



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

**METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE
RECARGA DE CUENCAS ALTIPLÁNICAS Y
PRECORDILLERANAS DE VERTIENTE PACÍFICA
EN EL NORTE DE CHILE, XV, I, II Y III REGIONES**

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

GCF INGENIEROS LIMITADA

S.I.T. N°221

Santiago, Diciembre de 2010

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES	3
3. MODELO CONCEPTUAL	15
3.1. Variables de Entrada Estudiadas	16
3.2. Enfoque Conceptual	17
3.3. Modelo regional	19
4. APLICACIÓN DEL MODELO	21
4.1. Selección de Cuencas	21
4.2. Intervenciones Hidrológicas en Cuencas.....	23
4.3. Análisis de Variables Hidrometeorológicas	24
4.3.1. Precipitaciones	24
<i>Relleno de Series de Precipitación.....</i>	29
<i>Resultado Relleno Multivariado.....</i>	38
<i>Precipitaciones Mensuales Promedio Adoptadas por Estaciones.....</i>	53
<i>Precipitaciones Mensuales Adoptadas por Cuencas.....</i>	56
<i>Criterio para Sectorización Espacial de Cuencas.....</i>	60
4.3.2. Caudales Superficiales.....	61
<i>Relleno de Series de Caudal</i>	64
<i>Resultados Relleno Multivariado</i>	66
<i>Caudales Medios Mensuales Promedio Adoptados por Estaciones y Cuencas.....</i>	82
4.3.3. Evaporación.....	84
<i>Evaporación Potencial Mensual Promedio Adoptada por Estaciones</i>	85
<i>Evaporación Potencial por Cuenca</i>	87
4.3.4. Temperatura y Línea de Nieves	87
<i>Temperatura Promedio Mensual por Estaciones.....</i>	88
<i>Línea de Nieves por Cuenca</i>	90
4.4. Análisis de Variables Hidrogeológicas	91
4.4.1. Geología y Geomorfología de Cuencas	91
4.4.2. Permeabilidades.....	94
5. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO.....	95
5.1. Aplicación del Modelo.....	95
<i>Aplicación de la metodología desarrollada</i>	99
5.2. VERIFICACIÓN DE RESULTADOS	103
5.2.1. Aplicación del Método a 11 Cuencas no Controladas.....	103
5.2.2. Verificación del Método con las 25 Cuencas Estudiadas	103
6. CONCLUSIONES	105

ANEXOS

ANEXO A (Digital)

ANEXO B: INTERVENCIONES EN CUENCAS

ANEXO C: ZONAS DE PERMEABILIDAD HOMOGÉNEA SEGÚN GEOLOGÍA

1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se propone una metodología para estimar recargas en cuencas altiplánicas y de precordillera de vertiente pacífica. El objetivo planteado consiste en la elaboración de un procedimiento de cálculo aplicable a escala regional a cualquier cuenca ubicada entre las regiones XV y III, sobre la cota 1500 m.s.n.m.

Se ha analizado críticamente los modelos conceptuales existentes y metodologías usadas para estimar recarga en el norte de Chile, buscando los aciertos y limitaciones a tener en cuenta en el desarrollo de la metodología.

El procedimiento que se describe consiste en un modelo conceptual para representar el mecanismo de recarga de aguas subterráneas en las cuencas de la zona de interés. A partir de este modelo conceptual, se ha desarrollado un modelo matemático para el cálculo de la recarga, con la intención de que fuese aplicable a distintas condiciones físicas de cuenca y a la mayor o menor disponibilidad de antecedentes en ella. El modelo incluye hipótesis simplificadoras, teniendo en cuenta la limitante de contar con sólo la información hidrológica e hidrogeológica más general.

El modelo se ha aplicado a nivel mensual en 25 cuencas bien distribuidas en la zona de estudio, con características diferentes y distintas superficies, cubriendo el espectro más amplio posible de los tipos de cuenca que se pueden encontrar en la zona norte de Chile.

Para cada cuenca analizada se han estudiado sus particularidades físicas, hidrológicas e hidrogeológicas, y cómo se enmarcan dichas particularidades dentro del modelo conceptual planteado. Además, se analiza cómo influyen las características específicas de cada cuenca en los resultados que entrega el modelo elaborado y la dispersión que éstas pudiesen originar en los resultados.

Con los datos generados por el modelo en las cuencas seleccionadas, se ha elaborado un análisis estadístico exhaustivo para estudiar la predictibilidad de los resultados que se han obtenido al aplicar la metodología. Lamentablemente no se ha encontrado una relación confiable entre las características de las cuencas y las recargas obtenidas, que indique que esta metodología pueda ser extrapolada de forma simple a cualquier cuenca dentro de la zona de estudio, por lo que no queda lo suficientemente clara la representatividad de las recargas así estimadas.

El desarrollo de este estudio ha permitido concluir que la estimación de recargas en cuencas con influencia altiplánica del norte de Chile no es simple; se destaca la necesidad de realizar estudios más detallados que tengan en cuenta la drástica variabilidad climática de la zona (en relación al análisis de variables hidrometeorológicas), así como las crecientes intervenciones antropogénicas sobre cada sistema hídrico.

RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

A continuación se describen las soluciones propuestas en distintos estudios para la estimación de recargas en cuencas altiplánicas del norte de Chile. Si bien el objetivo general de algunos de estos estudios puede ir más allá de la estimación de recargas, en esta sección sólo se pondrá atención a dicho proceso.

1.1. SIT DGA N°195. "Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, regiones XV, I, II Y III, etapa 2", informe final partes VIII, IX Y X, Noviembre 2009.

Este estudio, desarrollado por el DICTUC, incluye una completa recopilación de datos hidrológicos, además de rellenos y análisis de acuerdo a metodologías convencionales. Se utilizaron datos de lluvias de Argentina y Bolivia, además de los nacionales.

Se estudió acabadamente la correlación espacio temporal de las variables. Se presenta la variación de la precipitación media anual en las estaciones seleccionadas respecto de su latitud y altitud. Se indica que para las estaciones ubicadas bajo los 2.000 m.s.n.m. las precipitaciones aumentan de norte a sur. Esto se debe a que las lluvias en las Regiones XV, I y II son escasísimas, a diferencia de la III Región donde alcanzan valores que incluso pueden ser superiores a 50 mm.

Para las estaciones ubicadas entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m. las precipitaciones resultan prácticamente constantes para toda la zona en estudio. Sin embargo, se debe considerar que en la III Región se seleccionó solamente una estación sobre los 2.000 msnm. Se entiende de esta observación que la homogeneidad no es producto de un sistema de precipitaciones homogéneas, sino de la superposición de la influencia climática altiplánica con tormentas convectivas, y el sistema de lluvias frontales dominante en la costa: al norte, los sistemas frontales proporcionan muy poca lluvia, mientras que la influencia altiplánica es más fuerte; hacia el sur de la III Región los sistemas frontales presentan mayores precipitaciones anuales, pero la influencia del invierno altiplánico es más débil. Luego, en este rango de elevaciones existe una transición climática que da como resultado precipitaciones anuales que son, en promedio, homogéneas.

Para altitudes mayores a los 3.000 msnm se produce un cambio significativo de la precipitación en función de la latitud, siendo la precipitación caída en la XV y I Región muy superior a la caída en la II Región. Esto se debe a que la XV y I Región tienen una mayor influencia altiplánica.

Con relación al cálculo de recargas, se desarrolló un procedimiento sencillo basado en coeficientes de escorrentía e infiltración, el cual permite calcular la recarga promedio de largo plazo en función de las características de los suelos de la cuenca analizada.

La metodología desarrollada se aplicó en cuatro cuencas dentro de la zona de estudio: Cuenca del Salar del Huasco, Sector Pampa Colorada (el cual abarca los salares El Laco y Aguas Calientes 2, Laguna Tuyajto y Pampas Colorada, Las Tecas y Puntas Negras) y los salares de Maricunga y Pedernales en la III Región.

Resultados y Validación

Los resultados para las recargas fueron comparados con aquéllos obtenidos en otro estudio del DICTUC¹, de manera de poder calibrar los coeficientes de escorrentía y evaporación utilizados. La comparación muestra que son satisfactoriamente similares.

Dificultades o Limitaciones

Este estudio está enfocado principalmente a cuencas endorreicas, las cuales simplifican el balance por no poseer caudales de salida. El balance quedaría sobredeterminado si se quisiese aplicar a una cuenca con caudales efluentes.

Por otra parte, a pesar de que se realiza un análisis mensual, no se consideran las posibles retenciones intermensuales que pueden existir producto de la acumulación de nieve o acumulación en el subsuelo.

Contribución y Ventajas

El balance propuesto es simple, basándose en la estimación de pocos parámetros. Por esta razón, requiere pocas variables de entrada.

El análisis de precipitaciones entrega una perspectiva global del comportamiento espacial de las precipitaciones altiplánicas. Se destaca el relleno por correlaciones múltiples utilizando dos estaciones de condiciones similares en lugar de una, por ser más adecuado ante las condiciones meteorológicas particulares de la zona.

1.2. “The Development of Water Resources in Northern Chile”, JICA-DGA, PCI. Marzo 1995.

En este estudio se realiza un balance hídrico para cuatro cuencas de las regiones XV y I: las cuencas del río Lluta, del río San José, del Salar del Huasco y de la Pampa del Tamarugal. Se propone un balance hídrico simple, considerando pocas variables hidrometeorológicas, pero poniendo atención a las intervenciones que afectan a las cuencas de interés. De este modo, se hace una estimación de los bombeos, caudales de riego, demandas de agua potable y agua para uso industrial.

Los balances fueron realizados a nivel medio anual, por lo cual se trabajó con los promedios de los registros anuales de precipitación.

¹ “Estudio Hidrogeológico Conceptual y Numérico del Funcionamiento de la Cuenca del Salar de Coposa” (DICTUC, 2005)

La escorrentía superficial fue estimada utilizando los registros fluviométricos disponibles, así como relaciones de Precipitación-Escorrentía.

La recarga al acuífero en el valle del río Lluta fue calculada en función de la estimación efectuada en el valle de Azapa. Para este último se usó la siguiente expresión:

$$R=(Q_A-Q_C-Q_0)/(Q_A-Q_C)$$

Donde,

R=tasa de recarga en el valle de Azapa

Q_A =caudal promedio en el tramo comprendido entre Ausipar y la bocatoma del canal Azapa

Q_C =caudal captado por el canal Azapa

Q_0 =caudal superficial promedio de descarga al mar a través del río San José

El resultado fue de 76% y fue interpretado como que el 76% del agua superficial infiltra recargando al acuífero del valle de Azapa. La recarga se produce principalmente en el lecho del cauce.

Se supuso que las condiciones de recarga en el valle del río Lluta son semejantes a las del río San José, pero suponiendo que la porosidad efectiva en el acuífero del Lluta es un 70% de la del Azapa. Con ese factor, se calculó una tasa de recarga de $0.7 \cdot 76\% = 53\%$.

El caudal de recarga se estimó teniendo en cuenta que el tramo de lecho grueso del Lluta es de 17 km y el del río San José, de 22 km.

Luego, el caudal de recarga fue calculado como:

$$Q_R=(Q_T-C_R) \cdot 0.53 \cdot 17/22=572 \text{ l/s}$$

Donde,

Q_T =Caudal promedio en Tocontasi

C_R =consumo real en el valle

Como se puede apreciar en los párrafos y ecuaciones anteriores, los cálculos son muy gruesos. No se dispone de estadísticas de caudales superficiales confiables como para estimar los caudales reales de escorrentía superficial en las secciones de aguas arriba de ambos valles.

La relación de porosidades efectivas usada, es muy aproximada, puesto que no existen datos suficientes como para estimar la porosidad efectiva real promedio para ambos lechos.

En la relación de largos de infiltración no se consideraron los anchos de los cauces y su forma, la que es bastante irregular.

En resumen el cálculo realizado se basa en supuestos muy aproximados que están respaldados en una percepción cualitativa y en la experiencia del hidrólogo o hidrogeólogo, más que en datos reales.

Por lo tanto, el método expuesto es de un escaso aporte a los objetivos del presente trabajo. El cálculo efectuado sólo es posible tenerlo en cuenta como un orden de magnitud grueso.

Dificultades o Limitaciones

Las recargas son estimadas de forma indirecta, sin observarse una relación de causa con el resto de las variables involucradas en un balance hídrico. Esto se ve reflejado en que el balance considera como entrada la precipitación, y como salidas, prácticamente sólo componentes antrópicas, en desmedro de una buena estimación de evaporaciones, afloramientos, etc. Dichas variables pueden ser efectivamente menores en magnitud y aunque han sido despreciadas por ello y por simplicidad, en una cuenca sin explotación intensiva, las variables naturales sí son importantes.

Contribución y Ventajas

El estudio entrega un buen panorama del estado y del posible pronóstico de cuencas importantes en el ámbito de su explotación minera, agrícola, urbana o industrial. No obstante, en el contexto de lo que es relevante para el estudio de recargas en cuencas altiplánicas sin mucha intervención, su método no es aplicable.

1.3. “Definición de Estrategias de Manejo Sustentable Para el Acuífero de Azapa, XV Región”, SIT N° 201 DGA, Diciembre 2009.

En este estudio se presenta un análisis completo del comportamiento altiplánico de las precipitaciones y se propone una metodología estadísticamente adecuada para el relleno y extensión de las estadísticas mensuales y diarias de dicha variable.

El método estocástico multivariado utilizado, buscó reproducir el comportamiento de una variable aleatoria con una dependencia espacial y variación temporal, tal como lo es la precipitación. Toma como entrada muestras de dicha variable en distintos puntos del espacio, las cuales corresponden a las series de precipitación en distintas estaciones, y entrega, para cada estación, valores aleatorios de la variable que conservan, en promedio, la media, desviación estándar y correlación con otras estaciones pluviométricas.

En el caso del relleno de series de precipitaciones mensuales, el método incorpora la probabilidad condicional de una cierta precipitación que no se ha registrado, dadas las precipitaciones registradas en otras estaciones en el mismo período; es decir, se trabaja con la distribución de probabilidad conjunta de las variables no observadas, condicionadas a aquéllas observadas. Para rellenar las series de precipitaciones diarias desde las series mensuales ya completadas, se elaboró un modelo basado en las experiencias de Markov.

La escorrentía superficial se estimó a través de un modelo basado en hidrogramas de escorrentía para cada subcuenca de la zona de estudio y el posterior rastreo de tales caudales hasta su desembocadura en el mar. Los hidrogramas se estimaron a partir de un hidrograma unitario adimensional ponderado por valores de caudal peak y tiempo al peak únicos para cada subcuenca (además se definió un tiempo base en función del tiempo al peak), de manera que se ajustara a las características de la crecida del río San José del año 2001. De este modo, la forma del hidrograma se caracteriza por tener una curva de recesión larga y un tiempo al peak bastante menor que el tiempo base.

Una vez determinada la escorrentía superficial, Q_s , las recargas al acuífero se estimaron mediante un balance por zonas de la cuenca. Se utilizaron coeficientes de escorrentía distintos para cada zona, determinados a través de aproximaciones sucesivas, para ajustar el caudal de salida en Saucache al valor medio anual y así mantener el porcentaje medio de infiltración observado durante los aforos simultáneos en puntos de control.

Tras efectuar este balance, las recargas se incluyeron como entrada para un modelo hidrogeológico desarrollado en Modflow, el cual permitió corregir los valores de recarga, ajustándolos al funcionamiento observado del acuífero.

Resultados y Validación

La estimación de recargas a partir de la escorrentía superficial se utilizó como entrada en el modelo hidrogeológico, que permitió corregir satisfactoriamente el balance preliminar.

Dificultades o Limitaciones

La cuenca del río San José es muy grande, lo cual dificultó el análisis por tener que abarcar zonas de distintas condiciones climáticas, desde la alta cordillera hasta la costa donde las lluvias son casi insignificantes.

Del mismo modo, la geomorfología de la cuenca es también variada: mientras en la zona alta y lluviosa el suelo es rocoso y con un bajo potencial de infiltración, en las zonas media y baja hay extensas áreas de relleno sedimentario.

Al tener que subdividir la cuenca en zonas pequeñas para la estimación de recargas, se aumentó la cantidad de incógnitas (coeficiente de escorrentía, caudales y tiempos peak, factores de infiltración, etc.).

Contribución y Ventajas

El estudio generó una buena representación estadística de las precipitaciones altiplánicas, difíciles de modelar mediante métodos tradicionales, tanto a nivel mensual como diario.

Para el modelo que estima caudales superficiales se revisó varios métodos hasta encontrar el que entregó un mejor ajuste con los observados. Con ello, el modelo no es sólo numérico, sino que da cuenta de la importancia y la relación de causalidad entre las variables de entrada al modelo y los resultados obtenidos.

