123,7	121,9	112,4	126,0	120,9	120,0	118,1	139,8	154,9	1.572,3
		ETR (mm)	38,8	39,7	36,2	34,6	33,6	25,2	30,2	31,1	32,8	26,8	32,6	37,4	398,9
		Escorrentía (mm)	13,7	122,9	200,1	258,8	320,0	271,9	297,6	151,2	45,9	19,5	12,7	7,1	1.721,4
		Aportación (m³/s)	11,1	96,1	161,6	202,3	250,2	235,3	232,7	122,1	35,9	15,8	10,0	5,5	114,3
		Q específico (l/s-km²)	5,3	45,9	77,2	96,6	119,5	112,4	111,1	58,3	17,1	7,5	4,8	2,6	54,6
		Aportación total (hm³)	28,7	257,3	419,0	541,9	670,1	569,3	623,3	316,5	96,2	40,9	26,7	14,8	3.604,6



UH	Superficie cuenca (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4697	Parte Alta Río San José	Precipitación (mm)	30,7	73,8	122,4	149,7	169,4	159,7	156,4	61,4	28,2	6,8	6,0	8,1	972,5
		ETP (mm)	153,8	151,7	136,7	128,8	125,3	114,6	128,3	121,8	121,3	118,6	137,5	153,9	1.592,3
		ETR (mm)	37,5	36,7	36,9	35,1	33,9	26,1	30,8	31,6	33,1	27,7	32,9	37,9	400,1
		Escorrentía (mm)	0,5	8,2	42,3	85,1	124,4	117,2	130,9	44,2	18,3	5,6	1,7	0,6	578,9
		Aportación (m ³ /s)	1,0	16,9	90,3	175,7	256,8	267,8	270,2	94,3	37,8	11,9	3,6	1,1	101,5
		Q específico (l/s-km ²)	0,2	3,1	16,3	31,8	46,4	48,4	48,9	17,1	6,8	2,1	0,6	0,2	18,4
		Aportación total (hm ³)	2,6	45,2	234,0	470,6	687,8	647,8	723,7	244,5	101,3	30,8	9,6	3,1	3.200,9
		Precipitación (mm)	37,5	74,7	100,0	135,5	161,9	135,3	128,1	61,0	33,8	14,3	13,5	16,6	912,1
		ETP (mm)	158,5	159,0	143,6	135,4	130,8	118,7	131,7	122,4	119,2	115,0	133,1	154,4	1.621,8
		ETR (mm)	36,3	51,7	59,7	65,7	67,8	49,7	59,7	62,5	64,1	28,9	13,2	17,0	576,1
4698	Río Paraguará	Escorrentía (mm)	1,6	8,6	23,3	49,8	80,8	63,2	71,0	23,2	11,0	5,2	2,6	1,3	341,5
		Aportación (m ³ /s)	17,0	89,5	251,4	520,0	844,0	731,2	741,7	250,5	115,0	56,6	27,4	13,9	303,1
		Q específico (l/s-km ²)	0,6	3,2	9,0	18,6	30,2	26,1	26,5	9,0	4,1	2,0	1,0	0,5	10,8
		Aportación total (hm ³)	44,2	239,7	651,5	1.392,9	2.260,7	1.769,0	1.986,7	649,3	307,9	146,6	73,3	37,1	9.558,9
		Precipitación (mm)	40,7	83,0	106,4	134,0	161,4	139,0	130,1	62,9	34,6	13,6	12,5	18,4	936,5
		ETP (mm)	159,7	158,8	141,9	133,3	128,5	116,2	128,7	120,1	116,0	113,7	133,6	155,4	1.605,9
		ETR (mm)	39,9	53,1	64,4	67,6	66,5	47,8	58,1	60,7	64,2	37,2	16,8	18,1	594,4
		Escorrentía (mm)	1,3	9,1	23,0	45,5	77,2	64,8	74,3	26,9	14,1	6,7	3,3	1,6	347,8
		Aportación (m ³ /s)	7,2	49,3	129,1	246,7	418,6	389,2	403,2	150,8	76,3	37,8	17,9	8,7	160,2
		Q específico (l/s-km ²)	0,5	3,4	8,9	17,0	28,8	26,8	27,8	10,4	5,3	2,6	1,2	0,6	11,0
4699	Río Verde	Aportación total (hm ³)	18,6	132,2	334,7	660,8	1.121,2	941,5	1.080,0	390,9	204,4	97,9	47,9	23,4	5.053,4
		Precipitación (mm)	68,8	174,4	234,9	235,6	282,3	270,6	236,8	165,1	79,2	32,0	25,9	32,1	1.837,8
		ETP (mm)	144,1	143,2	127,3	122,6	122,9	114,6	126,0	121,7	120,6	116,4	132,9	148,7	1.541,0
		ETR (mm)	72,4	117,2	130,2	133,2	132,5	100,3	119,3	121,6	127,9	69,4	37,2	33,3	1.194,7
		Escorrentía (mm)	0,7	13,3	46,4	73,8	113,6	122,4	129,3	85,7	42,1	16,4	6,0	2,1	651,8
		Aportación (m ³ /s)	0,6	9,8	35,4	54,5	83,8	100,1	95,4	65,4	31,1	12,5	4,4	1,5	40,9
		Q específico (l/s-km ²)	0,3	5,0	17,9	27,6	42,4	50,6	48,3	33,1	15,7	6,3	2,2	0,8	20,7
		Aportación total (hm ³)	1,5	26,3	91,8	145,9	224,5	242,1	255,6	169,5	83,2	32,3	11,8	4,1	1.288,6

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

Cuadro A4.5 Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Amazonas. Nivel 3.

UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
463	Río Abuna 23.964	Precipitación (mm)	79,4	134,3	164,6	199,4	204,3	205,6	208,3	144,0	87,3	49,9	47,0	53,1	1.577,1
		ETP (mm)	148,4	144,7	128,0	123,2	122,9	113,8	125,7	120,2	118,8	114,6	133,4	149,0	1.542,8
		ETR (mm)	80,7	98,9	119,1	131,8	132,4	99,1	118,9	122,6	129,5	96,6	63,4	53,4	1.246,3
		Escorrentía (mm)	0,4	3,9	13,4	38,1	53,0	63,5	86,0	48,3	20,2	7,5	2,8	1,0	338,2
		Aportación (m ³ /s)	4,0	35,0	123,7	341,0	473,8	629,3	769,2	446,5	181,0	69,7	25,4	8,6	257,0
		Q específico (l/s-km ²)	0,2	1,5	5,2	14,2	19,8	26,3	32,1	18,6	7,6	2,9	1,1	0,4	10,7
		Aportación total (hm ³)	10,4	93,6	320,8	913,4	1.269,0	1.522,5	2.060,3	1.157,4	484,9	180,7	67,9	23,2	8.103,9
464	Río Beni 172.403	Precipitación (mm)	61,5	112,7	141,4	179,3	209,9	201,4	174,8	106,3	62,6	39,1	37,7	39,8	1.366,5
		ETP (mm)	137,8	145,3	134,4	131,8	135,0	116,4	125,7	117,0	109,5	101,8	116,9	132,9	1.504,6
		ETR (mm)	46,4	58,7	59,5	62,9	65,9	45,6	57,2	59,1	60,0	38,5	34,5	36,4	624,7
		Escorrentía (mm)	12,1	36,2	62,1	103,0	139,0	128,5	124,7	67,7	35,2	16,6	10,9	8,8	745,0
		Aportación (m ³ /s)	804,8	2.331,7	4.130,7	6.631,0	8.950,2	9.157,6	8.028,6	4.506,2	2.285,0	1.105,8	701,0	569,2	4.072,9
		Q específico (l/s-km ²)	4,7	13,5	24,0	38,5	51,9	53,1	46,6	26,1	13,1	6,4	4,1	3,3	23,6
		Aportación total (hm ³)	2.086,1	6.245,2	10.706,8	17.760,4	23.972,2	22.154,1	21.503,9	11.680,2	6.066,6	2.866,1	1.877,6	1.524,7	128.443,7
465	Río Yata 24.182	Precipitación (mm)	71,2	142,0	184,3	238,3	251,3	247,1	225,0	146,9	72,3	32,4	35,1	34,2	1.680,2
		ETP (mm)	148,5	149,5	134,5	129,2	130,9	116,5	127,2	118,9	114,5	109,5	128,9	146,5	1.554,8
		ETR (mm)	72,8	111,6	121,4	132,3	137,2	97,5	118,2	122,9	127,6	67,4	39,6	34,2	1.182,7
		Escorrentía (mm)	0,7	6,1	24,0	63,6	90,3	99,8	111,3	65,8	28,3	10,2	3,7	1,3	505,2
		Aportación (m ³ /s)	6,3	54,9	224,2	574,3	815,5	997,3	1.005,0	614,0	255,6	95,4	33,4	11,8	387,4
		Q específico (l/s-km ²)	0,3	2,3	9,3	23,7	33,7	41,2	41,6	25,4	10,6	3,9	1,4	0,5	16,0
		Aportación total (hm ³)	16,3	147,0	581,1	1.538,1	2.184,3	2.412,6	2.691,9	1.591,6	684,6	247,2	89,6	31,6	12.215,9
466	Cuenca Río Mamoré 234.901	Precipitación (mm)	58,8	118,8	146,6	217,5	243,5	213,9	197,7	105,1	63,2	39,9	35,3	29,6	1.469,8
		ETP (mm)	141,9	154,4	147,2	144,5	139,6	123,0	130,0	115,6	104,7	97,4	110,5	130,1	1.538,8
		ETR (mm)	51,3	79,2	86,8	93,8	101,7	68,2	86,3	91,6	84,5	45,2	37,4	32,4	858,3
		Escorrentía (mm)	6,2	22,0	40,1	86,7	123,5	110,4	118,7	57,9	28,0	12,6	6,5	4,0	616,6
		Aportación (m ³ /s)	563,4	1.929,0	3.637,5	7.599,7	10.830,2	10.717,3	10.408,3	5.250,9	2.459,7	1.145,7	570,0	347,4	4.593,1
		Q específico (l/s-km ²)	2,4	8,2	15,5	32,4	46,1	45,6	44,3	22,4	10,5	4,9	2,4	1,5	19,6
		Aportación total (hm ³)	1.460,3	5.166,5	9.428,4	20.355,0	29.007,7	25.927,4	27.877,5	13.610,3	6.588,0	2.969,8	1.526,8	930,6	144.848,4



UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
467	2.664	Rio Guapoé final													
		Precipitación (mm)	59,9	150,6	167,9	208,8	240,1	221,4	211,6	139,4	56,6	24,4	28,3	28,5	1.537,4
		ETP (mm)	142,9	141,6	124,2	118,2	117,8	108,3	118,2	111,3	108,7	106,1	128,1	142,9	1.468,4
		ETR (mm)	65,1	104,3	114,9	117,8	124,5	90,4	109,0	113,5	122,8	68,3	33,6	28,5	1.092,7
		Escorrentía (mm)	0,4	9,4	22,4	53,5	92,1	90,3	107,0	64,6	27,6	9,5	3,4	1,2	481,4
		Aportación (m ³ /s)	0,4	9,4	23,0	53,2	91,6	99,4	106,4	66,4	27,4	9,8	3,4	1,2	40,7
		Q específico (l/s-km ²)	0,2	3,5	8,6	20,0	34,4	37,3	39,9	24,9	10,3	3,7	1,3	0,5	15,3
468	125.174	Aportación total (hm ³)	1,2	25,1	59,6	142,5	245,3	240,6	285,0	172,1	73,4	25,4	9,2	3,2	1.282,5
		Precipitación (mm)	57,5	108,9	141,5	206,8	215,0	186,8	180,4	85,0	49,4	28,1	30,6	24,2	1.314,3
		ETP (mm)	150,3	163,3	152,6	147,3	143,4	127,9	132,9	114,6	102,8	95,6	115,1	139,3	1.584,9
		ETR (mm)	50,9	73,0	80,5	88,2	96,7	59,2	78,9	87,4	72,9	35,7	35,6	30,5	789,5
		Escorrentía (mm)	5,1	17,6	39,1	84,3	110,8	91,3	106,0	43,6	20,8	8,2	4,1	2,1	533,0
		Aportación (m ³ /s)	245,5	823,3	1.886,6	3.939,7	5.179,4	4.723,8	4.955,8	2.104,3	971,4	394,3	193,0	97,0	2.115,4
		Q específico (l/s-km ²)	2,0	6,6	15,1	31,5	41,4	37,7	39,6	16,8	7,8	3,1	1,5	0,8	16,9
469	127.676	Aportación total (hm ³)	636,3	2.205,2	4.890,1	10.552,1	13.872,5	11.427,8	13.273,7	5.454,4	2.601,7	1.022,0	517,0	259,7	66.712,6
		Precipitación (mm)	35,6	87,7	119,9	162,0	181,8	155,6	145,5	67,0	35,5	14,0	14,1	13,1	1.031,7
		ETP (mm)	154,5	156,8	142,3	134,2	130,2	118,3	129,9	119,9	115,3	110,9	129,1	149,8	1.591,2
		ETR (mm)	38,5	44,7	46,5	47,0	46,5	33,6	40,8	42,8	45,0	28,3	25,3	30,0	469,0
		Escorrentía (mm)	2,6	16,1	45,5	91,8	126,3	103,5	110,1	41,8	18,9	7,1	3,9	1,8	569,6
		Aportación (m ³ /s)	130,2	765,9	2.243,0	4.376,2	6.019,7	5.460,0	5.250,0	2.061,1	901,8	352,1	186,7	86,6	2.305,9
		Q específico (l/s-km ²)	1,0	6,0	17,6	34,3	47,1	42,8	41,1	16,1	7,1	2,8	1,5	0,7	18,1
492	1.977	Aportación total (hm ³)	337,6	2.051,3	5.813,8	11.721,2	16.123,2	13.208,8	14.061,6	5.342,4	2.415,3	912,7	499,9	231,9	72.719,6
		Precipitación (mm)	68,8	174,4	234,9	235,6	282,3	270,6	236,8	165,1	79,2	32,0	25,9	32,1	1.837,8
		ETP (mm)	144,1	143,2	127,3	122,6	122,9	114,6	126,0	121,7	120,6	116,4	132,9	148,7	1.541,0
		ETR (mm)	72,4	117,2	130,2	133,2	132,5	100,3	119,3	121,6	127,9	69,4	37,2	33,3	1.194,7
		Escorrentía (mm)	0,7	13,3	46,4	73,8	113,6	122,4	129,3	85,7	42,1	16,4	6,0	2,1	651,8
		Aportación (m ³ /s)	0,6	9,8	35,4	54,5	83,8	100,1	95,4	65,4	31,1	12,5	4,4	1,5	40,9
		Q específico (l/s-km ²)	0,3	5,0	17,9	27,6	42,4	50,6	48,3	33,1	15,7	6,3	2,2	0,8	20,7
492	1.977	Aportación total (hm ³)	1,5	26,3	91,8	145,9	224,5	242,1	255,6	169,5	83,2	32,3	11,8	4,1	1.288,6