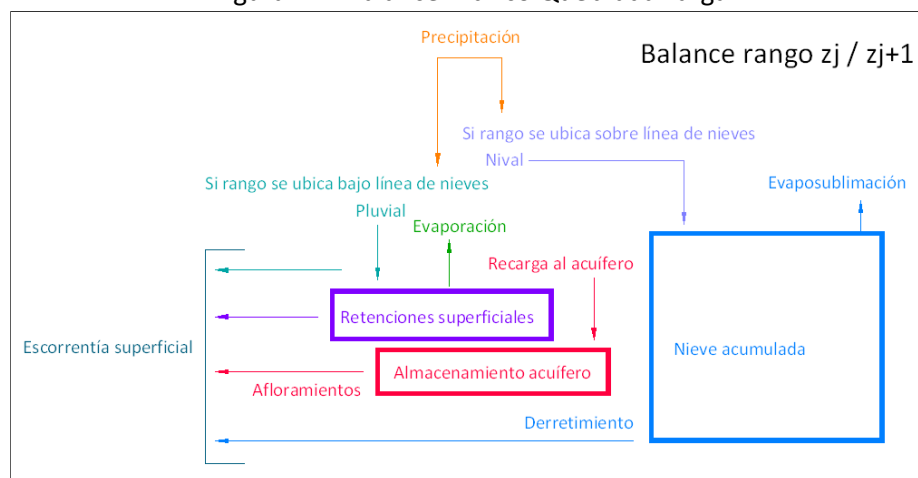
1.4. “Modelo Integrado Quebrada Larga. Modelos De Escorrentía Superficial Y Modelos De Flujo Subterráneo”, parte del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto El Morro, GCF Ingenieros para Minera El Morro, Agosto 2009.

En el análisis de precipitaciones de este estudio se usó información mensual de 30 estaciones ubicadas entre las cuencas de los ríos Copiapó y Elqui, con 20 o más años de información.

Con las lluvias mensuales promedio corregidas se calcularon relaciones precipitación elevación $P_k(z)$ para cada mes k . Dichas funciones se distribuyeron a lo largo de los días del mes, de acuerdo a la distribución diaria de la precipitación en una estación de referencia.

La conceptualización del modelo incluye una cuenca de cualquier superficie y morfología, que es dividida en rangos de elevación (en este caso cada 25 m), en que para cada uno de ellos se plantean ecuaciones de balance que permiten calcular la escorrentía superficial. En la Figura 2-1 se esquematizan las variables involucradas en el balance hídrico.

Figura 2-1: Balance Hídrico Quebrada Larga



Fuente: Modelo Integrado Quebrada Larga, GCF-El Morro, 2009.

Un aspecto relevante es la representación de las partes nival y pluvial dentro de la cuenca modelada, cuya delimitación que es la línea de nieves, es variable en cada día y cada rango de elevación, de modo de saber si cada segmento se encuentra en la zona pluvial o nival.

Resultados y Validación

El derretimiento de nieve, la evaporación, la evaposublimación, la evaporación desde la retención de agua en cada segmento, la retención pluvial, la retención nival inicial y saturada, y la capacidad de almacenamiento del acuífero en cada período, se modelaron haciéndolos depender de coeficientes que fueron calibrados al aplicar el modelo hasta río Tránsito hasta Angostura de Pinte, donde existe un buen control fluviométrico.

Los coeficientes calibrados se modificaron levemente al llevar el modelo a la subcuenca de Quebrada Larga, de modo de ajustar los resultados a un conjunto de aforos con que se contaba en el sector.

El ajuste obtenido de los caudales estimados con aquéllos observados en la cuenca del río Tránsito hasta Angostura de Pinte es bastante bueno, con un coeficiente de correlación del 91%. En la subcuenca de Quebrada Larga, este coeficiente entre los caudales simulados y aforados fue de un 83% y 95% en los dos puntos de aforo disponibles.

Dificultades o Limitaciones

El problema está muy sobredeterminado: el conjunto de coeficientes calibrado corresponde a una solución que entrega un buen ajuste de los caudales generados a aquéllos medidos. Sin embargo, puede haber muchas combinaciones de coeficientes que entreguen un ajuste parecido, por lo cual, el conocimiento de cómo se relacionan esas variables entre sí es fundamental para adoptar los valores definitivos de cada coeficiente.

Contribución y Ventajas

Las recargas al sistema subterráneo, así como todas las variables involucradas en el balance hídrico, quedan determinadas al realizar el balance para cada período de tiempo. Luego, el método entrega implícitamente valores para todas las variables de interés en cada período de tiempo, sin limitarse a la estimación aislada de recargas o escorrentía superficial.

Por otra parte, el método es aplicable a cuencas de cualquier tamaño con información. En cuencas pequeñas el balance es simple y generalmente los rangos de altura homogéneos. En cuencas grandes es posible subdividirla en subcuencas, aplicando el modelo en cada una de ellas, para luego agregar los resultados según corresponda, mediante un rastreo simple de la escorrentía superficial o sumando las recargas en distintas zonas.

El modelo propuesto es muy completo, en el sentido de que involucra a todas las variables relevantes que participan del balance hídrico de la cuenca.

1.5. “Hidrogeología sector Salar de Pajonales, II Región de Antofagasta”, GCF Ingenieros para Aguas Amarilla Ltda., Mayo 2003.

El enfoque de este estudio es que la recarga al acuífero proviene del agua de las precipitaciones y de deshielo, infiltrando a través de los sedimentos volcánicos y lavas fracturadas, fenómeno que ocurre anualmente. En la zona de estudio, el agua proveniente de las precipitaciones, que no se evapora, infiltra en su totalidad, lo que impide la escorrentía superficial, favoreciendo las condiciones de recarga. Con ello, cada evento de precipitación origina una recarga importante asimilable por el acuífero.

La estimación de la recarga se efectuó a nivel medio anual, con dos métodos de cálculo:

1) A partir del Balance Hídrico de Chile, según la aplicación realizada en el país por la Dirección General de Aguas (1987).

2) A partir de la generación de los procesos de escorrentía e infiltración para cada evento de lluvia, basado en el método de la Curva Número.

Para el primer método se utilizó estadísticas medias anuales mientras que el segundo se basó en el cálculo de recargas producto de una tormenta particular.

Base Conceptual del Método del Balance Hídrico

El planteamiento simplificado de la ecuación de balance en este método supone que las variaciones de almacenamiento en períodos largos no son significativas con relación a los otros términos y se pueden considerar nulas.

Para estimar la evapotranspiración real desde superficies naturales se utiliza la fórmula de Turc, que incluye los términos de precipitación y temperatura.

Para realizar el balance se estimaron perfiles de precipitación, temperatura y evaporación potencial en función de la elevación, a nivel medio anual.

Base Conceptual del Método de la Curva Número

El método de la Curva Número estima, en un evento de lluvias, la parte de la precipitación total, que se transforma en escorrentía directa. La relación entre ambas depende de la capacidad de retención máxima del suelo.

La recarga al agua subterránea está conformada por una porción pequeña de la retención inicial y por una porción mayor de la escorrentía directa. El agua de almacenamiento en el suelo se considera que satisface la evapotranspiración y parte de ella contribuye también a la percolación profunda.

Para estimar la proporción de la escorrentía y de las retenciones en el suelo que recargan las aguas subterráneas y que contribuyen al almacenamiento subterráneo se aplican ciertos coeficientes.

Resultados y Verificación

Mediante el balance hídrico se estimó una escorrentía total para la cuenca del Salar de Pajonales, a través del método del Balance Hídrico, de 1072 l/s, mientras que con el método de la Curva Número se obtuvo una recarga de 1102 l/s.

Se propuso además una estimación de la evaporación en la cuenca basada en estudios anteriores realizados principalmente en el Salar de Atacama u otros salares.

Los valores de recarga obtenidos con los dos métodos de cálculo indicados se verificaron contrastándolos con la evaporación desde el Salar de Pajonales mismo. Se observa una semejanza en los valores de recarga y evaporación desde el salar.

Dificultades o Limitaciones

El modelo es bastante grueso, tanto espacial como temporalmente, por lo cual sólo puede entregar valores aproximados de un promedio de largo plazo.

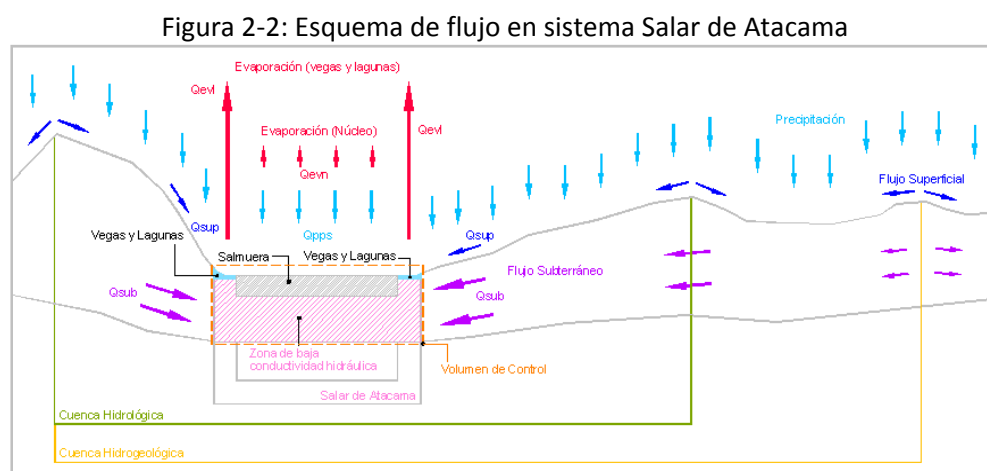
Por otra parte, el balance depende del supuesto de que toda la escorrentía superficial generada en la cuenca infiltra antes de llegar al salar, por lo cual la escorrentía es igual a la evaporación desde el salar, con lo que se concluye que esta metodología sólo es aplicable a cuencas endorreicas en equilibrio.

Contribución y Ventajas

La metodología es simple, intuitiva y fácil de aplicar. Requiere poca información de entrada y poco tiempo de desarrollo, por lo cual puede ser utilizada para verificar el orden de magnitud de otros modelos de mayor detalle.

1.6. Modelo de Flujo Subterráneo para Representar el Sistema Hidrogeológico de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo, GCF Ingenieros Consultores, Diciembre 2005.

El sistema Monturaqui-Negrillar-Tilopozo (MNT) corresponde a una subcuenca en la zona sureste de la cuenca del Salar de Atacama. El funcionamiento del sistema Salar de Atacama en estado de equilibrio, antes que comenzara la extracción de salmuera y de agua dulce en la cuenca, se describió en este estudio, de manera general, a través del esquema de la Figura 2-2.



Fuente: Modelo Hidrogeológico Monturaqui-Negrillar-Tilopozo, GCF, 2005.

La evaporación se evaluó en base al estudio realizado por Mardones², en el cual se sectoriza el salar según la geología de superficie de éste y la profundidad del nivel de agua o salmuera. La zonificación integró además, las medidas de evaporación, lo que le permitió establecer áreas a las que asoció tasas promedio de evaporación. La evaporación total promedio desde el Salar de Atacama sería de aproximadamente 5400 l/s.

En el análisis pluviométrico se correlacionó lluvias medidas en estaciones meteorológicas, generándose estadísticas de cubren entre agosto de 1974 y mayo de 2004. Con ello, se definió una función de la precipitación mensual con la altura para cada mes.

Se definió como caudal de recarga efectiva al sistema a la parte de la escorrentía total que llega al flujo subterráneo, tanto de agua dulce como de salmuera. Se supuso que la recarga efectiva se incorpora al sistema en la cuenca de aporte superficial, según la misma distribución de la precipitación generada para la lluvia en el salar, siendo directamente proporcional a la relación entre la evaporación total desde el salar y la precipitación total sobre el sistema, para mantener con ello la condición de equilibrio que existía antes del inicio de su explotación.

Resultados y Validación

En la Tabla 2-1 se presentan los resultados generales obtenidos.

Tabla 2-1: Resumen Balance Hídrico Cuenca Salar de Atacama

P (l/s)	ET (l/s)	Qs (l/s)	Qr (l/s)
11830 (104.9 mm)	10330 (91.6 mm)	0	1500

Si bien en la cuenca se observa una escorrentía superficial, la totalidad de ésta infiltra antes de llegar a la salida de la cuenca, por lo cual el caudal efluente es nulo.

No se proporciona una validación de los resultados a nivel del balance hídrico, sino que se verifica que los valores de recarga son coherentes posteriormente, al utilizarlos como entrada para un modelo subterráneo.

Dificultades o Limitaciones

El balance propuesto es muy simplificado, supone una distribución de las recargas a través de la cuenca que es directamente proporcional a la precipitación. Es decir, varía según la elevación, pero no de acuerdo a la permeabilidad del suelo, sus características geológicas o el potencial de almacenamiento del subsuelo.

Además, se basa en el hecho de que la totalidad de la escorrentía superficial infiltra antes de llegar a la salida de la cuenca, por lo cual no hay caudal de salida. Esto le resta una

² "El litio, un nuevo recurso para Chile", Capítulo 2.4 "Características geológicas e hidrogeológicas del Salar de Atacama", Leonardo Mardones P., 1986.

variable al balance, el cual quedaría sobredeterminado si se quisiera aplicar a cuencas con caudales superficiales de salida.

Contribución y Ventajas

Este modelo puede proporcionar una primera aproximación a la estimación de recargas en cuencas sin caudales de salida, particularmente cuencas endorreicas.

1.7. “Actualización de la Evaluación de la Disponibilidad de Recursos Hídricos para Constituir Derechos de Aprovechamiento en las Subcuencas Afluentes al Salar de Atacama. II Región.”, GCF Ingenieros para la DGA, Febrero 2010.

Se efectuó un estudio espacial de precipitaciones con un relleno estocástico multivariado utilizando los registros de 25 estaciones. Posteriormente, se construyeron relaciones de precipitación en función de la elevación.

Del mismo modo, se utilizaron las 6 estaciones meteorológicas más representativas del salar para construir curvas de evaporación en función de la elevación.

El balance se basa en el supuesto de que el nivel del salar se encuentra en equilibrio, por lo cual no hay una variación de almacenamiento subterráneo, y toda la escorrentía superficial eventualmente infiltra. Con esto, el balance se simplifica bastante.

Los cálculos se realizan a nivel mensual, discretizando espacialmente la zona de estudio en subcuencas.

Resultados y Validación

Hay un muy buen ajuste de los parámetros estadísticos de las series de precipitación rellenadas y las observadas (promedio, desviación estándar y probabilidad de no-lluvia).

Dificultades o Limitaciones

Como varios de los estudios revisados, esta metodología es sólo aplicable a cuencas endorreicas en equilibrio, puesto que agregar la variable del caudal superficial de salida, el problema queda sobredeterminado, siendo necesario realizar nuevos supuestos o modificando de alguna forma el método.

Contribución y Ventajas

El estudio actualiza la subdivisión espacial de la cuenca del salar de Atacama, así como el balance hídrico de la zona. Sin embargo, la metodología utilizada no es muy versátil, ya que debió ajustarse a condiciones hidrológicas muy particulares.

La Tabla 2-2, a continuación, muestra un resumen de esta revisión de antecedentes.

Tabla 2-2: Resumen Revisión de Antecedentes

Estudio	Cuenca	Área (km ²)	Elevación (msnm)	Enfoque Conceptual	Variables Involucradas	Estimación Precipitación	Discret. Temporal	Discret. Espacial	P (l/s)	Qs (l/s)	E (l/s)	Qr (l/s)	Validación Resultados	Dificultades o Limitaciones	Contribución y Ventajas
1. Levantamiento Hidrogeológico Zona Norte de Chile, DICTUC-DGA, 2009	Salar del Huasco	1471	3770 a 5000	Balance hídrico simple	requeridas: P	168 estaciones, relleno por correlaciones múltiples en función de 2 estaciones representativas	Mensual y Anual	Cuenca completa					Se comparan recargas obtenidas con aquellas entregadas por otro estudio del DICTUC, resultando ser similares	Enfocado a cuencas endorreicas, no considera Qs. No considera acumulaciones intermensuales. Resultado válido sólo como promedio de largo plazo.	El balance es simple e intuitivo. El estudio de precipitaciones es bastante riguroso y acertado al considerar correlaciones múltiples.
	Sector Pampa Colorada**	1754	3500 a 6500												
	Salar de Maricunga	2195	3738 a 6749									1449.6			
	Salar de Pedernales	3588	3282 a 6127						15142			1901.4			
2. Water Resources in Northern Chile, JICA-DGA, 1995	Río San José	3187	0 a 5000	Balance hidrológico simple	requeridas: P, Qs, Ex	Registros de precipitaciones anuales	Promedio Anual	Cuenca completa	Pe: 1101	149	Ex: 487	465	No se proporciona una validación de los resultados.	Recargas estimadas de forma indirecta, según balance promedio muy grueso. Se concentra en estimación de demandas.	Entrega una perspectiva del estado y pronóstico de cuatro cuencas particulares.
	Río Lluta	3378										572			
	Pampa del Tamarugal	18005								0*		1256			
	Salar del Huasco	1712								0*					
3. Manejo Acuífero de Azapa, AC-DGA, 2010	Río San José	3000	0 a 5000	Qs según HUS y rastreo de caudales. Recargas función de Qs, verificadas con modelo subte.	requeridas: P, E, Qs calculadas: Qs, Qr	34 estaciones, relleno estocástico mensual, relleno diario basado en experiencias de Markov	Diaria y Mensual	Desagregación Qs: 31 subcuencas; Qr: 13 zonas	5570	470	Pérdidas generales: 4200	900	Comparación de Qs estimados vs. obs. Resultado no muy satisfactorio. Buena verificación de Qr con modelo subterráneo.	Información fluviométrica muy deficiente como para verificar bondad de resultados	Buena representación estadística de P. Completa estimación de Qr al verificar con modelo subterráneo
4. Modelo Quebrada Larga, GCF-El Morro, 2009	Quebrada Larga (río Tránsito)	46.7 (río Tránsito 3028 km ²)	2000 a 6000	Balance complejo por rangos de altura dentro de cada cuenca	requeridas: P, E, T, Qs calculadas: ES, Ea, Ap, An, Aa, Qs, Qd, Qa, Qr	30 estaciones (>20 años de info), relleno estocástico multivariado a nivel mensual	Diaria	Rangos de elevación de 25m	pluvial: 1.7 nival: 205.3	47.2	25.6 ES: 125.7	8.4	Buena Correlación de caudales medios mensuales estimados vs. observados	Calibración de coefs: problema muy sobredeterminado. Requiere buen registro de Qs para calibrar	Modelo aplicable a cuenca grande o a cada subcuenca que se desee estudiar
5. Hidrogeología Salar de Pajonales, GCF-Aguas Amarilla Ltda, 2003	Salar de Pajonales	1966	3500 a 5300	Balance Hídrico DGA, Curva Número SCS	requeridas: P, ET calculadas: Qs, Qr	Registros de precipitaciones anuales	Anual	Cuenca completa	6384 (103 mm)	0*	ET: 5284	1100	Recarga estimada se aproxima a valores de evaporación desde salar en estudios anteriores	Modelo muy grueso (espacial y temporalmente)	Modelo simple y rápido de aplicar; requiere poca información de entrada
6. Modelo Hidrogeológico Monturaqui-Negrillar-Tilopozo, GCF, 2005	Sur-Este Salar de Atacama	3556.5	2182 promedio	Balance hídrico simple. Distribución de Qr(z) proporcional a P(z)	requeridas: P, E calculadas: Qr	5 estaciones, rellenas por correlaciones simples. Relaciones P(z)	Mensual	Rangos de elevación	11830	0	ET: 10330	1500	No se proporciona una validación de los resultados.	Balance muy simplificado. Distribución de Qr proporcional a P(z), independiente del tipo de suelo.	Puede proporcionar una primera aproximación a Qr (para cuencas con Qs=0)
7. Disponibilidad de Recursos Hídrico Salar de Atacama, GCF-DGA, 2010	Salar de Atacama	16626	2200 a 6100	Balance hídrico	requeridas: P, E	Relleno estocástico multivariado de P con registros de 25 estaciones. Relaciones P(z)	Mensual	Rangos de elevación y subcuencas		0*			Buen ajuste de estadísticos de P rellenas vs. observadas	Aplicable sólo a cuenca endorreica en equilibrio	Resultados se ajustan bien a condiciones hidrológicas muy particulares

P: Precipitación
Pe: Precipitación efectiva
E: Evaporación

ET: Evapotranspiración
ES: Evaporsublimación
Ea: Evap. desde almacenamiento

Ex: Extracciones varias
T: Temperatura
Ap: Almacenamiento pluvial

An: Almacenamiento nival
Aa: Almacenamiento en acuífero
Qd: Caudal de deshielo

Qs: Caudal superficial
Qa: Afloramiento desde acuífero
Qr: Recarga al acuífero

* Cuenca Endorreica
** Abarca salares El Lago y Aguas Calientes 2, Laguna Tuyaño y Pampas Colorada, Las Tecas y Puntas Negras

2. MODELO CONCEPTUAL

En una cuenca cualquiera de la zona de interés, las precipitaciones pueden producirse como lluvia o nieve. La lluvia genera escorrentía superficial y la nieve se acumula produciendo escorrentía superficial con el deshielo. Ciertos eventos de precipitaciones son breves y de cuantías reducidas; éstos pueden no ser capaces de generar escorrentía, evaporándose completamente. Otros en cambio, son tormentas intensas de corta duración que generan una escorrentía superficial que potencialmente puede generar un flujo de recarga.

La intensidad de los eventos de lluvia es determinante en los procesos de recarga; las lluvias de intensidad baja generalmente se evaporan antes de producir un flujo superficial o algún tipo de infiltración.

A nivel regional, con datos de precipitaciones representados a través de isoyetas promedio mensuales, los eventos y sus intensidades no quedan lo suficientemente explícitos, por lo tanto, la metodología a desarrollar debe tener en cuenta esta distorsión. El cálculo de lluvias efectivas acumuladas anuales, mensuales, incluso diarias, restando la evaporación potencial, puede resultar nulo. Sin embargo, una tormenta de horas puede superar el umbral de la evaporación potencial y generar escorrentía y recarga. Este aspecto es muy relevante al modelar recarga en zonas áridas y debiese ser especialmente analizado en el desarrollo de la metodología.

Un error recurrente en los modelos de flujo superficial es no limitar la capacidad de recepción de recarga de los acuíferos y manejarlos como elementos abstractos para reducir la escorrentía al ajustar datos simulados con datos medidos. La infiltración depende de las características de los suelos; si éstos son arcillosos, la recarga tiende a cero, mientras que si se trata de lechos gruesos, la infiltración es importante. Por otro lado, el relleno de una quebrada puede ser pequeño y estar completamente saturado; en ese caso, la infiltración también tiende a cero.

De lo anterior se deduce que no es posible modelar adecuadamente la escorrentía superficial y la recarga sin caracterizar el sistema acuífero asociado. Se debe tener en cuenta la capacidad de infiltración del medio, la capacidad de conducción del mismo y su volumen de almacenamiento disponible para admitir recarga.

Un análisis hidrogeológico en cuencas sin información puede resultar insuficiente, particularmente si no hay datos de permeabilidades, coeficientes de almacenamiento o geometría acuífera. En esos casos, la metodología incluirá hipótesis simplificadoras para caracterizar al acuífero en base a la información geológica de superficie y a la topografía.

2.1. Variables de Entrada Estudiadas

Se ha desarrollado una metodología general aplicable a cualquier cuenca, independientemente de la cantidad y calidad de la información que en ella se disponga. Para esto, se han establecido ciertos protocolos de cálculo para aquellos casos en que exista la posibilidad de refinar la estimación en función de una mayor disponibilidad de información.

Suelos

La infiltración de precipitaciones o de la escorrentía superficial depende del tipo de suelo. El mapa geológico nacional, ha permitido obtener una caracterización gruesa del tipo de suelo a nivel de cuenca; la geología de superficie permitió establecer una jerarquía de capacidades de infiltración, basada en una apreciación cualitativa de las unidades geológicas.

De este modo, en una cuenca dada, se ha ordenado de mayor a menor capacidad de recepción de recarga (o viceversa), las unidades geológicas de superficie que se obtienen al intersectar el contorno de la cuenca con el mapa geológico.

Lluvias

Para contar con estadísticas de precipitaciones lo más completas posible; se ha realizado un estudio de precipitaciones de todas las estaciones de la zona norte, a nivel de lluvias mensuales. Se determinó aplicar un modelo estocástico multivariado para rellenar dichas estadísticas, dadas las particulares características de las precipitaciones en la zona de estudio.

La precipitación nival ha debido ser considerada en la metodología, representando la línea de nieves e incorporando el retardo en los flujos superficiales debido a los procesos de acumulación, evaposublimación y deshielo.

La temporalidad del modelo influye directamente sobre los resultados, por lo tanto se ha creado un método que incorpora la variabilidad horaria o diaria, efectuando balances mensuales.

Evaporación

Los caudales de recarga dependen directamente de la evaporación real, puesto que lo que precipita y no se evapora está potencialmente disponible para infiltrar. En otras palabras, el agua que no se evapora durante un evento de precipitación, escurre superficialmente o se acumula en alguna depresión, ahí tiene la posibilidad de infiltrar, dependiendo de las características conductivas del suelo, originando la recarga efectiva de la cuenca.

Para ello fue necesario cuantificar de la manera más ajustada posible la evaporación real, en este caso, utilizando datos disponibles de evaporación potencial en la zona de estudio.

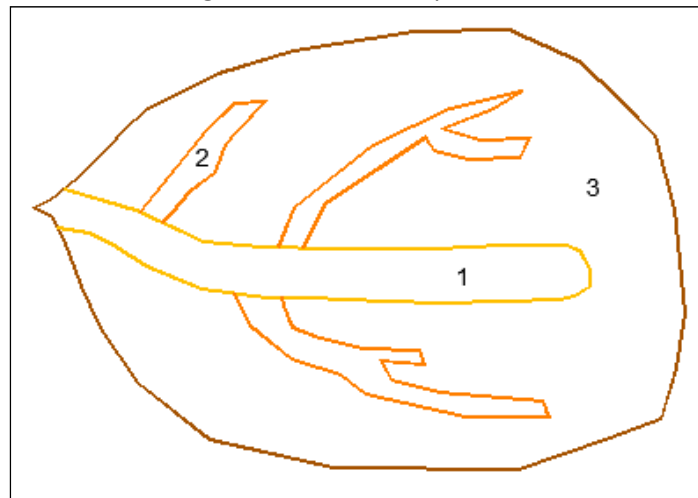
Caudales Superficiales

Se han estudiado los registros fluviométricos en las estaciones existentes en el área de interés; se analizó la extensión, consistencia y validez de los registros, para luego efectuar un análisis hidrológico del registro histórico de 50 estaciones de control fluviométrico.

2.2. Enfoque Conceptual

A continuación se describe el enfoque para abordar el problema de la estimación de recargas, usando como ejemplo una cuenca hipotética.

Figura 3-1: Cuenca Hipotética



El modelo incorpora una subdivisión geomorfológica de la superficie, incluyendo:

- Zona 1: cauces principales, con lechos predominantemente de relleno fluvial, aluvial o semejante.

- Zona 2: cauces secundarios, con lechos menos modelados producto de flujos reducidos o intermitentes y, por lo tanto, de un espesor de relleno menor que en la zona 1. Estos cauces secundarios son los que alimentan aquellos de la zona 1.

- Zona 3: zona de escurrimiento superficial no acumulado, por lo cual no presenta mayores depositaciones fluviales o aluviales. Es principalmente una zona rocosa cuyo escurrimiento alimenta los cauces secundarios de la zona 2.

De acuerdo a la geología de cada zona: 1, 2 y 3, se podrán jerarquizar sus permeabilidades. Del mismo modo, se tendrá una estimación de la evaporación potencial y porcentaje de la cuenca que abarca cada zona.

Ecuaciones de Balance

Las ecuaciones de balance para la cuenca son las siguientes, para las zona 3, 2 y 1, respectivamente:

$$\begin{aligned} P_3 &= E_3 + R_3 + Q_3 + \Delta S_3^a + \Delta S_3^n & E_3 &= C_3^E \cdot P_3 & R_3 &= C_3^R \cdot P_3 & Q_3 &= C_3^Q \cdot P_3 \\ P_2 + Q_3 &= E_2 + R_2 + Q_2 + \Delta S_2^a + \Delta S_2^n & E_2 &= C_2^E \cdot (P_2 + Q_3) & R_2 &= C_2^R \cdot (P_2 + Q_3) & Q_2 &= C_2^Q \cdot (P_2 + Q_3) \\ P_1 + Q_2 &= E_1 + R_1 + Q_1 + \Delta S_1^a + \Delta S_1^n & E_1 &= C_1^E \cdot (P_1 + Q_2) & R_1 &= C_1^R \cdot (P_1 + Q_2) & Q_1 &= C_1^Q \cdot (P_1 + Q_2) \end{aligned}$$

Donde:

P_i : Precipitación zona i

E_i : Evaporación zona i

R_i : Recarga zona i

Q_i : Escorrentía total zona i

ΔS_i^j : Almacenamiento zona i (j=a: acuífero; j=n: nival)

C_i^E : Coeficiente de evaporación zona i

C_i^R : Coeficiente de recarga zona i

C_i^Q : Coeficiente de escorrentía zona i

Simplificaciones

Los coeficientes de recarga se pueden hacer depender de la permeabilidad de cada zona, con lo cual se pueden reducir estos tres coeficientes a uno solo. Por otra parte, los coeficientes de evaporación se pueden hacer depender de la evaporación potencial de cada zona, y los coeficientes de escorrentía se pueden hacer depender de los coeficientes de evaporación y recarga. Con estas simplificaciones, nueve incógnitas quedan reducidas a sólo dos:

$$C_j^R = C^K \cdot k_j \quad C_j^E = C^E \cdot EP_j \quad C_j^Q = 1 - C_j^E - C_j^R$$

Donde:

k_i : Permeabilidad zona i

C^K : Coeficiente global de recarga

C^E : Coeficiente global de evaporación

C^Q : Coeficiente global de escorrentía

Además, se puede suponer que, en el largo plazo, en una situación de equilibrio, el flujo subterráneo, F, es la suma de las recargas por zonas, y que la variación del almacenamiento es nula:

$$F = R_1 + R_2 + R_3 \quad \Delta S_j^i = 0 \text{ (equilibrio largo plazo)}$$

2.3. Modelo regional

El modelo conceptual expuesto ha sido aplicado a un conjunto de cuencas seleccionadas, para luego poder analizar los parámetros obtenidos. Tras un análisis espacial de la variación de estos coeficientes se ha logrado generalizar la metodología según zonas geográficas homogéneas.

El objetivo del modelo regional o global es poder disponer de parámetros que se puedan usar como base para cálculos en las restantes cuencas de la zona de interés, sin tener que efectuar estimaciones detalladas. Esto permitirá tener valores de referencia u órdenes de magnitud para las variables hidrológicas e hidrogeológicas relevantes en las cuencas que no se consideraron en el presente trabajo.

3. APLICACIÓN DEL MODELO

3.1. Selección de Cuencas

Se ha seleccionado un total de 25 cuencas sobre las que se aplicará el método propuesto para evaluar las recargas subterráneas. Los factores más relevantes considerados en la selección de cuencas fueron los siguientes:

- En conjunto abarcan toda la zona de estudio (entre las Regiones XV y III, sobre los 1500 m.s.n.m.), variando en tamaño y geomorfología.

- Presentan una diversidad geológica que permite distinguir al menos dos zonas de distintas permeabilidades representativas, generalmente tres. De este modo, para cada cuenca se cuenta con características geológicas que permiten desagregar la superficie en las ya mencionadas zonas 1, 2 y 3 (o en su defecto, en 1 y 3), jerarquizando así las permeabilidades asociadas a cada zona.

- Cuentan con un control fluviométrico confiable en la salida de la cuenca, casi en todos los casos de más de 30 años de extensión. Sólo en casos excepcionales se tienen registros más reducidos. El propósito de contar con esta información es poder verificar que los resultados de escorrentía superficial obtenidos mediante el método propuesto sean similares a los caudales observados y, en caso contrario, poder corregir los resultados (de caudales y recargas) en base a la información registrada.

- Son, dentro de lo posible, cuencas poco intervenidas en cuanto a extracciones o descargas de aguas superficiales y subterráneas. Idealmente, se desea que la aplicación del modelo se desarrolle para cuencas en régimen natural; sin embargo, esto es prácticamente imposible de encontrar en la zona de estudio, por lo cual se debe conocer cuáles son las intervenciones relevantes, de forma de incorporarlas a los balances hídricos.

En la Tabla 4-1 a continuación se listan las cuencas seleccionadas. Es necesario notar que 5 de las 25 cuencas corresponden a subcuencas de alguna de las otras seleccionadas, y se encuentran en letra cursiva en la tabla.

En la Figura 4-1 se muestran las cuencas seleccionadas, pudiéndose apreciar la geomorfología de éstas y su distribución espacial dentro de la zona de estudio. Además se muestra la sectorización del área de estudio en cuatro zonas homogéneas, lo cual se explicará más adelante (ver punto *Criterio para Sectorización Espacial de Cuencas en Sección 3.3.1, Precipitaciones*).

Es necesario señalar que el criterio definitivamente adoptado para la sectorización de cuencas dentro del área de estudio, consideró la precipitación anual promedio sobre cada una de ellas y la cota de su centro de gravedad respecto al nivel medio del mar.

Figura 4-1: Cuencas seleccionadas y Geomorfología
(se adjunta Figura en tamaño completo)

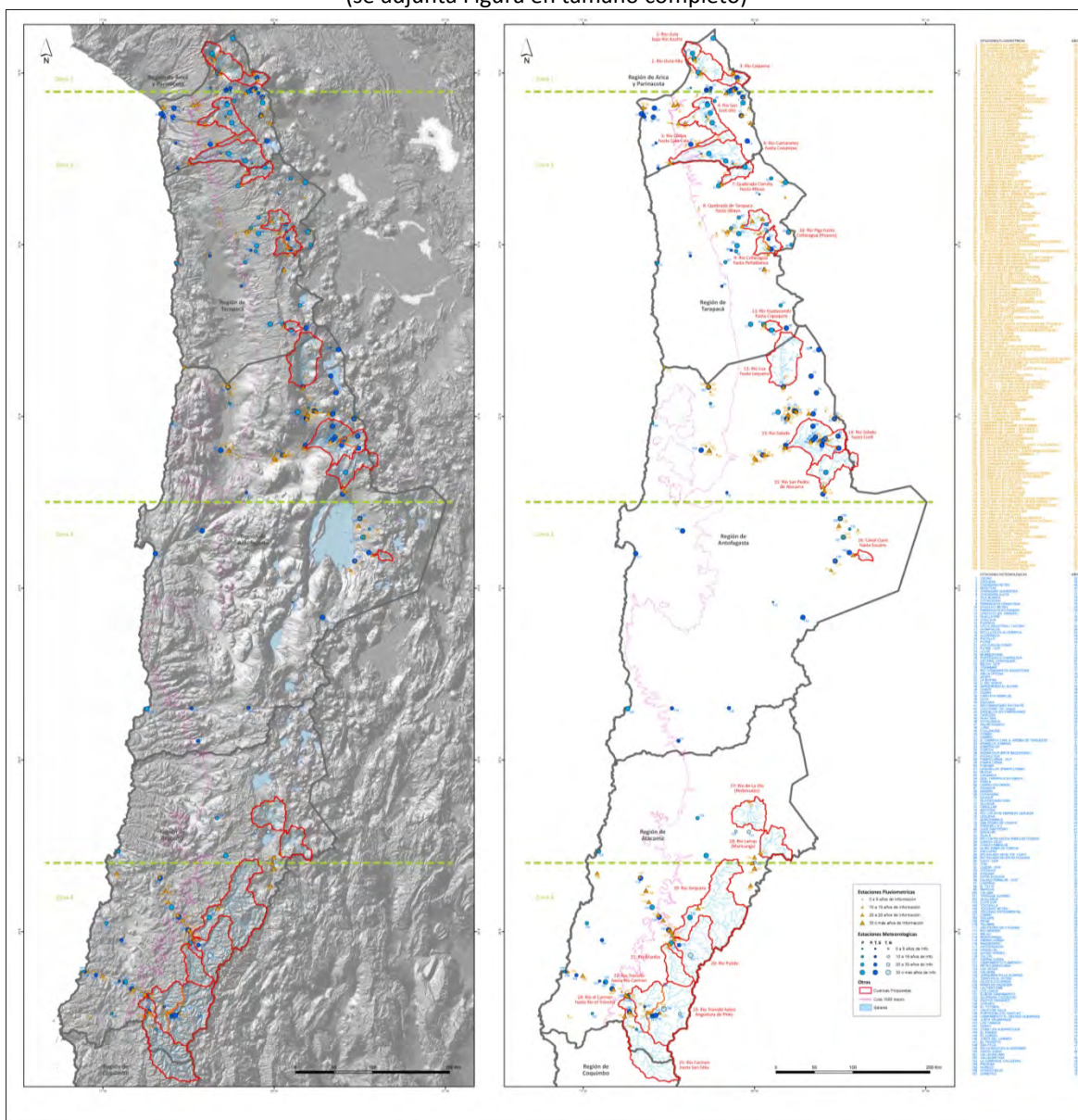


Tabla 4-1: Cuencas Seleccionadas

	Nombre	Área (Km ²)	Estación Fluviométrica	Nº en Figura
1	Río Lluta Alto	1328.4	Río Lluta en Alcerreca	23
2	<i>Río Lluta bajo Río Azufre</i>	383.6	<i>Río Caracarani en Humapalca</i>	24
3	Río Caquena	451.9	Río Caquena en Vertedero	2
4	Río San José alto	1358.4	Acueducto Azapa en Bocatoma	37
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	370.3	Río Codpa en Cala-Cala	41
6	Río Camarones hasta Conanoxa	2006.3	Río Camarones en Conanoxa	44
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	519.0	Quebrada Camiña en Altusa	47
8	Quebrada de Tarapacá hasta Sibaya	548.3	Q. Tarapaca en Sibaya	57
9	Río Collacagua hasta Peñablanca (Huasco)	722.0	Río Collacagua en Peñablanca	17
10	<i>Río Piga hasta Collacagua (Huasco)</i>	398.9	<i>Río Piga en Collacagua</i>	15
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	189.0	Río Huatacondo en Copaquire	112
12	Río Loa hasta Lequena	2056.0	Río Loa Antes Represa Lequena	61
13	Río Salado	2358.0	Río Salado A. J. Loa	86
14	<i>Río Salado hasta Curti</i>	549.1	<i>Río Salado A. J. Curti</i>	83
15	Río San Pedro de Atacama	1412.0	Río San Pedro en Cuchabrachi	125
16	Canal Cuno hasta Socaire	170.3	Canal Cuno en Socaire	118
17	Río de La Ola (Pedernales)	1224.8	Río La Ola en Vertedero	126
18	Río Lamas (Maricunga)	1067.6	Río Lamas en El Salto	131
19	Río Jorquera	4191.6	Río Jorquera en Vertedero	133
20	Río Pulido	2023.9	Río Pulido en Vertedero	134
21	Río Manflas	982.6	Río Manflas en Vertedero	135
22	Río Tránsito hasta Río Carmen	4104.7	Río Transito Antes Junta Río Carmen	156
23	<i>Río Transito hasta Angostura de Pinte</i>	2780.9	<i>Río Transito en Angostura Pinte</i>	153
24	Río el Carmen hasta Río el Tránsito	3038.6	Río Carmen en Ramadillas	160
25	<i>Río Carmen hasta San Félix</i>	2755.1	<i>Río Carmen en San Felix</i>	157

3.2. Intervenciones Hidrológicas en Cuencas

Se distinguen dos tipos de intervenciones de las cuencas en estudio. La primera corresponde a usos ancestrales del recurso hídrico para fines de riego y consumo humano en diversas comunidades. Esta intervención se efectúa desde mucho tiempo atrás, antes que se empezara a llevar un control fluviométrico en la zona, por lo cual se acepta que los registros de caudales en las estaciones están afectados de manera similar en toda su extensión. Por ello, se ha decidido considerarlas como parte de la “condición natural” de funcionamiento de las cuencas y no tomarlas en cuenta para los efectos de los balances.

El segundo tipo de intervención corresponde a usos de agua con fines principalmente industriales y mineros. Estos usos son más recientes que los anteriores y crean, en muchos casos, puntos de inflexión en las estadísticas fluviométricas. De no ser consideradas y corregidas, estas intervenciones pueden llevar a series de caudales inconsistentes en el tiempo. En consecuencia, se han tomado en cuenta para este estudio todas las intervenciones de esta naturaleza que se han identificado, las cuales se resumen en el Anexo B de este informe.

Como consecuencia de lo señalado, no se ha podido trabajar con series de caudales en régimen natural propiamente tal. No obstante, en la mayoría de las cuencas se ha logrado generar estadísticas de caudales relativamente homogéneas, las cuales han resultado satisfactoriamente consistentes.

3.3. Análisis de Variables Hidrometeorológicas

3.3.1. Precipitaciones

Dada la gran extensión de la zona de estudio, se presentan variaciones climáticas significativas de norte a sur.

Entre las Regiones XV y II se presenta un clima extremadamente árido en los sectores de la Cordillera de la Costa y el Valle Central, y un clima semiárido en el área precordillerana y cordillerana de Los Andes. Las lluvias más relevantes recién comienzan a partir de los 2000 m.s.n.m., aumentando con la altura hacia el oriente. Bajo esta cota, las precipitaciones son muy esporádicas y de baja magnitud.

Las precipitaciones están influidas por un sistema convectivo que genera lluvias estivales en el Altiplano. Estas tormentas son generalmente de corta duración y de poca extensión territorial. Si bien es común observar tormentas de baja intensidad, hay una ocurrencia ocasional de tormentas muy intensas. Las variaciones anuales de precipitaciones son grandes, presentándose series de años muy secos.

La influencia altiplánica es muy marcada al norte, debilitándose hacia el sur. En la Región III ya se observan precipitaciones orográficas, predominando las tormentas invernales generadas por sistemas frontales por sobre las tormentas estivales altiplánicas. Sin embargo, aún en estas latitudes el clima sigue siendo árido, con muy poca precipitación hacia la costa.

En la Tabla 4-2 se listan las estaciones existentes en las regiones XV a la III, mientras que en la Figura 4-2 se muestra su ubicación.

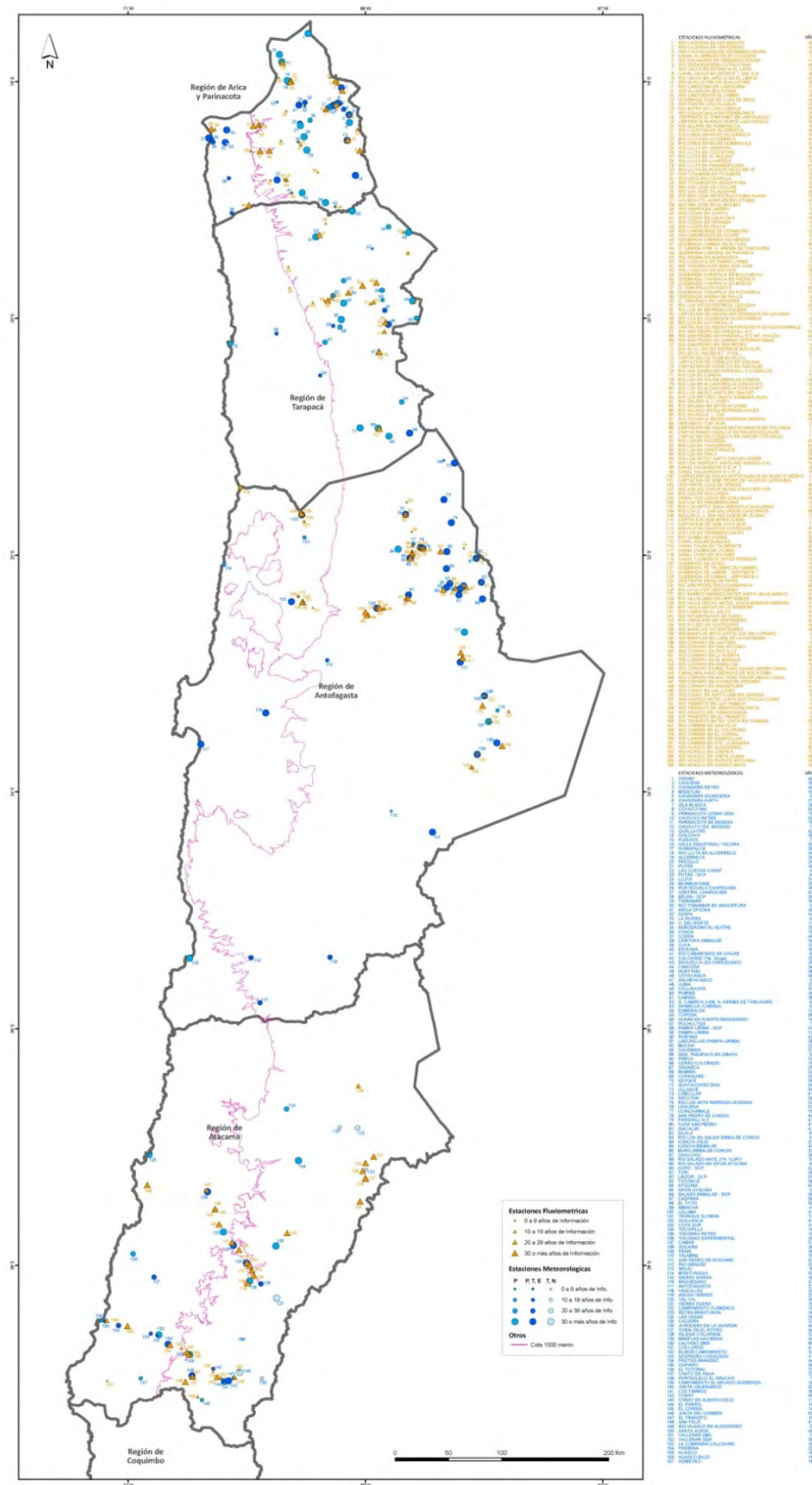
Tabla 4-2: Estaciones Meteorológicas Regiones XV a III

Nº	Código BNA	Estación	Elevación (msnm)	UTM E (m)	UTM N (m)
1	01000005-K	VISVIRI	4082	448744	8054532
2	01001005-5	CAQUENA	4419	478656	8003785
3	01010007-0	CHUNGARA RETEN	4567	485378	7978713
4	01010008-9	MISSITUNI	4770	485824	7971306
5	01010009-7	CHUNGARA GUARDERIA	4620	487667	7980251
6	01010010-0	CHUNGARA AJATA	4559	480616	7983749
7	01020013-K	ISLA BLANCA	4545	477350	7989216
8	01020014-8	COTACOTANI	4542	475382	7989459
9	01020015-6	PARINACOTA CONAF-DGA	4474	471624	7987487
10	01020016-4	CHUCUYO RETEN	4445	468748	7985823
11	01020017-2	PARINACOTA EX ENDESA	4510	471625	7987180
12	01020018-0	CHUCUYO (EX. ENDESA)	4418	466017	7985634
13	01021007-0	GUALLATIRE	4298	483666	7954647
14	01030003-7	CHILCAYA	4352	491100	7921950
15	01110001-5	PUQUIOS	3701	421322	7990299
16	01200002-2	(VILLA INDUSTRIAL) TACORA	4061	423205	8034873
17	01200003-0	HUMAPALCA	4003	425410	8027904
18	01201003-6	RIO LLUTA EN ALCERRECA	4111	538846	8009352
19	01201010-9	ALCERRECA	3912	430182	8010434
20	01202009-0	PACOLLO	4193	446149	7990138
21	01202010-4	PUTRE	3652	440751	7987664
22	01202011-2	LAS CUEVAS CONAF	4181	446042	7986419
23	01202012-0	PUTRE - DCP	3594	440896	7988125
24	01211006-5	LLUTA	326	376506	7963998
25	01300004-2	MURMUNTANE	3675	441683	7970762
26	01300005-0	PORTEZUELO CHAPIQUIÑA	4379	450745	7973523
27	01300006-9	CENTRAL CHAPIQUIÑA	3417	442101	7968520
28	01300007-7	BELEN - DCP	3379	445447	7958049
29	01300008-5	TIGNAMAR	3275	447886	7945423
30	01300009-3	RIO TIGNAMAR EN ANGOSTURA	3052	440301	7952900
31	01310018-7	ARICA OFICINA	29	360538	7956449
32	01310019-5	AZAPA	268	375379	7952340
33	01310020-9	LA RIVERA	318	377118	7950938
34	01310021-7	U. DEL NORTE	67	363417	7955824
35	01310022-5	AERODROMO EL BUITRE	116	364437	7952665
36	01410011-3	CHACA	409	378819	7919009
37	01410012-1	CODPA	2053	421622	7917546
38	01501001-0	CARITAYA EMBALSE	3648	464627	7896377
39	01502006-7	CUYA	248	381457	7886408
40	01502007-5	ESQUIÑA	2153	443902	7905516
41	01502008-3	RIO CAMARONES EN CHILPE	1834	434748	7905332
42	01041003-7	COLCHANE (Tte. Isluga)	3709	538062	7868524
43	01041004-5	ENQUELCA (EX CARAGUANO)	3901	520554	7873808
44	01042001-6	CANCOSA	3925	541707	7804456
45	01042002-4	HUAYTANI	3981	544924	7788402
46	01050007-9	COYACAGUA	4025	520130	7782608
47	01051003-1	SALAR HUASCO	3785	511892	7757931
48	01080001-3	UJINA	4275	538722	7680944
49	01080002-1	COLLAHUASI	4364	520585	7678240
50	01610003-K	PUMIRE	4292	488340	7888600
51	01611001-9	CAMIÑA	2664	456168	7864392
52	1610004-8	Q. CAMIÑA 3 KM. A. ARRIBA DE TARCAVIRE	3732	473198	7892764
53	01611002-7	APAMILCA (CAMIÑA)	2767	459374	7866274
54	01700008-K	ESMERALDA	1122	460226	7734864

Nº	Código BNA	Estación	Elevación (msnm)	UTM E (m)	UTM N (m)
55	01700009-8	COPOSA	3756	531847	7710041
56	01700010-1	HUARA EN FUERTE BAQUEDANO	1062	421635	7773836
57	01720004-6	PUCHULTIZA	4411	506066	7853378
58	01730015-6	PAMPA LIRIMA - DCP	4802	514870	7814459
59	01730016-4	PAMPA LIRIMA	4079	515241	7805390
60	01730017-2	POROMA	3077	480835	7802651
61	01730018-0	LAGUNILLAS (PAMPA LIRIMA)	4025	517064	7795860
62	01730019-9	MOCHA	2264	471401	7809524
63	01730020-2	CHUZMISA	3535	480783	7823553
64	01730007-5	QDA. TARAPACÁ EN SIBAYA	2983	484985	7812491
65	01740001-0	PARCA	2807	478731	7787125
66	01740002-9	CERRO COLORADO	2525	471737	7781275
67	01750002-3	SAGASCA	1836	464507	7765953
68	01750003-1	MAMIÑA	2777	477548	7780115
69	01770001-4	COPAQUIRE	3768	511206	7685535
70	01820001-5	IQUIQUE	176	381308	7764260
71	02113005-2	GUATACONDO DGA	2553	495262	7685876
72	02000001-5	OLLAGUE	3705	577892	7652920
73	02020001-4	CEBOLLAR	3725	568495	7618895
74	02020002-2	ASCOTAN	4076	574925	7597374
75	02101001-4	RIO LOA ANTE REPRESA LEQUENA	3325	534950	7605197
76	02101003-0	LEQUENA	3325	535065	7605259
77	02102005-2	QUINCHAMALE	3122	541690	7577571
78	02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	3289	547879	7574448
79	02103008-2	PARSHALL N 2	3357	549826	7573397
80	02103009-0	OJOS SAN PEDRO	3803	570954	7570241
81	02103010-4	INACALIRI	4112	596385	7563772
82	02103012-0	SILALA	4592	600236	7565285
83	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	3018	539132	7564018
84	02104007-K	CONCHI VIEJO	3469	528511	7572650
85	02104008-8	CONCHI EMBALSE	3000	538788	7564326
86	02104009-6	MURO EMBALSE CONCHI	3018	539132	7564141
87	02104010-K	CHIU-CHIU	2531	537415	7529707
88	02105001-6	RIO SALADO ANTE JTA. CURTI	3154	578012	7536045
89	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	3023	567504	7534956
90	02105014-8	CUPO - DCP	3354	570481	7554284
91	02105015-6	TURI	3083	573367	7540311
92	02105016-4	LINZOR - DCP	4152	600714	7541388
93	02105017-2	TOCONCE	3305	585178	7538221
94	02105018-0	AYQUINA	3033	570229	7536512
95	02105019-9	SIFON AYQUINA	2994	566991	7535635
96	02105020-2	SALADO EMBALSE - DCP	3243	582129	7535316
97	02105021-0	CASPANA	3360	581126	7529664
98	02105022-9	EL TATIO	4533	601585	7525730
99	02105031-8	AMINCHA	3855	568562	7655483
100	02110013-7	CALAMA	2323	509832	7517389
101	02111004-3	TRANQUE SLOMAN	1007	446897	7583594
102	02112008-1	QUILLAGUA	851	444557	7604648
103	02112009-K	COYA SUR	1251	435920	7523409
104	02210002-5	TOCOPILLA	118	377253	7557838
105	02500015-3	TOCONAO RETEN	2477	601376	7434668
106	02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	2507	602573	7435183
107	02500017-K	CAMAR	2772	605954	7411015
108	02500019-6	SOCAIRE	3285	613011	7391031
109	02500020-K	PEINE	2491	596045	7380388

Nº	Código BNA	Estación	Elevación (msnm)	UTM E (m)	UTM N (m)
110	02500021-8	TALABRE	3330	613727	7421415
111	02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	2436	582019	7466710
112	02510007-7	RIO GRANDE	3309	585709	7494705
113	02640001-5	IMILAC	2965	522066	7327668
114	02660001-4	MONTURAQUI	3432	557288	7307823
115	02700001-0	SIERRA GORDA	1630	466978	7468680
116	02710002-3	BAQUEDANO	1035	414151	7419265
117	02710003-1	ANTOFAGASTA	94	358510	7389614
118	02941001-1	VAQUILLAS	3238	469963	7191149
119	02942001-7	AGUAS VERDES	1580	403100	7190372
120	02943001-2	TAL-TAL	82	350934	7189371
121	02960001-5	SIERRA OVERA	1814	410954	7148340
122	03041009-2	CAMPAMENTO FLAMENCO	4042	500495	6992416
123	03041010-6	RETEN MARICUNGA	3753	493375	7031397
124	03210001-5	LAS VEGAS	2298	433776	7049008
125	03340001-2	CALDERA	30	319954	7004563
126	03404002-8	JORQUERA EN LA GUARDIA	2195	425650	6920649
127	03412001-3	TORIN EN EL POTRO	2732	426633	6871878
128	03414002-2	IGLESIA COLORADA	1595	413514	6885023
129	03421004-7	MANFLAS HACIENDA	1546	404247	6887568
130	03430006-2	LAUTARO EMB.	1151	401322	6904748
131	03430007-0	LOS LOROS	984	390492	6920905
132	03431004-1	ELIBOR CAMPAMENTO	807	382161	6933568
133	03440001-6	AZUFRERA CODOCEDO	4256	478470	7031964
134	03441001-1	PASTOS GRANDES	2417	444079	7000752
135	03450004-5	COPIAPO	391	368392	6971037
136	03604001-7	EL TOTORAL	184	307330	6912044
137	03701001-4	CANTO DE AGUA	332	325014	6890487
138	03800000-4	PORTEZUELO EL GAUCHO	3928	397842	6833284
139	03801001-8	CAMPAMENTO EL NEVADO QUEBRADA	3615	415059	6796395
140	03801002-6	JUNTA VALERIANOS	1922	396624	6802369
141	03802004-8	LOS TAMBOS	1710	384253	6793418
142	03802005-6	CONAY	1782	387629	6794190
143	03802006-4	CONAY EN ALBARICOQUE	1732	391773	6796784
144	03804005-7	EL PARRAL	1548	383223	6793623
145	03804006-5	EL CORRAL	2076	365971	6775857
146	03804007-3	JUNTA DEL CARMEN	914	355330	6818335
147	03806002-3	EL TRANSITO	1128	374948	6805357
148	03815004-9	SAN FELIX	1312	357552	6798721
149	03820001-1	RIO HUASCO EN ALGODONES	893	352856	6820890
150	03820004-6	SANTA JUANA	590	337537	6827706
151	03823002-6	VALLENAR DMC	530	328159	6835730
152	03823003-4	VALLENAR DGA	443	329859	6836587
153	03823004-2	LA COMPAÑIA (VALLENAR)	451	323158	6837596
154	03825004-3	FREIRINA	153	296367	6844797
155	03826002-2	HUASCO	73	282496	6849014
156	03826003-0	HUASCO BAJO	121	285283	6848450
157	03940001-4	DOMEYKO	824	315455	6795538

Figura 4-2: Estaciones Fluviométricas y Meteorológicas
(se adjunta Figura en tamaño completo)



Relleno de Series de Precipitación

La gran variabilidad que caracteriza a las precipitaciones en las regiones influenciadas por el invierno altiplánico, las hace difíciles de representar a través de métodos tradicionales. En primer lugar, la reducida extensión espacial de las lluvias hace que la relación entre los registros en distintas estaciones sea muy variable, ya que suele ocurrir que mientras una estación registra una cierta tormenta, otra estación relativamente cercana queda fuera de su radio de influencia. Además, la variabilidad interanual de las precipitaciones puede hacer que una misma estación tenga comportamientos aparentemente diferentes de un año a otro. Estadísticamente, se esperan correlaciones deficientes entre las precipitaciones registradas en distintas estaciones, así como bajas autocorrelaciones entre las lluvias registradas en una misma estación, para distintos períodos.

Este comportamiento de las series de precipitaciones con que se cuenta, dificulta la tarea de rellenar y extender registros, especialmente al considerar el uso de métodos tradicionales para hacerlo. Por lo tanto se ha decidido utilizar un enfoque distinto para estos efectos, el cual permitió representar el comportamiento general de las lluvias registradas en la zona de estudio, reproduciendo la aleatoriedad espacial de la ocurrencia de tormentas, aunque dentro del marco de las tendencias espaciales y estacionales que se observan.

Para ello se tomó en consideración simultáneamente la relación general entre todas las estaciones de la zona, de modo de evitar que las fluctuaciones puntuales y excepcionales de las lluvias registradas en una estación en particular afectasen excesivamente el comportamiento en otras estaciones.

De este modo, se ha elegido un método estocástico multivariado para el relleno y extensión de las series de precipitación registradas en la zona de estudio, ya que permite utilizar las matrices de covarianza de un grupo de estaciones pluviométricas para reproducir, con los valores generados, la estructura espacial observada, incorporando además variaciones aleatorias que inciden en la magnitud, instante de tiempo y lugar de ocurrencia de las lluvias modeladas.

En este caso se ha aplicado un modelo estocástico multivariado sencillo, que propone conservar la estructura espacial, la media y las desviaciones en magnitud que se observan en las precipitaciones de la zona, simulando valores que, dentro de ese marco, varíen aleatoriamente. Para respetar la estacionalidad de las lluvias, se desarrolló un modelo independiente para cada mes.

Idealmente, es deseable que en cada modelo mensual se considere el comportamiento conjunto de las series de precipitaciones de todas las estaciones seleccionadas para dicho mes; sin embargo, al realizar el análisis de esta forma se generan inconsistencias en las correlaciones entre estaciones. Como se podrá ver más adelante en las Figuras 4-3 a la Figura 4-15, es posible distinguir zonas climáticamente homogéneas dentro de las cuales

los registros de las distintas estaciones se correlacionan bien, mientras que sus correlaciones con estaciones fuera de estas zonas son deficientes.

Coincidentemente, en el estudio elaborado por DICTUC (2009, ver Análisis de Antecedentes), el norte de Chile es subdividido en cuatro zonas homogéneas que corresponden a las mismas que se desprenden al analizar las matrices de correlación. Las zonas homogéneas son las siguientes³:

Zona 1: Desde Visviri (1) a Tignamar (27) que corresponde a la zona donde las precipitaciones se concentran fundamentalmente en enero, pero con el mes de diciembre muy húmedo.

Zona 2: Desde Chilcaza (11) a Ascotán (53) que corresponde a la zona donde el mes de diciembre deja de ser húmedo y las precipitaciones se desplazan más hacia el mes de febrero.

Zona 3: Desde Quinchamale (56) a Socaire (83) corresponde a la zona donde el mes de diciembre pasa a ser seco (menos del 5% de las precipitaciones) y las precipitaciones se distribuyen entre enero, febrero y parte de marzo.

Zona 4: Desde Las Vegas (93) a Iglesia Colorada (96) donde el clima cambia completamente respecto a las zonas anteriores y las precipitaciones pasan a concentrarse en los meses de invierno de la zona central (Junio, Julio y Agosto).

Generación de Series Sintéticas

El modelo descrito a continuación permite modelar los valores de precipitación que podrían observarse en un año hipotético en todas las estaciones consideradas. Los valores generados para cada estación estarán condicionados a mantener una estrecha relación con la media, desviación estándar y probabilidad de no lluvia de sus respectivas estaciones (estadísticos obtenidos a partir de los registros históricos de dichas estaciones), y además se encontrarán correlacionados entre sí de acuerdo a las correlaciones históricas de la red de estaciones. Sin embargo, el modelo realmente utilizado en este estudio es uno basado en el ya mencionado, pero que no busca generar valores para años hipotéticos, sino que requiere rellenar vacíos en los registros de algunas estaciones, para años en que sí se tiene información en otras de ellas. En este sentido, el modelo de relleno además condiciona a los valores modelados a ubicarse dentro del contexto de un año particularmente seco o húmedo, si ese fuera el caso, lo cual se ha observado en las estaciones que poseen registros en ese año. Por simplicidad, se explica primero el modelo de generación sintética, para posteriormente llegar al modelo de relleno condicionado.

³ "Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, regiones XV, I, II Y III, etapa 2", informe final partes VIII, IX Y X; DGA, Noviembre 2009.

Al generar una serie sintética de precipitaciones, se está suponiendo que la lluvia en una cierta estación, en un mes particular, es independiente año a año, por lo cual el modelo entrega valores para años hipotéticos, factibles de ocurrir, donde en cada estación la precipitación está condicionada por la media, desviación estándar y correlación con otras estaciones que se ha observado en esa estación.

La ecuación utilizada para la generación de una serie sintética, Z_t' , es la siguiente:

$$Z_t' = \Sigma^{1/2} \cdot \varepsilon_t + M$$

Las series sintéticas que se generan, Z_t' , son vectores cuya dimensión es igual al número de estaciones, N, y representan la precipitación en cada una de ellas en el mes que se esté modelando, para un año hipotético cualquiera, t.

Σ es la matriz de covarianza de las estaciones en la zona de estudio y M es el vector de las medias asociadas a los registros de cada estación en el mes correspondiente. Dichos registros deben ser previamente ajustados a una distribución de probabilidad, para estandarizarlos y normalizarlos. En el caso de la zona de estudio es común encontrar años en que no se registra lluvia para varios meses. El modelo de generación será capaz de reproducir la probabilidad de no-lluvia característica de cada estación al ajustar las series a funciones de distribución de probabilidad truncadas por un valor P_0 , representativo de la probabilidad de no-lluvia.

La simulación depende de un pulso aleatorio, ε_t , vector de igual dimensión que Z_t' , que contiene números aleatorios que distribuyen $N(0,1)$. Luego, las precipitaciones simuladas para cada estación presentan la aleatoriedad propia de este fenómeno, manteniendo la estructura espacial de las lluvias originales, impuesta por la matriz de covarianza.

La matriz de covarianza se define como sigue:

$$\Sigma = E(Z_i \cdot Z_i^T) = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \dots & \sigma_{NN} \end{pmatrix}$$

Donde σ_{ij} es la covarianza entre Z_i y Z_j .

La matriz de covarianza se puede descomponer en función de la matriz de correlaciones cruzadas entre las muestras de las estaciones de la zona de estudio, R, y de la matriz diagonal de desviaciones estándar, D:

$$\Sigma = D \cdot R \cdot D = \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_N \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \dots & \rho_{1N} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \dots & \rho_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{N1} & \rho_{N2} & \dots & \rho_{NN} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_N \end{pmatrix}$$

En donde ρ_{ij} es el coeficiente de correlación entre Z_i y Z_j , y σ_i es la desviación estándar de Z_i .

Se puede apreciar la influencia directa que tiene la matriz de correlaciones sobre los valores de precipitación generados.

Para efectos de cálculo, una vez estimada la matriz de covarianza, Σ , es necesario obtener la matriz $\Sigma^{1/2}$. Esto se puede hacer mediante la descomposición de Cholesky:

$$\Sigma^{1/2} \cdot (\Sigma^{1/2})^T = \Sigma$$

Relleno Estocástico Multivariado

De forma análoga, este método ha permitido rellenar series existentes pero incompletas, con lo cual se ha condicionado las precipitaciones modeladas de forma que se ajusten a las características generales de cada período de tiempo. A modo de ejemplo, en cierto año puede existir una tendencia marcada que se refleja en todas las estaciones; por ejemplo, un año muy lluvioso influenciado por el fenómeno del Niño. Así, el relleno estocástico multivariado conserva la tendencia asociada a cada período a través de la correlación entre una estación con información faltante y otras que sí cuentan con registros.

Con este propósito se trabaja no sólo con la probabilidad de ocurrencia de distintas precipitaciones mensuales, sino que se incorpora la probabilidad condicional de una cierta precipitación que no se ha registrado, dadas las precipitaciones registradas en otras estaciones en el mismo período. La distribución de probabilidad conjunta de las variables no observadas, condicionadas a aquéllas observadas, está dada por:

$$\begin{bmatrix} Z_f \\ Z_m \end{bmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} M_f \\ M_m \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \Sigma_{ff} & \Sigma_{fm} \\ \Sigma_{mf} & \Sigma_{mm} \end{bmatrix} \right)$$

Donde Z_f corresponde al vector de de precipitaciones normalizadas estandarizadas para todas las estaciones con información faltante en un cierto período (es la variable que se genera a partir del modelo), Z_m es su equivalente para las precipitaciones medidas, M_f es el vector de las respectivas medias de las lluvias registradas en cada estación que tiene datos faltantes en el período que está siendo modelado y M_m es el equivalente para las estaciones con valores medidos en ese período. Las matrices de covarianza, Σ , según sus respectivos subíndices, se calculan entre las series que en el período de interés tienen datos faltantes, entre datos medidos, o entre datos medidos y faltantes.

La ecuación para obtener los valores faltantes es la siguiente:

$$Z_{f,t} = \Sigma_t^{1/2} \cdot \varepsilon_t + M_t$$

Donde Σ y M son, respectivamente, la varianza y media de la Normal multivariada correspondiente a la distribución de probabilidad conjunta de las variables faltantes, condicionadas a las medidas:

$$M = M_f + \Sigma_{fm} \cdot \Sigma_{mm}^{-1} \cdot (Z_m - M_m)$$

$$\Sigma = \Sigma_{ff} - \Sigma_{fm} \cdot \Sigma_{mm}^{-1} \cdot \Sigma_{mf}$$

Para la implementación del modelo, dada su complejidad, y puesto que se debió trabajar con muchas series de tiempo, se desarrolló una rutina en Matlab para la obtención de los resultados requeridos.

Ajuste de Series a Distribución de Probabilidad

Para trabajar con las series de precipitaciones normalizadas y estandarizadas se debe primero ajustar las series originales a una función de distribución de probabilidad. Dadas las variaciones espaciales y estacionales de las precipitaciones, se ha ajustado una distribución distinta a las series de cada mes en cada estación (las funciones pertenecen a una misma familia de distribuciones, pero tienen distintos parámetros de ajuste).

Se evaluaron los ajustes a las distribuciones Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson, Log-Pearson y Exponencial. Para verificar la bondad del ajuste, se calculó la probabilidad asociada a la ocurrencia de cada valor de la serie según la distribución ajustada, y se comparó con la observada, gráficamente. Adicionalmente se compararon los indicadores de ajuste R^2 y χ^2 .

Tanto las distribuciones logarítmicas como la exponencial proporcionaron buenos resultados, sin embargo, las logarítmicas tendieron a subestimar las lluvias de mayor magnitud, las cuales son de gran importancia para la zona de estudio. La distribución finalmente utilizada fue la exponencial.

Dado que en muchas de las estaciones de la zona de estudio las lluvias son poco frecuentes, para una mejor representación de la distribución de probabilidad observada se ha trabajado con una exponencial truncada por un valor P_0 , estimador de la probabilidad de no-lluvia en cada estación.

Luego, la función densidad de probabilidad (fdp) es:

$$\psi(x) = \begin{cases} P_0 & x = 0 \\ (1 - P_0) \cdot f(x) & x > 0 \end{cases}$$

Donde $f(x)$ es la fdp Exponencial:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda} \quad \text{para } x \geq 0$$

Función distribución acumulada (fda):

$$\Psi(x) = \begin{cases} P_0 & x = 0 \\ P_0 + (1 - P_0) \cdot F(x) & x > 0 \end{cases}$$

Donde $F(x)$ es la fda Exponencial:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad \text{para } x \geq 0$$

La función distribución acumulada representa la probabilidad de no-excedencia de x . El parámetro λ se ha estimado como $\lambda=1/\mu$, donde μ es la media de la respectiva serie de precipitación.

Normalización y Estandarización

Al normalizar, se ha impuesto que cada valor de la variable normalizada estandarizada (z_t) esté asociado a la misma probabilidad de no-excedencia que su valor equivalente de la serie original (x_t):

$$\Psi(x_t) = \Phi(z_t) \quad \forall t$$

Donde, x_t : valor de la variable original en el período t

z_t : valor de la variable normalizada estandarizada en el período t

Ψ : función de densidad de probabilidad acumulada ajustada a la serie original. En este caso, una distribución exponencial truncada.

Φ : función de densidad de probabilidad acumulada Normal estandarizada

De esta forma, la normalización se ha realizado calculando los valores z_t mediante la siguiente expresión:

$$z_t = \Phi^{-1}(\Psi(x_t))$$

Al finalizar el relleno multivariado de precipitaciones, se transformaron de forma inversa las variables normalizadas estandarizadas sintéticas (z'_t) para que volvieran a distribuir como las series originales (de acuerdo a la distribución ajustada). La transformación inversa a la normalización necesaria para obtener las variables sintéticas (x'_t) es la siguiente:

$$x'_t = \Psi^{-1}(\Phi(z'_t))$$

Para este caso, se tiene:

$$\Psi(x > 0) = P_0 + (1 - P_0) \cdot F(x)$$

$$\frac{\Psi(x) - P_0}{1 - P_0} = F(x) \quad / F^{-1}(\cdot)$$

$$F^{-1}\left(\frac{\Psi(x) - P_0}{1 - P_0}\right) = x \quad \text{si } x > 0 \Leftrightarrow \Psi(x) > P_0$$

Luego, al imponer $\Psi(x_t') = \Phi(z_t')$,

$$x_t' = F^{-1}\left(\frac{\Phi(z_t') - P_0}{1 - P_0}\right) \quad \text{si } \Phi(z_t') > P_0$$

Además,

$$\Psi(x=0) = P_0 \quad / \Psi^{-1}(\cdot)$$

$$0 = \Psi^{-1}(P_0)$$

Es decir,

$$x_t' = 0 \quad \text{si } \Phi(z_t') = P_0$$

Por otra parte, se cumple que, para cualquier $x_t \leq x^*$, $\Psi(x_t) \leq \Psi(x^*)$, ya que se trata de una probabilidad de no-excedencia. En este caso, se tiene que $x_t \geq 0 \forall t$, dado que x representa precipitación. Luego, $\Psi(x_t) \geq P_0, \forall t$.

Esto significa que existe z^* tal que $\Phi(z_t) \geq \Phi(z^*) = P_0, \forall t$, y que además, $z_t \geq z^*, \forall t$. Esto efectivamente se cumple en las series de z_t calculadas al normalizar las series originales, pero no así en las series simuladas.

Luego, al invertir la normalización se debe imponer: $x_t = 0$ si $\Phi(z_t) \geq \Phi(z^*) = P_0$.

En resumen:

$$x_t' = \Psi^{-1}(\Phi(z_t')) = \begin{cases} 0 & \Phi(z_t') \leq P_0 \\ F^{-1}\left(\frac{\Phi(z_t') - P_0}{1 - P_0}\right) & \Phi(z_t') > P_0 \end{cases}$$

Matriz de Correlación

Se ha mencionado que el relleno multivariado depende directamente de la estructura espacial de las precipitaciones de una zona, representada por la matriz de correlación entre las series registradas en las distintas estaciones de la red de monitoreo que abarca la zona. Sin embargo, las matrices de correlación calculadas directamente a partir de las muestras registradas pueden no ser consistentes, es decir, pueden tener valores propios negativos, por lo cual resultan en una matriz de covarianza inconsistente. Se requiere que Σ sea positivo definida para que la ecuación para Z_t' tenga solución.

Se han evaluado varias alternativas para corregir las matrices de correlación calculadas; la idea es modificar levemente algunos o todos los coeficientes de la matriz de correlación

mediante algún criterio particular, de modo que ésta se vuelva positivo definida. No existe un procedimiento matemático o estadístico determinado que proporcione una transformación que asegure que la matriz modificada sea positivo definida; en la literatura se proponen métodos más bien arbitrarios para modificar las matrices, pero incluso éstos son aplicables sólo en algunos casos y tampoco aseguran buenos resultados.

El principal problema con las matrices de correlación radica en el hecho de que las series de precipitación que están siendo correlacionadas no son de igual extensión y además tienen vacíos. Más aún, hay algunos pares de estaciones que no tienen años en común con registros, y hay estaciones que, teniendo pocos años de información, registran sólo años sin lluvia, lo cual no es representativo de la realidad; y además en estos casos el coeficiente de correlación se indefine. El primer paso en la corrección de las matrices fue remover de cada modelo mensual las estaciones que generaban coeficientes indefinidos.

Luego, se buscó generar una matriz lo más parecida posible a la matriz de correlación empírica, pero a partir de series del mismo largo y sin vacíos, de manera de propiciar el que fuese positivo definida. Con este propósito, se rellenaron todos los valores faltantes de las series de lluvia con el promedio medido en cada estación, y con las nuevas series completas se generó una matriz de correlación auxiliar. Las matrices auxiliares para todos los meses fueron positivo definidas. A continuación se tomó, para cada mes, la matriz de correlación empírica y se fue modificando sutilmente de manera que se fuese aproximando a la matriz auxiliar, hasta que se volviera positivo definida.

Esta modificación de la matriz se formuló a partir de un algoritmo que busca, dentro de todos los coeficientes de correlación de la matriz empírica, el que se diferencia más de su equivalente en la matriz auxiliar, y le suma o le resta una pequeña fracción de dicha diferencia, de forma que los coeficientes corregidos se vayan acercando a los de la matriz auxiliar. En cada iteración se verificó si la nueva matriz era positivo definida; el algoritmo se detiene al cumplirse este requisito.

Al ser las matrices auxiliares positivo definidas, el método asegura que la matriz empírica puede también llegar a serlo a través de este algoritmo; sin embargo, existe el riesgo de que la matriz corregida final sea demasiado distinta de la empírica. Por este motivo se realizó, posterior a la corrección, una evaluación estadística de la variación de la matriz corregida respecto de la empírica. Específicamente, se calculó para cada coeficiente de correlación corregido un intervalo de confianza del 95%, y se verificó el porcentaje de coeficientes empíricos que caían dentro de estos respectivos intervalos. Los resultados para todas las matrices fueron satisfactorios.

Estaciones seleccionadas

Del total de estaciones pluviométricas disponibles se han seleccionado aquellas que cuentan con más de 10 años de registro y que proporcionan un coeficiente de correlación con otras estaciones (aquellos registros con sólo valores nulos tienen una desviación

estándar igual a cero, por lo cual se indefinire el coeficiente de correlación con cualquier otra estación).

Al evaluar la información disponible en cada estación se debe considerar que el relleno se realiza mensualmente, por lo cual se requieren al menos 10 años de registro para los valores mensuales de cada mes del año, en un período común de modelación. En este caso, se ha elegido el período entre 1970 y 2009, con lo cual se obtienen 40 años de estadísticas pluviométricas mensuales completas. El período anterior a 1970 tiene registro para algunas pocas estaciones, pero no sin haber suficientes estaciones como para poder ser correlacionadas entre sí.

En la siguiente Tabla 4-3 se resumen las estaciones seleccionadas.

Tabla 4-3: Estaciones Meteorológicas Seleccionadas

	Nº en Figura	Nombre	Años		Nº en Figura	Nombre	Años		Nº en Figura	Nombre	Años
1	1	Visviri	40	35	65	Parca	32	69	106	Toconao Experimental	32
2	16	Villa Industrial (Tacora)	34	36	46	Coyacagua	40	70	105	Toconao Reten	17
3	17	Humapalca	38	37	66	Cerro Colorado	17	71	110	Talabre	14
4	19	Alcerreca	40	38	68	Mamiña	24	72	107	Camar	32
5	2	Caquena	36	39	70	Iquique	26	73	108	Socaire	34
6	20	Pacollo	20	40	55	Coposa	15	74	109	Peine	36
7	8	Cotacotani	39	41	71	Guatacondo DGA	33	75	119	Aguas Verdes	23
8	7	Isla Blanca	20	42	69	Copaquire	29	76	120	Tal-Tal	29
9	21	Putre	39	43	48	Ujina	28	77	124	Las Vegas	26
10	9	Parinacota Conaf DGA	13	44	49	Collahuasi	19	78	125	Caldera	18
11	11	Parinacota Ex Endesa	26	45	72	Ollague	23	79	134	Pastos Grandes	40
12	10	Chucuyo Reten	37	46	73	Cebollar	26	80	135	Copiapó	39
13	6	Chungará Ajata	27	47	76	Lequena	37	81	132	Elibor Campamento	33
14	3	Chungará Reten	35	48	74	Ascotan	32	82	131	Los Loros	38
15	25	Murmuntane	10	49	77	Quinchamale	15	83	126	Jorquera en La Guardia	41
16	27	Central Chapiquiña	40	50	78	San Pedro De Conchi	22	84	136	El Totoral	23
17	28	Belén	38	51	79	Parshall N 2	41	85	130	Lautaro Embalse	41
18	31	Arica Oficina	36	52	84	Conchi Viejo	33	86	137	Canto De Agua	21
19	13	Guallatire	39	53	80	Ojos San Pedro	35	87	129	Manflas Hacienda	40
20	35	El Buitre Aeródromo	25	54	85	Conchi Embalse	36	88	128	Iglesia Colorada	22
21	29	Tignamar	36	55	86	Conchi Muro Embalse	13	89	155	Huasco	17
22	14	Chilcaya	27	56	81	Inacaliri	41	90	156	Huasco Bajo	18
23	37	Codpa	41	57	90	Cupo	32	91	154	Freirina	21
24	40	Esquiña	35	58	92	Linzor	34	92	153	La Compañía (Vallenar)	17
25	50	Pumire	21	59	91	Turi	13	93	152	Vallenar DGA	38
26	43	Enquelca (Ex Caraguano)	22	60	93	Toconce	38	94	150	Santa Juana	40
27	42	Colchane (T. Isluga)	33	61	94	Ayquina	39	95	146	Junta Del Carmen	41
28	51	Camiña	32	62	96	Salado Embalse	33	96	147	El Transito	18
29	63	Chuzmiza	22	63	87	Chiu-Chiu	36	97	148	San Felix	40
30	62	Mocha	20	64	97	Caspana	38	98	157	Domeyko	16
31	44	Cancosa	32	65	98	El Tatio	31	99	142	Conay	40
32	60	Poroma	34	66	100	Calama	36	100	144	El Parral	17
33	61	Lagunillas (Pampa Lirima)	26	67	112	Río Grande	34	101	141	Los Tambos	20
34	45	Huaytani	25	68	111	San Pedro de Atacama	20	102	145	El Corral	15

Resultado Relleno Multivariado

A continuación se presentan las matrices de correlación obtenidas para cada mes, así como para el caso anual, en las cuales las estaciones se encuentran ordenadas de norte a sur, de arriba hacia abajo (y de izquierda a derecha).

Se muestran posteriormente las correlaciones de los estadísticos más relevantes, representativos de las series de precipitaciones originales y las rellenadas mediante el método descrito.