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



CuadroA4.6Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Amazonas. Nivel 2.

UH	Superficie cuenca (km²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
46	710.964	Precipitación (mm)	56,2	111,4	141,6	196,5	218,2	196,5	181,1	97,9	56,7	33,0	31,6	29,1	1.349,7
		ETP (mm)	145,1	153,6	143,0	138,7	136,5	120,8	129,2	116,8	108,3	101,6	117,7	137,2	1.548,5
		ETR (mm)	49,5	68,8	74,2	79,6	84,6	57,0	72,0	76,4	72,5	41,4	35,1	33,4	744,6
		Escorrentía (mm)	6,4	22,4	44,7	88,6	121,9	108,2	115,0	54,9	26,6	11,6	6,5	4,2	610,9
		Aportación (m³/s)	1.754,7	5.949,1	12.268,7	23.515,1	32.360,4	31.784,8	30.523,4	15.049,5	7.061,9	3.172,7	1.712,9	1.121,9	13.772,4
		Q específico (l/s-km²)	2,5	8,4	17,3	33,1	45,5	44,7	42,9	21,2	9,9	4,5	2,4	1,6	19,4
49	1.977	Aportación total (hm³)	4.548,1	15.934,0	31.800,6	62.982,7	86.674,2	76.893,7	81.754,0	39.008,4	18.914,6	8.223,7	4.587,9	3.004,8	434.326,7
		Precipitación (mm)	68,8	174,4	234,9	235,6	282,3	270,6	236,8	165,1	79,2	32,0	25,9	32,1	1.837,8
		ETP (mm)	144,1	143,2	127,3	122,6	122,9	114,6	126,0	121,7	120,6	116,4	132,9	148,7	1.541,0
		ETR (mm)	72,4	117,2	130,2	133,2	132,5	100,3	119,3	121,6	127,9	69,4	37,2	33,3	1.194,7
		Escorrentía (mm)	0,7	13,3	46,4	73,8	113,6	122,4	129,3	85,7	42,1	16,4	6,0	2,1	651,8
		Aportación (m³/s)	0,6	9,8	35,4	54,5	83,8	100,1	95,4	65,4	31,1	12,5	4,4	1,5	40,9
		Q específico (l/s-km²)	0,3	5,0	17,9	27,6	42,4	50,6	48,3	33,1	15,7	6,3	2,2	0,8	20,7
		Aportación total (hm³)	1,5	26,3	91,8	145,9	224,5	242,1	255,6	169,5	83,2	32,3	11,8	4,1	1.288,6

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

CuadroA4.7Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Amazonas. Nivel 1.

UH	Superficie cuenca (km²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
4	712.941	Precipitación (mm)	56,2	111,6	141,9	196,6	218,4	196,7	181,2	98,1	56,8	33,0	31,6	29,1	1.351,1
		ETP (mm)	145,1	153,6	142,9	138,7	136,5	120,8	129,2	116,8	108,3	101,6	117,7	137,2	1.548,4
		ETR (mm)	49,6	69,0	74,4	79,7	84,7	57,2	72,2	76,5	72,7	41,5	35,2	33,4	745,9
		Escorrentía (mm)	6,4	22,4	44,7	88,5	121,9	108,2	115,0	55,0	26,6	11,6	6,5	4,2	611,0
		Aportación (m³/s)	1.755,2	5.958,9	12.304,1	23.569,6	32.444,2	31.884,8	30.618,9	15.114,9	7.093,0	3.185,2	1.717,4	1.123,4	13.813,3
		Q específico (l/s-km²)	2,5	8,4	17,3	33,1	45,5	44,7	42,9	21,2	9,9	4,5	2,4	1,6	19,4
		Aportación total (hm³)	4.549,5	15.960,4	31.892,4	63.128,7	86.898,7	77.135,8	82.009,6	39.177,8	18.997,8	8.256,0	4.599,8	3.009,0	435.615,3

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

4.3. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Plata

CuadroA4.8. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Plata. Nivel 3.

UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
80	465	Precipitación (mm)	16,1	46,4	59,3	166,9	215,0	190,4	172,5	35,7	12,9	8,1	9,0	9,3	941,5
		ETP (mm)	129,5	152,1	150,0	152,0	141,0	122,1	117,6	99,5	88,0	78,5	87,4	109,0	1.426,7
		ETR (mm)	18,3	37,0	47,2	84,4	86,2	50,9	95,3	49,7	12,9	8,1	9,0	9,3	508,3
		Escorrentía (mm)	5,9	9,0	8,8	58,3	104,2	85,3	85,3	27,4	20,4	14,7	11,2	8,3	438,8
		Aportación (m ³ /s)	1,1	1,6	1,6	10,1	18,1	16,4	14,8	4,9	3,5	2,6	1,9	1,4	6,5
		Q específico (l/s-km ²)	2,3	3,3	3,4	21,8	38,9	35,3	31,8	10,6	7,6	5,7	4,2	3,1	13,9
		Aportación total (hm ³)	2,8	4,2	4,1	27,1	48,4	39,7	39,7	12,8	9,5	6,8	5,2	3,9	204,0
		Precipitación (mm)	8,2	37,4	60,2	118,9	121,2	125,7	113,3	29,9	6,9	2,7	2,3	1,5	628,2
858	11.912	ETP (mm)	136,7	158,9	156,1	159,6	154,9	132,0	125,0	98,0	83,5	78,7	90,1	115,3	1.488,8
		ETR (mm)	11,0	33,0	50,8	77,4	78,2	47,6	90,8	39,6	6,9	2,7	2,3	1,5	441,6
		Escorrentía (mm)	3,3	4,5	5,7	27,5	32,4	35,7	36,5	14,8	11,3	8,1	6,2	4,6	190,5
		Aportación (m ³ /s)	15,0	19,8	26,2	122,2	143,9	175,8	162,5	67,8	50,4	37,3	27,7	20,5	72,0
		Q específico (l/s-km ²)	1,3	1,7	2,2	10,3	12,1	14,8	13,6	5,7	4,2	3,1	2,3	1,7	6,0
		Aportación total (hm ³)	38,8	53,2	68,0	327,4	385,5	425,3	435,1	175,7	135,0	96,8	74,1	54,9	2.269,8
		Precipitación (mm)	3,5	14,5	19,8	46,0	52,6	48,9	42,5	7,1	0,5	0,0	0,0	0,1	235,5
		ETP (mm)	130,8	149,3	148,3	147,1	140,3	121,5	124,5	113,4	104,5	90,7	97,2	115,2	1.482,8
860	338	ETR (mm)	5,9	14,4	19,5	40,3	42,5	41,0	37,5	7,1	0,5	0,0	0,0	0,1	208,8
		Escorrentía (mm)	0,7	0,6	0,5	2,2	6,0	4,9	5,2	3,1	2,4	1,7	1,3	1,0	29,6
		Aportación (m ³ /s)	0,1	0,1	0,1	0,3	0,8	0,7	0,7	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3
		Q específico (l/s-km ²)	0,3	0,2	0,2	0,8	2,3	2,0	1,9	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,9
		Aportación total (hm ³)	0,2	0,2	0,2	0,7	2,0	1,6	1,7	1,0	0,8	0,6	0,4	0,3	10,0



UH	Superficie cuencia (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
861	Cnda. Bolívar	Precipitación (mm)	9,3	36,8	67,3	131,9	95,6	114,5	90,6	44,1	8,3	2,9	4,6	2,3	608,1
		ETP (mm)	158,6	182,1	173,6	172,2	171,0	137,9	136,5	115,3	98,1	90,5	108,7	143,0	1.687,5
		ETR (mm)	14,1	36,1	62,8	92,0	84,9	50,7	97,2	62,6	11,2	2,9	4,6	2,3	521,5
		Escorrentía (mm)	1,7	1,5	2,3	17,7	13,6	15,1	14,9	8,5	6,2	4,5	3,4	2,5	91,9
		Aportación (m ³ /s)	2,5	2,0	3,3	24,7	19,0	23,3	20,8	12,2	8,7	6,5	4,8	3,5	10,9
		Q específico (l/s-km ²)	0,7	0,5	0,9	6,6	5,1	6,2	5,6	3,3	2,3	1,7	1,3	0,9	2,9
		Aportación total (hm ³)	6,5	5,4	8,6	66,0	51,0	56,3	55,8	31,7	23,3	16,7	12,8	9,5	343,6
862	Cnda. Caragatrenda	Precipitación (mm)	7,7	37,5	73,9	134,5	97,2	115,7	92,7	42,4	7,6	2,1	4,7	1,7	617,8
		ETP (mm)	164,7	187,5	177,3	175,1	169,5	140,4	140,0	119,3	103,2	95,6	113,3	148,9	1.734,8
		ETR (mm)	12,5	36,7	66,7	94,4	86,0	52,3	96,9	62,7	10,2	2,1	4,7	1,7	526,9
		Escorrentía (mm)	2,0	1,8	3,4	19,3	13,3	15,4	16,1	8,6	6,5	4,7	3,6	2,6	97,0
		Aportación (m ³ /s)	0,2	0,2	0,3	1,7	1,2	1,5	1,4	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,7
		Q específico (l/s-km ²)	0,8	0,7	1,3	7,2	5,0	6,4	6,0	3,3	2,4	1,8	1,3	1,0	3,1
		Aportación total (hm ³)	0,5	0,4	0,8	4,5	3,1	3,6	3,8	2,0	1,5	1,1	0,8	0,6	22,8
864	Río Pilcomayo	Precipitación (mm)	9,0	42,1	76,3	147,2	118,1	136,0	115,3	52,3	8,7	3,8	3,6	2,2	714,8
		ETP (mm)	148,8	169,7	160,4	159,9	154,5	131,1	128,3	103,8	91,3	84,5	100,0	131,1	1.563,4
		ETR (mm)	12,8	40,2	71,4	94,9	102,1	54,4	98,2	92,9	15,7	3,8	3,6	2,2	592,2
		Escorrentía (mm)	1,0	1,1	2,1	26,1	19,3	23,8	27,4	11,2	6,9	4,1	2,6	1,6	127,4
		Aportación (m ³ /s)	1,3	1,4	2,7	32,8	24,2	33,0	34,4	14,5	8,6	5,3	3,3	2,0	13,6
		Q específico (l/s-km ²)	0,4	0,4	0,8	9,8	7,2	9,8	10,2	4,3	2,6	1,6	1,0	0,6	4,0
		Aportación total (hm ³)	3,3	3,9	7,0	87,8	64,8	79,9	92,2	37,6	23,2	13,9	8,9	5,5	427,8
865	Río Pílaya	Precipitación (mm)	12,0	37,8	66,5	127,0	103,0	118,5	98,3	43,3	10,3	6,2	6,3	5,3	634,6
		ETP (mm)	153,1	180,3	178,1	177,4	173,0	145,6	138,9	106,2	90,1	82,5	101,9	134,0	1.661,1
		ETR (mm)	15,4	35,8	57,0	85,9	74,9	48,4	90,2	51,9	10,3	6,2	6,4	5,3	487,6
		Escorrentía (mm)	1,1	1,5	5,0	29,0	24,9	31,0	28,2	12,8	8,0	4,8	3,1	1,9	151,3
		Aportación (m ³ /s)	6,8	8,9	30,1	169,3	145,3	200,8	165,0	77,2	46,9	29,0	17,9	11,1	75,1
		Q específico (l/s-km ²)	0,4	0,6	1,9	10,8	9,3	12,8	10,5	4,9	3,0	1,9	1,1	0,7	4,8
		Aportación total (hm ³)	17,7	23,7	78,0	453,4	389,2	485,7	441,8	200,0	125,6	75,2	48,1	29,7	2.368,2



UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
872	Cñda. Ustarez	Precipitación (mm)	31,6	62,0	91,6	151,4	121,7	140,1	125,8	62,9	33,6	26,7	28,3	24,3	899,9
		ETP (mm)	169,5	196,3	183,7	171,5	167,5	142,9	143,5	120,0	100,3	92,5	119,5	153,1	1.760,3
		ETR (mm)	36,2	60,4	80,3	99,6	102,5	53,6	111,1	95,3	35,6	26,7	28,3	24,3	753,8
		Escorrentía (mm)	2,7	2,5	5,7	24,7	19,6	26,3	30,5	13,1	9,8	7,1	5,4	4,0	151,3
		Aportación (m ³ /s)	26,3	23,2	55,9	232,9	184,9	274,4	287,6	127,5	92,9	68,8	51,0	37,8	121,2
		Q específico (l/s-km ²)	1,0	0,9	2,2	9,2	7,3	10,9	11,4	5,0	3,7	2,7	2,0	1,5	4,8
		Aportación total (hm ³)	68,2	62,1	145,0	623,8	495,2	663,7	770,2	330,4	248,8	178,4	136,6	101,2	3.823,6
874	Río Negro	Precipitación (mm)	29,2	79,7	119,5	151,7	148,0	133,7	125,1	63,3	44,3	13,6	20,4	15,4	943,8
		ETP (mm)	161,1	175,2	158,6	155,9	150,2	133,1	137,9	121,2	107,6	104,1	127,3	153,5	1.685,7
		ETR (mm)	33,2	71,8	93,0	99,0	103,0	69,8	108,6	88,8	44,4	13,6	20,1	15,3	760,6
		Escorrentía (mm)	3,7	5,1	11,3	27,2	32,9	26,7	27,4	17,0	13,6	9,8	7,6	5,7	188,0
		Aportación (m ³ /s)	64,1	84,3	194,0	451,5	545,6	489,7	454,5	291,5	225,4	168,5	125,6	93,8	284,8
		Q específico (l/s-km ²)	1,4	1,9	4,4	10,2	12,3	11,0	10,2	6,6	5,1	3,8	2,8	2,1	6,0
		Aportación total (hm ³)	166,3	225,8	502,7	1.209,4	1.461,4	1.184,7	1.217,5	755,5	603,8	436,7	336,3	251,3	8.351,5
875		Precipitación (mm)	11,0	38,6	69,0	79,7	78,0	77,5	55,6	31,8	21,4	3,1	8,9	3,0	477,6
		ETP (mm)	160,4	187,3	171,9	157,9	150,8	133,9	146,0	138,0	121,9	118,5	127,0	153,3	1.766,9
		ETR (mm)	15,1	38,3	62,2	70,6	68,1	52,2	66,4	32,2	20,8	3,1	8,9	3,0	440,9
		Escorrentía (mm)	1,0	0,8	2,7	4,0	5,8	6,8	5,7	4,4	3,6	2,6	2,0	1,5	40,8
		Aportación (m ³ /s)	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
		Q específico (l/s-km ²)	0,4	0,3	1,0	1,5	2,2	2,8	2,1	1,7	1,3	1,0	0,7	0,6	1,3
		Aportación total (hm ³)	0,2	0,1	0,5	0,8	1,1	1,3	1,1	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	7,9
879	Laguna Cáceres	Precipitación (mm)	9,7	42,0	61,7	83,1	85,3	79,3	60,8	24,7	19,8	3,3	8,8	6,3	484,8
		ETP (mm)	149,7	160,1	148,5	147,9	138,9	125,5	134,8	124,1	111,5	104,8	124,0	141,0	1.610,8
		ETR (mm)	14,0	41,1	58,4	73,0	71,2	56,1	71,7	27,7	19,7	3,3	8,7	6,2	451,1
		Escorrentía (mm)	0,8	0,8	1,4	4,0	6,6	6,1	5,4	4,1	3,1	2,3	1,7	1,3	37,7
		Aportación (m ³ /s)	2,7	2,5	4,5	12,7	20,9	21,5	17,2	13,3	10,0	7,4	5,5	4,2	10,1
		Q específico (l/s-km ²)	0,3	0,3	0,5	1,5	2,5	2,5	2,0	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5	1,2
		Aportación total (hm ³)	7,0	6,6	11,7	34,1	56,0	51,9	46,2	34,6	26,7	19,2	14,8	11,1	319,8



UH	Superficie cuencia (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
866	Río Tumusia	23.501	Precipitación (mm)	11,6	32,5	37,5	92,3	100,8	96,6	79,8	20,6	3,6	1,4	1,5	480,9
			ETP (mm)	136,4	152,6	151,6	150,4	140,0	94,8	115,8	121,3	134,0	95,8	104,5	1.519,9
			ETR (mm)	13,5	29,3	32,5	57,9	57,9	53,6	54,9	19,7	3,6	1,4	1,5	328,5
			Escorrentía (mm)	1,0	1,8	3,2	24,2	37,2	32,7	28,5	10,9	7,1	4,2	2,7	155,3
			Aportación (m ³ /s)	9,1	15,7	29,4	212,5	326,5	317,7	249,7	99,3	62,3	38,5	23,8	115,7
			Q específico (l/s-km ²)	0,4	0,7	1,3	9,0	13,9	13,5	10,6	4,2	2,6	1,6	1,0	4,9
			Aportación total (hm ³)	23,5	42,1	76,3	569,2	874,6	768,5	668,8	257,3	166,7	99,8	63,8	3.650,3
867	Río Monte Sandoval	5.741	Precipitación (mm)	13,9	42,7	60,9	118,8	125,2	118,8	110,1	25,5	5,7	3,6	3,2	632,8
			ETP (mm)	134,2	152,3	150,6	150,7	144,8	124,0	124,1	107,8	100,1	91,8	101,3	1.503,4
			ETR (mm)	16,0	35,6	47,0	68,6	68,0	54,1	72,3	26,7	5,7	3,7	3,2	405,1
			Escorrentía (mm)	1,3	4,3	8,7	39,0	51,5	45,7	45,6	14,6	9,4	5,6	3,6	231,7
			Aportación (m ³ /s)	3,0	9,3	19,3	83,6	110,5	108,4	97,7	32,4	20,1	12,5	7,7	42,2
			Q específico (l/s-km ²)	0,5	1,6	3,4	14,6	19,2	18,9	17,0	5,6	3,5	2,2	1,3	7,3
			Aportación total (hm ³)	7,7	24,8	50,1	224,0	295,9	262,2	261,7	83,9	53,9	32,3	20,6	1.329,9
868	Río Sococha	21.357	Precipitación (mm)	5,6	15,5	16,7	57,3	81,3	68,5	55,1	8,8	1,6	0,7	0,4	311,9
			ETP (mm)	149,1	172,8	174,0	173,6	159,2	140,2	141,6	127,3	114,8	97,4	107,0	1.684,8
			ETR (mm)	7,6	15,2	16,3	45,5	53,1	47,5	42,9	8,8	1,6	0,7	0,4	240,1
			Escorrentía (mm)	1,2	1,0	0,8	5,9	20,7	15,1	11,8	5,7	4,4	3,1	2,4	73,9
			Aportación (m ³ /s)	10,0	7,8	6,6	46,7	165,2	133,1	94,2	47,2	35,0	25,9	19,2	50,1
			Q específico (l/s-km ²)	0,5	0,4	0,3	2,2	7,7	6,2	4,4	2,2	1,6	1,2	0,9	2,3
			Aportación total (hm ³)	26,0	20,8	17,0	125,2	442,5	322,1	252,4	122,4	93,7	67,2	51,4	1.579,0
869	Río Khenwal	16.022	Precipitación (mm)	5,3	15,5	21,4	72,2	101,1	84,0	64,0	10,7	4,2	2,2	3,2	386,1
			ETP (mm)	132,2	154,4	156,4	159,4	144,5	129,7	129,7	112,4	99,1	86,9	94,8	1.513,2
			ETR (mm)	7,4	15,3	21,3	59,8	69,9	51,4	63,6	11,5	4,2	2,2	3,2	312,0
			Escorrentía (mm)	0,6	0,4	0,3	6,6	23,3	17,7	13,0	6,1	3,9	2,3	1,5	76,6
			Aportación (m ³ /s)	3,4	2,5	1,8	39,6	139,3	117,3	77,8	37,5	23,2	14,4	8,9	38,9
			Q específico (l/s-km ²)	0,2	0,2	0,1	2,5	8,7	7,3	4,9	2,3	1,4	0,9	0,6	2,4
			Aportación total (hm ³)	8,9	6,7	4,6	106,1	373,0	283,9	208,4	97,2	62,1	37,2	23,8	1.226,5



UH	Superficie cuenca (km²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL	
891	Qda. Anay	Precipitación (mm)	10,0	41,0	57,2	66,1	85,5	80,7	70,8	25,8	14,9	3,0	6,2	6,4	467,7	
		ETP (mm)	158,7	163,6	148,4	142,8	136,9	123,0	132,6	123,0	123,0	111,4	105,4	125,2	148,7	1.619,7
		ETR (mm)	13,4	41,0	56,8	64,2	75,2	57,6	80,9	80,9	34,7	14,9	3,0	6,2	6,4	454,3
		Escorrentía (mm)	0,2	0,1	0,2	0,6	2,9	3,4	3,6	3,6	2,5	1,6	0,9	0,6	0,4	16,9
		Aportación (m³/s)	0,1	0,1	0,1	0,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,2	0,7	0,5	0,3	0,2	0,7
		Q específico (l/s-km²)	0,1	0,0	0,1	0,2	1,1	1,4	1,4	1,3	1,0	0,6	0,4	0,2	0,1	0,5
		Aportación total (hm³)	0,2	0,2	0,2	0,8	3,5	4,1	4,5	4,5	3,1	2,0	1,2	0,7	0,5	20,9
892	Río Pando	Precipitación (mm)	29,9	78,4	101,5	109,1	144,5	148,1	134,1	55,4	36,7	14,4	23,5	23,5	899,2	
		ETP (mm)	163,4	166,0	149,4	142,7	137,4	123,3	133,2	123,3	112,3	106,9	125,0	125,0	150,5	1.633,4
		ETR (mm)	36,4	74,7	94,0	99,1	111,6	78,3	111,1	115,0	84,1	19,7	22,8	24,3	24,3	871,0
		Escorrentía (mm)	0,4	0,3	0,3	0,4	2,2	5,4	9,8	6,1	4,1	2,4	1,6	1,6	0,9	33,9
		Aportación (m³/s)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,04
		Q específico (l/s-km²)	0,2	0,1	0,1	0,2	0,8	2,2	3,7	2,4	1,5	0,9	0,9	0,6	0,3	1,1
		Aportación total (hm³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	1,2
893	Laguna Uebera	Precipitación (mm)	30,4	76,2	101,6	113,5	141,3	149,2	131,0	55,3	38,2	14,9	22,4	22,3	896,1	
		ETP (mm)	153,1	166,6	157,2	150,5	144,0	85,2	111,1	119,7	135,4	85,0	106,7	106,7	134,2	1.548,7
		ETR (mm)	34,4	74,8	90,1	95,1	105,1	75,2	111,1	96,4	49,3	14,9	22,4	22,4	22,3	791,0
		Escorrentía (mm)	1,2	1,1	3,2	7,0	15,6	21,9	26,0	13,6	8,9	5,3	3,4	3,4	2,1	109,3
		Aportación (m³/s)	0,5	0,4	1,2	2,6	5,8	9,0	9,6	5,2	3,3	2,0	2,0	1,3	0,8	3,4
		Q específico (l/s-km²)	0,5	0,4	1,2	2,6	5,8	9,1	9,7	5,2	3,3	2,0	2,0	1,3	0,8	3,5
		Aportación total (hm³)	1,2	1,1	3,1	6,9	15,5	21,7	25,8	13,4	8,8	5,3	3,4	3,4	2,1	108,2
894	Río San Miguel Verdolaga	Precipitación (mm)	15,9	52,8	76,8	93,8	103,4	105,8	84,4	37,3	25,5	5,7	10,5	9,3	621,3	
		ETP (mm)	155,7	164,5	152,1	151,7	141,4	125,6	132,8	119,8	106,9	100,5	100,5	121,3	144,4	1.616,7
		ETR (mm)	18,8	48,0	63,4	71,8	74,9	55,9	82,9	36,9	24,7	5,7	5,7	10,1	9,1	502,1
		Escorrentía (mm)	2,7	3,2	6,9	13,4	20,1	21,1	18,3	11,8	9,3	6,7	6,7	5,2	3,9	122,4
		Aportación (m³/s)	7,6	8,8	19,5	36,7	55,1	64,3	50,2	33,5	25,4	19,0	14,3	14,3	10,8	28,6
		Q específico (l/s-km²)	1,0	1,2	2,6	5,0	7,5	8,7	6,8	4,5	3,5	2,6	1,9	1,9	1,5	3,9
		Aportación total (hm³)	19,6	23,5	50,5	98,4	147,7	155,6	134,5	86,7	68,2	49,3	38,4	28,9	28,9	901,2