Figura 4-3: Matriz de Correlaciones Pm - Enero

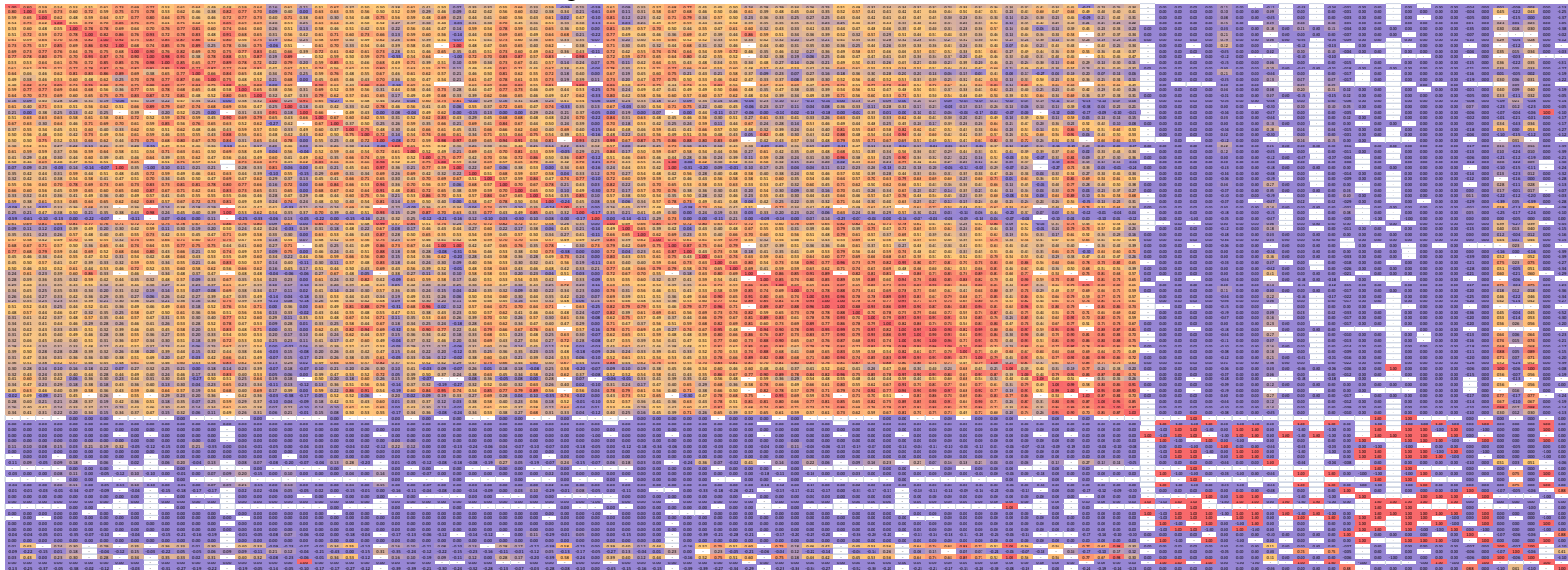


Figura 4-4: Matriz de Correlaciones Pm - Febrero

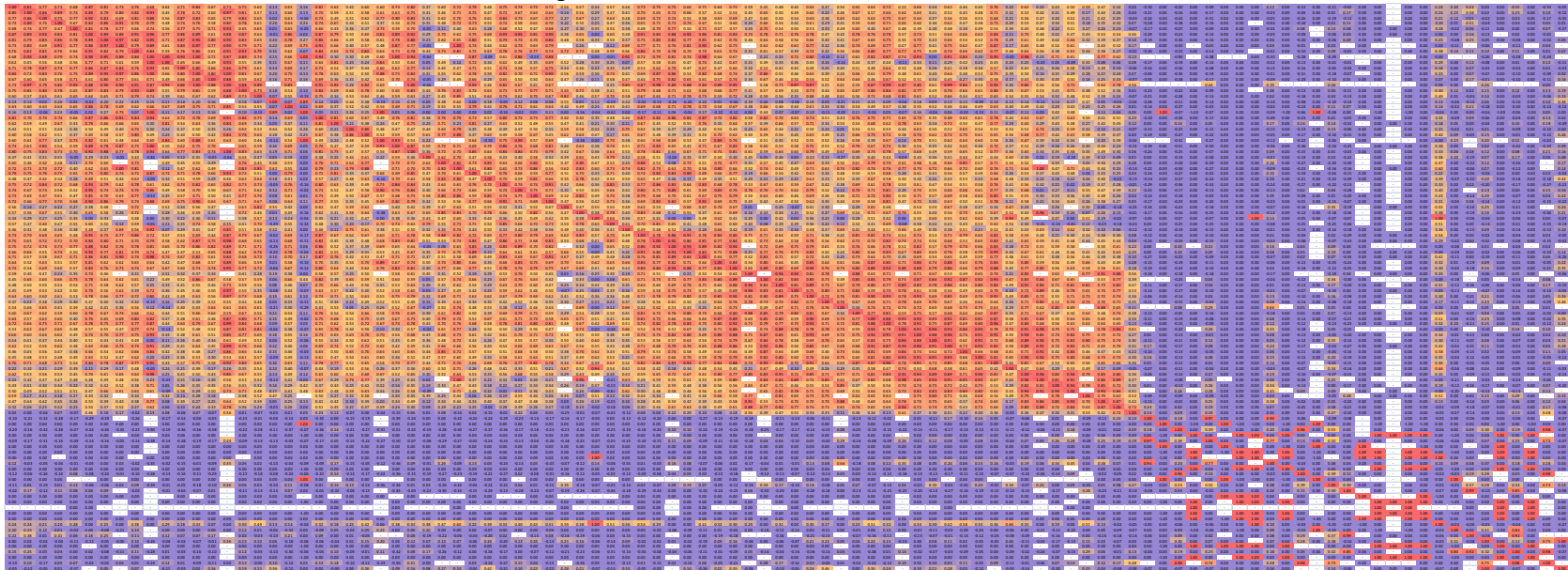


Figura 4-5: Matriz de Correlaciones Pm - Marzo

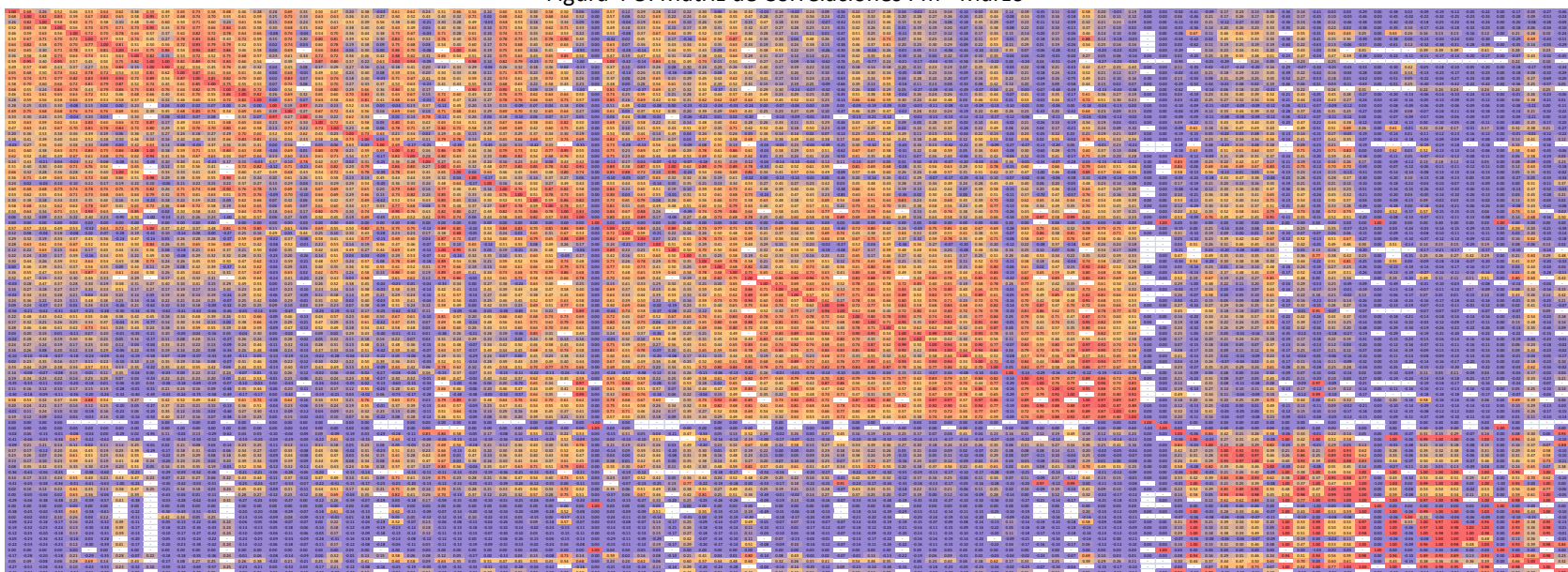


Figura 4-6: Matriz de Correlaciones Pm - Abril

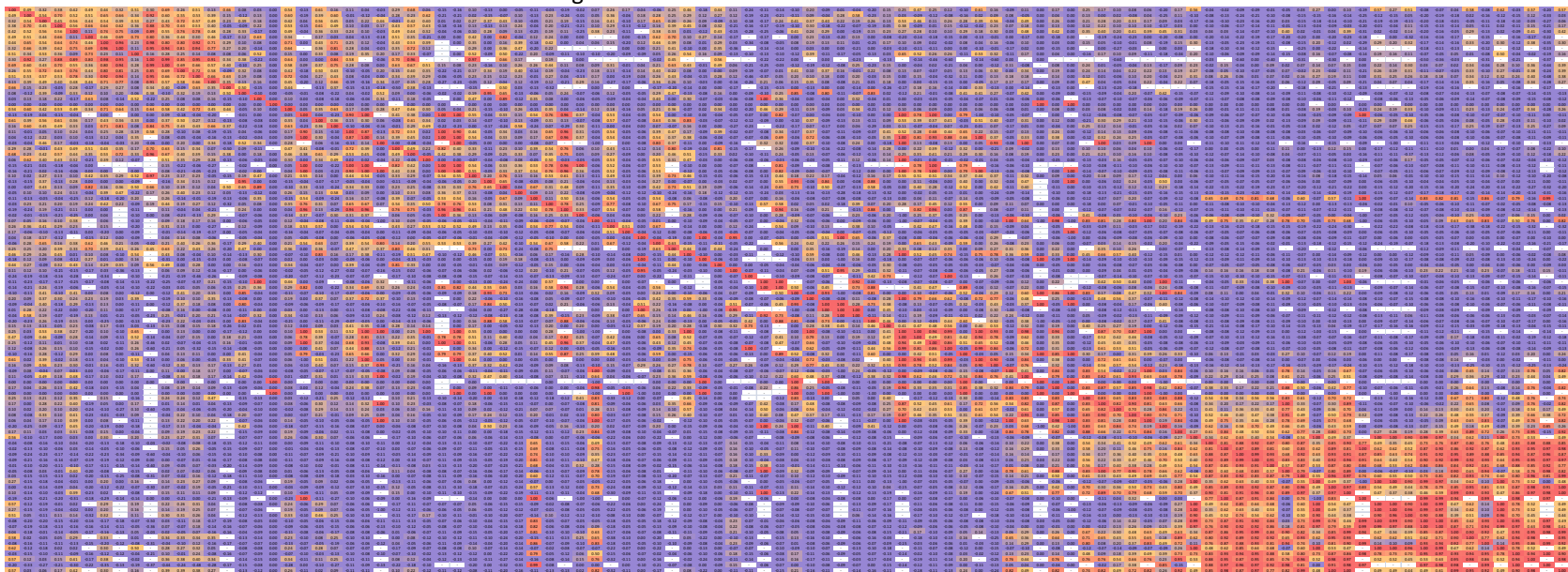


Figura 4-7: Matriz de Correlaciones Pm - Mayo

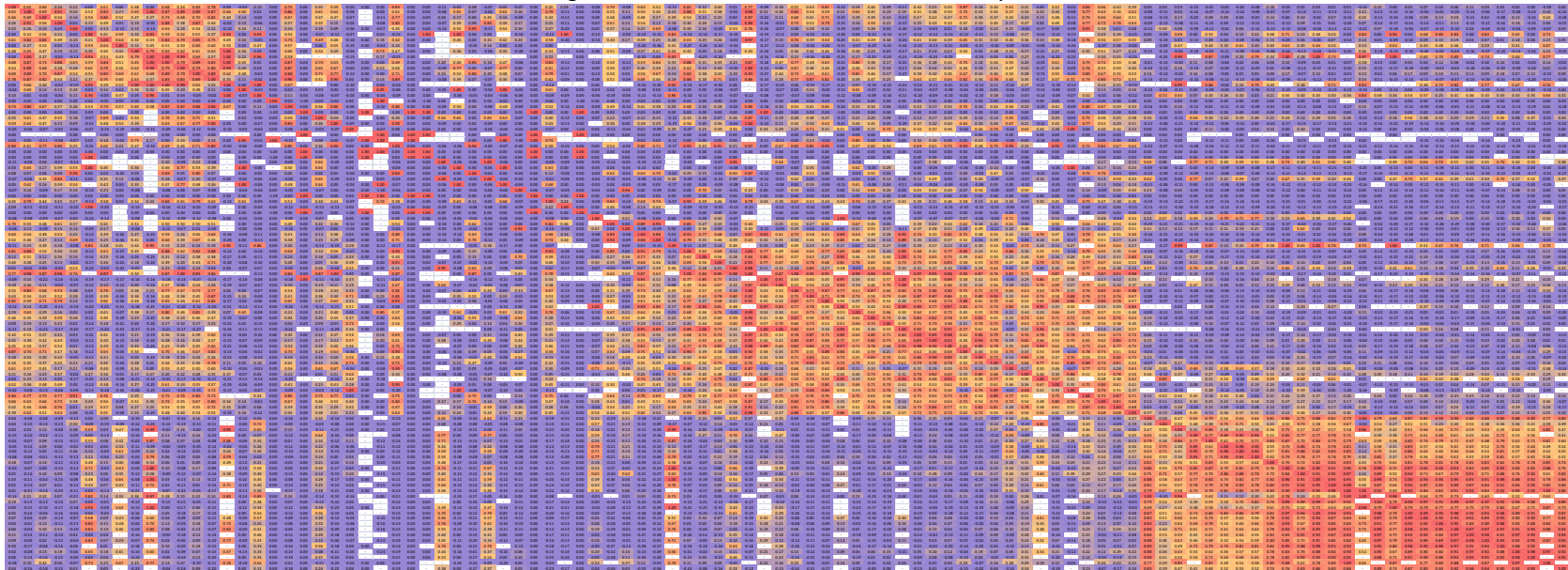


Figura 4-8: Matriz de Correlaciones Pm - Junio

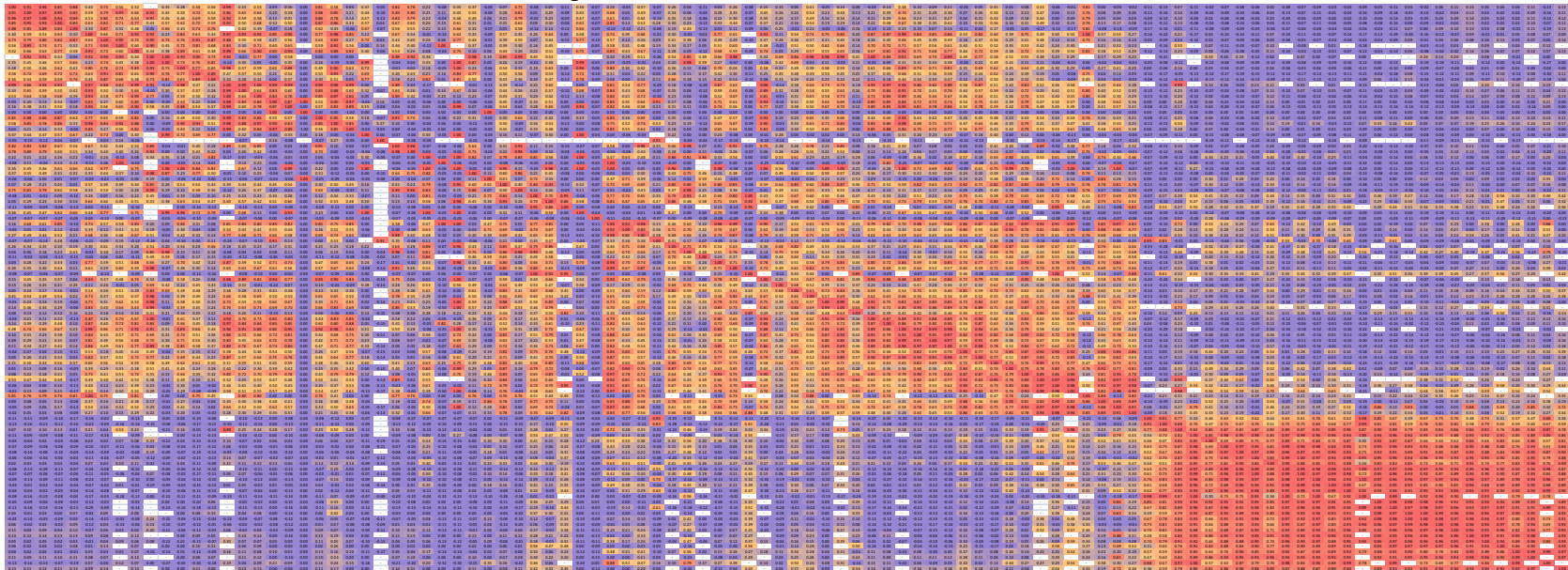


Figura 4-9: Matriz de Correlaciones Pm - Julio

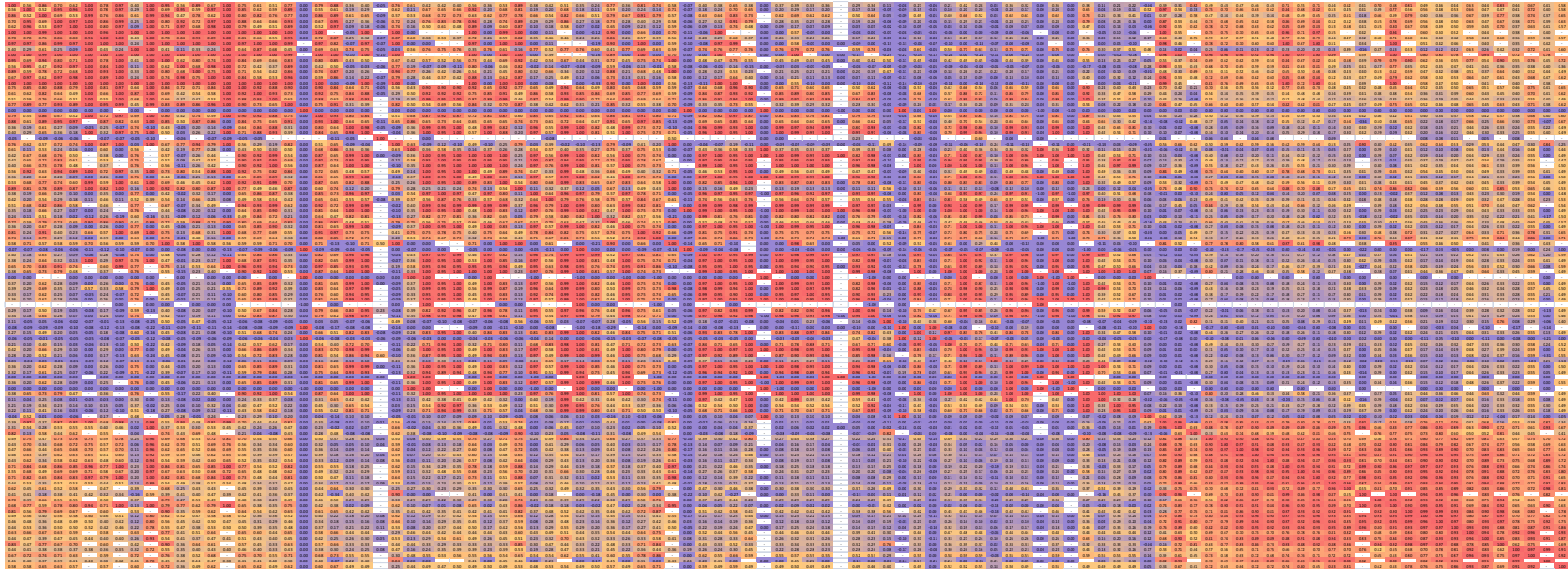


Figura 4-10: Matriz de Correlaciones Pm - Agosto

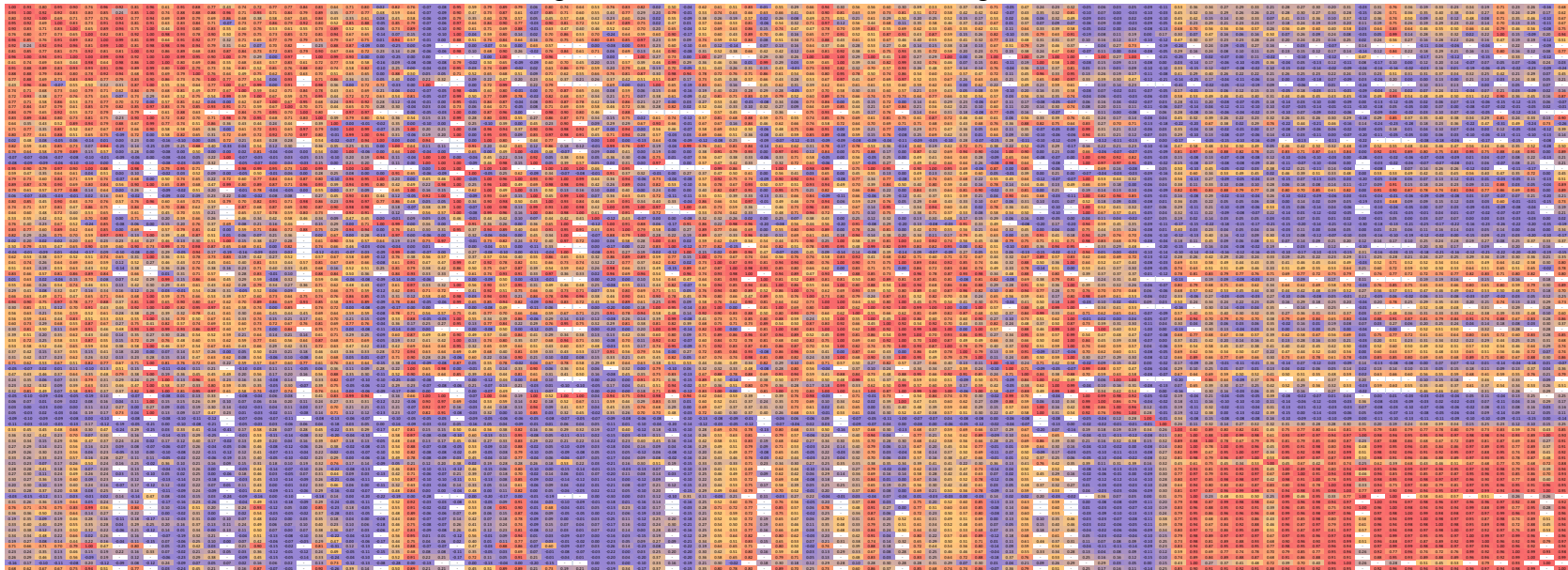


Figura 4-11: Matriz de Correlaciones Pm - Septiembre

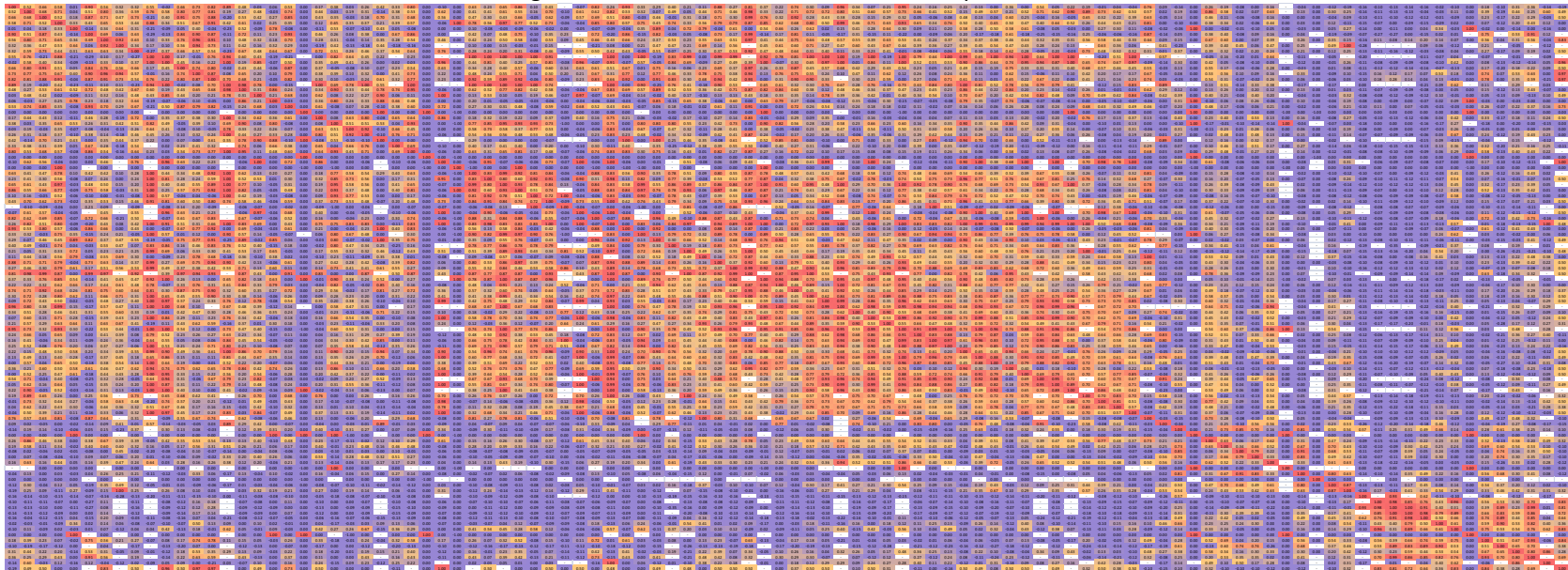


Figura 4-12: Matriz de Correlaciones Pm - Octubre

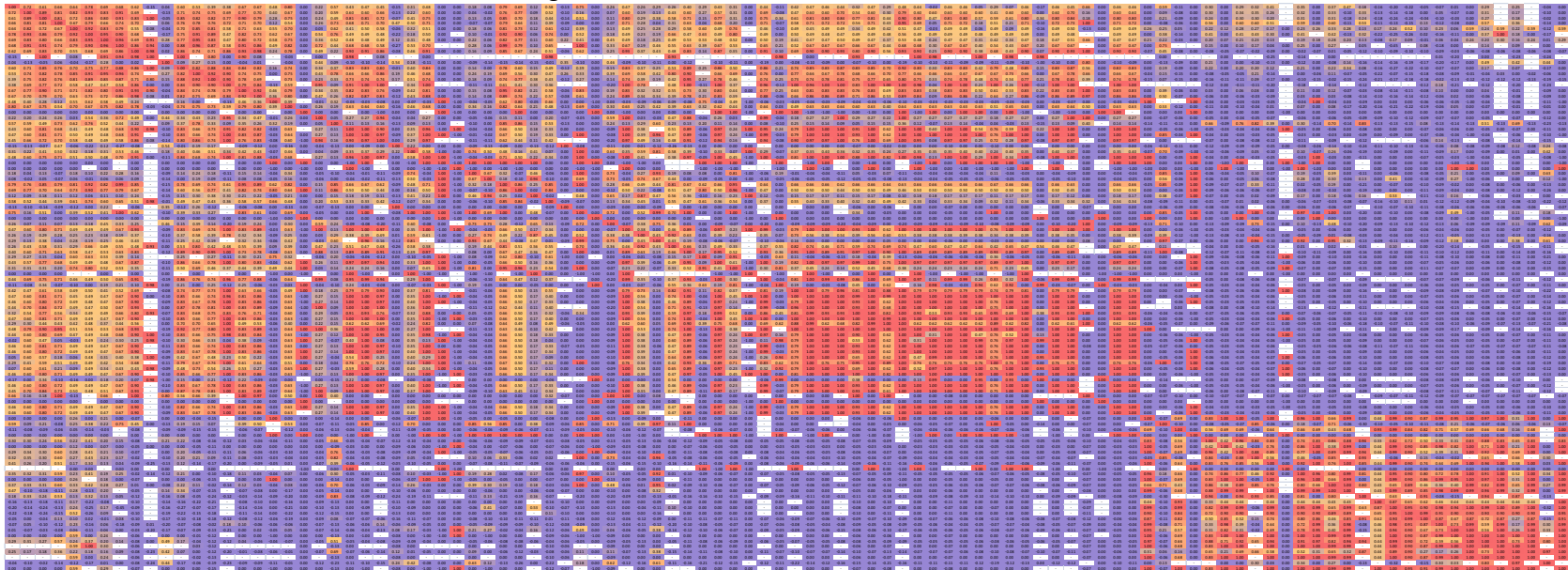


Figura 4-13: Matriz de Correlaciones Pm - Noviembre

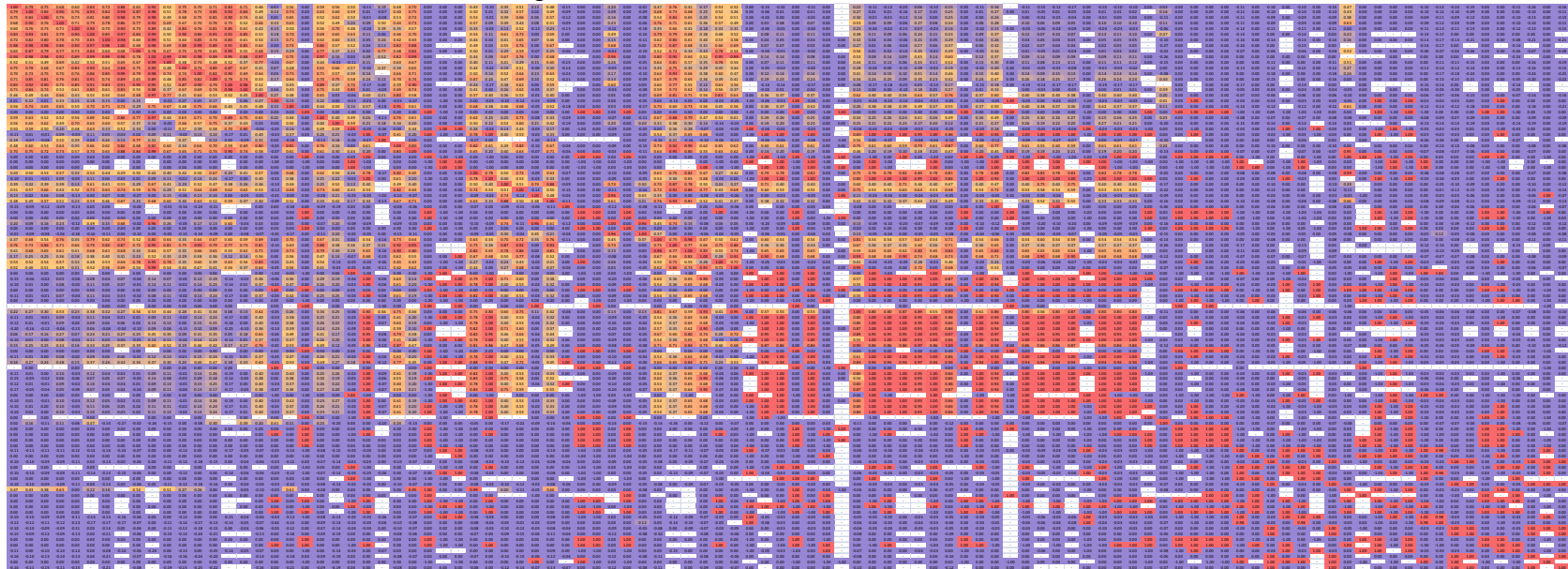


Figura 4-14: Matriz de Correlaciones Pm - Diciembre

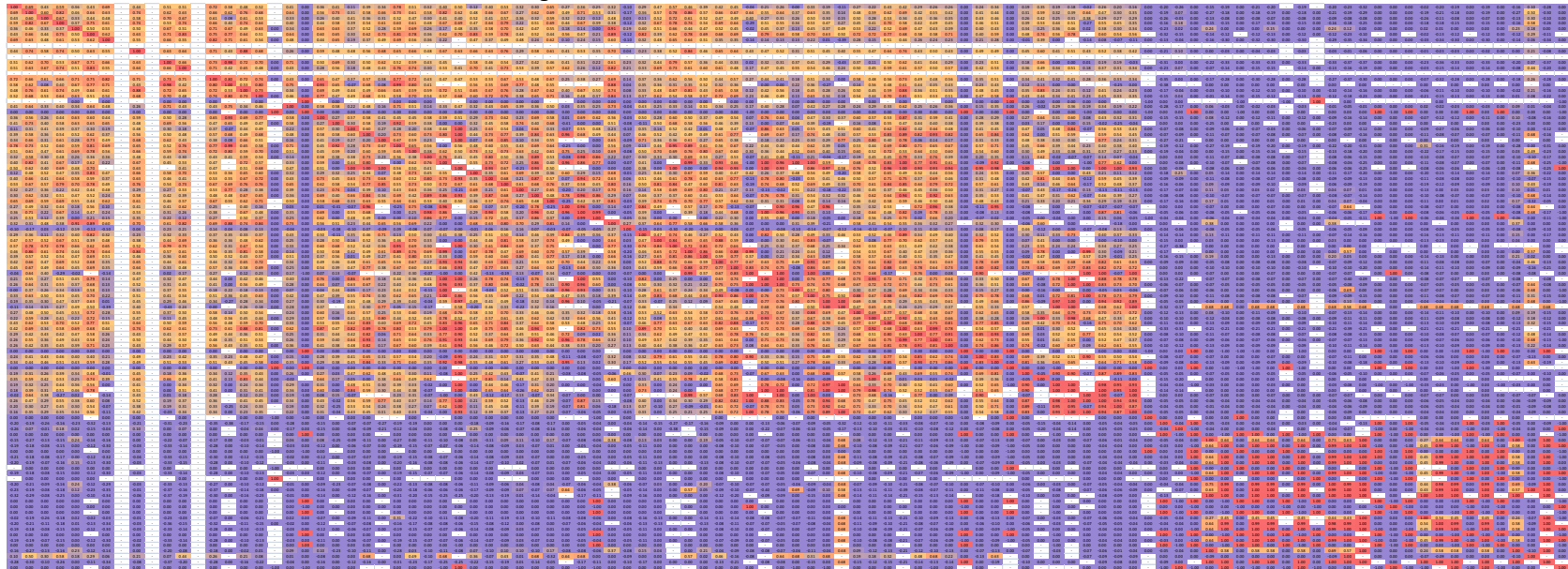


Figura 4-15: Matriz de Correlaciones Pm - Anual

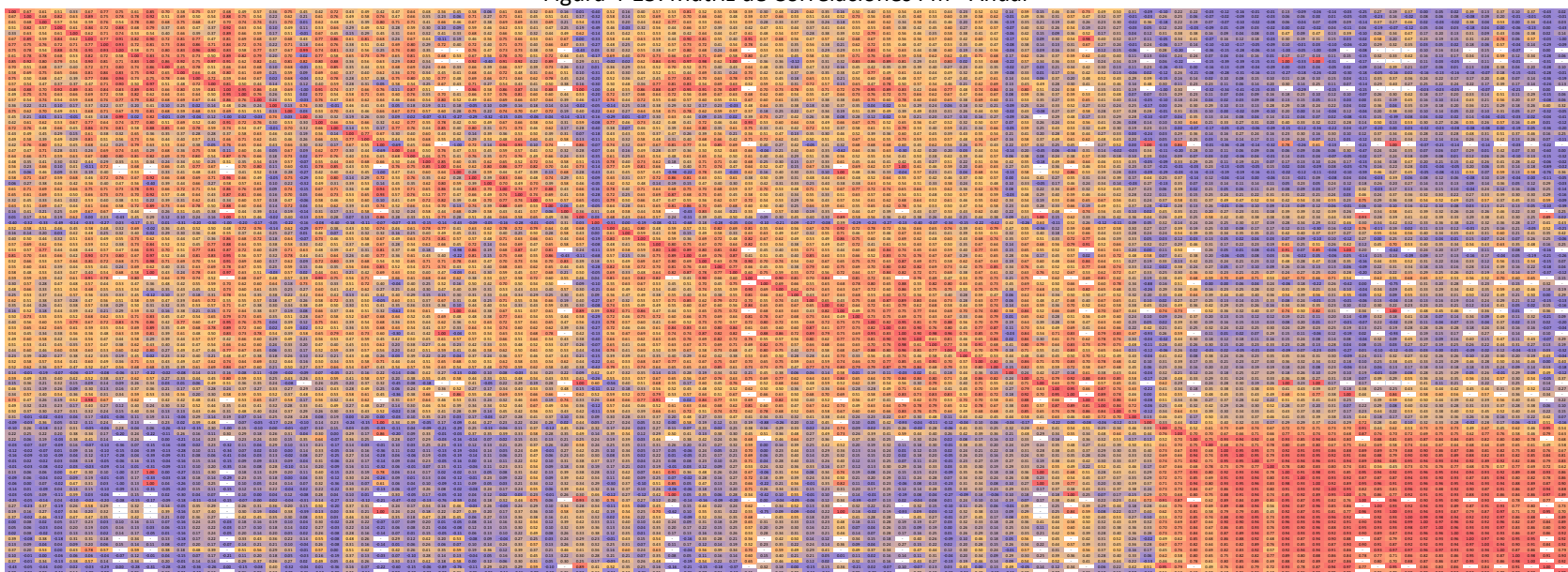


Figura 4-16: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Enero

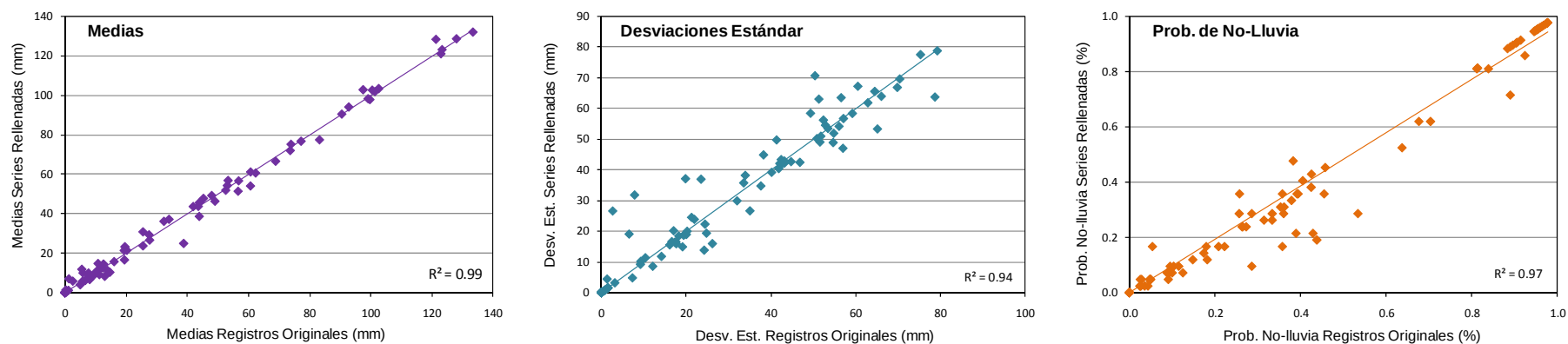


Figura 4-17: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Febrero

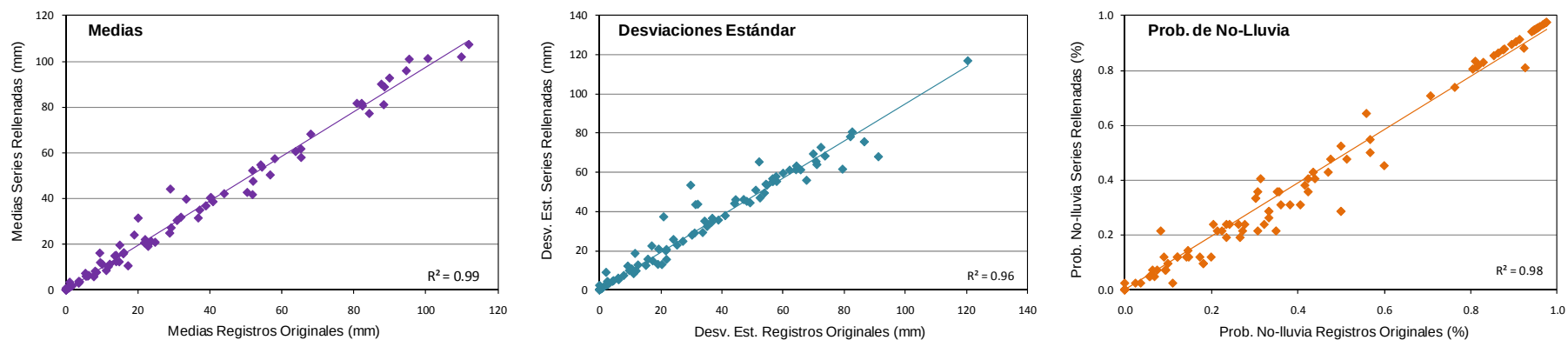


Figura 4-18: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Marzo