UH	Superficie cuencia (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
895	Laguna Piranas	Precipitación (mm)	34,0	77,9	106,8	130,9	151,9	162,1	136,3	63,4	44,8	10,1	24,2	24,2	966,4
		ETP (mm)	161,5	169,8	156,3	154,9	145,3	127,2	132,3	116,8	103,5	97,9	120,2	148,0	1.633,7
		ETR (mm)	38,4	73,6	87,8	101,3	104,8	73,1	115,5	99,0	48,2	19,2	24,1	24,1	809,1
		Escorrentía (mm)	4,1	4,0	7,7	14,1	23,7	28,4	30,7	18,8	14,7	10,7	8,2	6,1	171,2
		Aportación (m ³ /s)	2,4	2,2	4,5	7,9	13,3	17,6	17,3	10,9	8,3	6,2	4,6	3,4	8,2
		Q específico (l/s-km ²)	1,6	1,5	3,0	5,3	8,9	11,7	11,5	7,3	5,5	4,1	3,0	2,3	5,4
		Aportación total (hm ³)	6,1	6,0	11,7	21,2	35,7	42,7	46,2	28,3	22,2	16,0	12,3	9,1	257,6
896	Río San Fernando	Precipitación (mm)	31,6	86,9	117,3	151,9	163,3	160,8	145,2	69,1	45,1	14,0	22,3	19,3	1.026,8
		ETP (mm)	160,3	172,1	160,2	162,9	150,7	131,0	134,6	116,8	101,8	96,3	119,0	146,2	1.651,9
		ETR (mm)	35,2	81,3	94,8	111,6	106,5	74,6	117,0	102,8	50,6	14,4	20,0	20,9	829,7
		Escorrentía (mm)	1,7	3,0	10,2	24,2	40,7	36,1	40,9	18,0	12,0	7,3	4,8	3,0	201,9
		Aportación (m ³ /s)	3,8	6,7	23,1	53,1	89,1	87,5	89,5	40,8	26,3	16,4	10,6	6,7	37,6
		Q específico (l/s-km ²)	0,6	1,1	3,9	9,0	15,2	14,9	15,3	7,0	4,5	2,8	1,8	1,1	6,4
		Aportación total (hm ³)	9,8	17,8	59,8	142,1	238,6	211,7	239,7	105,8	70,5	42,6	28,3	17,9	1.184,7
897	Qda. Manechi	Precipitación (mm)	33,4	86,9	112,0	152,8	168,6	147,5	143,6	66,6	41,8	16,7	20,7	20,1	1.010,8
		ETP (mm)	165,0	174,9	160,5	159,1	150,6	130,5	133,7	116,0	101,3	96,8	120,1	150,0	1.658,5
		ETR (mm)	37,1	82,5	91,7	107,7	111,3	76,6	118,1	101,9	46,6	16,8	19,3	21,3	830,6
		Escorrentía (mm)	1,5	2,4	8,8	23,2	41,5	28,8	37,2	17,0	11,1	6,7	4,4	2,8	185,5
		Aportación (m ³ /s)	4,3	6,4	24,6	62,5	111,9	86,0	100,1	47,3	30,0	18,7	11,8	7,4	42,4
		Q específico (l/s-km ²)	0,6	0,9	3,4	8,7	15,5	11,9	13,9	6,6	4,2	2,6	1,6	1,0	5,9
		Aportación total (hm ³)	11,1	17,3	63,8	167,5	299,7	207,9	268,2	122,5	80,4	48,4	31,6	19,9	1.338,5
898	Río Curichi Grande	Precipitación (mm)	36,2	84,9	100,9	138,5	169,1	147,5	131,0	61,2	38,3	22,6	19,1	25,3	974,5
		ETP (mm)	173,0	173,9	155,0	147,7	142,3	125,3	132,5	118,2	107,3	104,0	128,5	159,8	1.667,5
		ETR (mm)	40,3	82,9	86,6	103,3	115,1	81,1	116,3	103,6	44,8	22,6	19,1	25,3	840,9
		Escorrentía (mm)	1,2	1,3	4,7	13,1	29,9	23,4	29,5	14,5	9,4	5,6	3,6	2,2	138,6
		Aportación (m ³ /s)	2,2	2,3	8,6	23,0	52,4	45,3	51,6	26,3	16,5	10,2	6,3	3,9	20,6
		Q específico (l/s-km ²)	0,5	0,5	1,8	4,9	11,2	9,7	11,0	5,6	3,5	2,2	1,3	0,8	4,4
		Aportación total (hm ³)	5,8	6,2	22,2	61,7	140,3	109,6	138,3	68,3	44,3	26,5	16,9	10,5	650,5



UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
899	Oda. Candelaria	13.412													
		Precipitación (mm)	47,5	95,4	115,5	165,2	182,9	153,1	144,9	73,7	48,2	30,5	28,5	33,5	1.119,0
		ETP (mm)	168,1	173,2	155,4	149,3	142,8	125,6	131,7	117,1	104,8	101,7	125,0	154,3	1.649,0
		ETR (mm)	49,6	83,3	90,0	103,5	104,9	74,4	115,5	91,7	47,9	29,9	28,3	33,0	851,9
		Escorrentía (mm)	2,1	7,3	17,4	45,0	65,5	43,7	49,2	16,8	11,2	6,8	4,6	3,1	272,6
		Aportación (m ³ /s)	10,6	36,4	90,0	225,5	327,9	242,5	246,3	86,8	56,2	35,3	22,9	15,5	115,9
		Q específico (l/s-km ²)	0,8	2,7	6,7	16,8	24,4	18,1	18,4	6,5	4,2	2,6	1,7	1,2	8,6
		Aportación total (hm ³)	27,5	97,4	233,3	603,9	878,2	586,5	659,8	225,1	150,6	91,6	61,2	41,5	3.656,5

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

CuadroA4.9. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Plata. Nivel 2.

UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
80	Lagunas Talzara	Precipitación (mm)	16,1	46,4	59,3	166,9	215,0	190,4	172,5	35,7	12,9	8,1	9,0	9,3	941,5
		ETP (mm)	129,5	152,1	150,0	152,0	141,0	122,1	117,6	99,5	88,0	78,5	87,4	109,0	1.426,7
		ETR (mm)	18,3	37,0	47,2	84,4	86,2	50,9	95,3	49,7	12,9	8,1	9,0	9,3	508,3
		Escorrentía (mm)	5,9	9,0	8,8	58,3	104,2	85,3	85,3	27,4	20,4	14,7	11,2	8,3	438,8
		Aportación (m ³ /s)	1,1	1,6	1,6	10,1	18,1	16,4	14,8	4,9	3,5	2,6	1,9	1,4	6,5
		Q específico (l/s-km ²)	2,3	3,3	3,4	21,8	38,9	35,3	31,8	10,6	7,6	5,7	4,2	3,1	13,9
85	Bermejo	Aportación total (hm ³)	2,8	4,2	4,1	27,1	48,4	39,7	39,7	12,8	9,5	6,8	5,2	3,9	204,0
		Precipitación (mm)	8,2	37,4	60,2	118,9	121,2	125,7	113,3	29,9	6,9	2,7	2,3	1,5	628,2
		ETP (mm)	136,7	158,9	156,1	159,6	154,9	132,0	125,0	98,0	83,5	78,7	90,1	115,3	1.488,8
		ETR (mm)	11,0	33,0	50,8	77,4	78,2	47,6	90,8	39,6	6,9	2,7	2,3	1,5	441,6
		Escorrentía (mm)	3,3	4,5	5,7	27,5	32,4	35,7	36,5	14,8	11,3	8,1	6,2	4,6	190,5
		Aportación (m ³ /s)	15,0	19,8	26,2	122,2	143,9	175,8	162,5	67,8	50,4	37,3	27,7	20,5	72,0
86	Pilcomayo	Q específico (l/s-km ²)	1,3	1,7	2,2	10,3	12,1	14,8	13,6	5,7	4,2	3,1	2,3	1,7	6,0
		Aportación total (hm ³)	38,8	53,2	68,0	327,4	385,5	425,3	435,1	175,7	135,0	96,8	74,1	54,9	2.269,8
		Precipitación (mm)	9,1	27,5	38,9	91,8	98,4	95,0	77,9	22,5	4,9	2,5	2,7	2,6	473,8
		ETP (mm)	142,9	164,5	163,6	163,5	153,3	125,9	130,4	116,7	110,1	91,4	102,7	125,4	1.590,4
		ETR (mm)	11,5	25,6	34,6	63,7	65,3	50,7	64,3	26,3	5,3	2,5	2,7	2,6	355,1
		Escorrentía (mm)	1,0	1,4	2,7	18,2	27,8	25,2	22,1	9,3	6,1	3,8	2,6	1,7	121,8
87	Alto Paraguay	Aportación (m ³ /s)	36,3	47,8	93,6	611,2	932,0	935,8	741,8	321,4	205,7	132,7	86,1	56,3	347,5
		Q específico (l/s-km ²)	0,4	0,5	1,0	6,8	10,4	10,4	8,2	3,6	2,3	1,5	1,0	0,6	3,9
		Aportación total (hm ³)	94,1	128,0	242,6	1637,1	2496,2	2263,9	1986,7	833,1	550,8	344,0	230,7	150,8	10.958,1
		Precipitación (mm)	27,82	69,82	104,12	143,99	132,53	129,70	118,15	58,93	38,14	16,68	21,65	17,23	878,8
		ETP (mm)	162,57	180,40	165,63	160,07	154,56	135,44	139,39	121,17	105,70	100,47	124,43	152,02	1.701,8
		ETR (mm)	32,02	64,72	85,09	96,29	99,33	63,07	105,30	84,13	38,82	16,68	21,47	17,15	724,1
	78.374	Escorrentía (mm)	3,1	3,8	8,4	23,8	25,7	24,3	26,0	14,3	11,2	8,1	6,2	4,6	159,5
		Aportación (m ³ /s)	93,22	110,04	254,62	697,45	751,84	786,06	759,78	432,60	328,55	244,90	182,21	135,87	396,5
		Q específico (l/s-km ²)	1,2	1,4	3,2	8,9	9,6	10,0	9,7	5,5	4,2	3,1	2,3	1,7	5,1
		Aportación total (hm ³)	241,64	294,73	659,97	1.868,06	2.013,72	1.901,63	2.034,99	1.121,31	879,98	634,77	488,03	363,91	12.502,7



UH	Superficie cuenca (km ²)	Variable	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
89	Curiche Grande	Precipitación (mm)	31,4	72,3	91,1	124,2	139,5	124,1	115,2	55,4	35,8	17,8	19,4	21,1	847,2
		ETP (mm)	136,9	142,7	129,7	126,7	120,3	104,3	109,2	96,9	86,7	82,3	101,4	125,4	1.362,5
		ETR (mm)	34,0	66,6	73,9	85,9	88,2	62,1	95,0	79,1	38,5	18,0	18,7	21,4	681,2
		Escorrentía (mm)	1,9	4,0	10,5	26,1	41,6	31,7	35,9	15,4	10,6	6,6	4,6	3,1	191,9
		Aportación (m ³ /s)	31,4	63,3	171,5	411,6	656,8	553,9	566,5	252,1	166,9	108,4	72,0	48,7	257,5
		Q específico (l/s-km ²)	0,7	1,5	4,1	9,7	15,5	13,1	13,4	6,0	3,9	2,6	1,7	1,2	6,1
		Aportación total (hm ³)	81,5	169,4	444,6	1.102,4	1.759,2	1.340,1	1.517,3	653,4	447,0	280,9	192,9	130,4	8.119,2

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.

CuadroA4.10. Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Plata. Nivel 1.

UH	Superficie cuenca (km ²)	VARIABLE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
8	Cuenca del Plata	Precipitación (mm)	19,9	51,4	72,9	117,9	119,7	114,5	101,2	42,0	22,6	10,4	12,5	11,2	696,2
		ETP (mm)	148,3	165,6	157,5	155,1	147,5	125,5	129,2	113,5	102,7	92,1	109,4	134,2	1.580,5
		ETR (mm)	22,9	47,6	60,7	80,1	82,3	57,1	86,0	57,4	23,5	10,4	12,3	11,2	551,6
		Escorrentía (mm)	2,1	2,9	6,4	22,2	30,1	26,8	27,0	12,5	9,1	6,1	4,4	3,2	152,7
		Aportación (m ³ /s)	177,0	242,5	547,5	1.852,6	2.502,7	2.468,0	2.245,3	1.078,8	755,1	525,9	370,0	262,8	1.079,8
		Q específico (l/s-km ²)	0,8	1,1	2,5	8,3	11,2	11,1	10,1	4,8	3,4	2,4	1,7	1,2	4,8
		Aportación total (hm ³)	458,8	649,5	1.419,2	4.962,0	6.703,1	5.970,6	6.013,8	2.796,3	2.022,3	1.363,2	991,0	703,8	34.053,8

Fuente: Elaboración INYPSA, 2012.



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE Y AGUA

¡La vida nos inspira!

Ministerio de Medio Ambiente y Agua
Calle Capitán Castrillo N° 434
(Entre 20 de Octubre y Héroes del Acre), Zona San Pedro
Teléfono : (591-2) 2115571 - 2115573 Fax: 2115582
La Paz - Bolivia
www.mmaya.gob.bo

Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego
Avenida 20 de Octubre N° 1636
(entre Santos Machicado y Otero de la Vega).
Edificio Mollinedo Piso 5, Zona San Pedro
Teléfonos: (591-2) 211 3239 - 2117391 Fax: 211 4484
La Paz - Bolivia
www.riegobolivia.org

Esta publicación se realizó con el apoyo de PROAGRO:

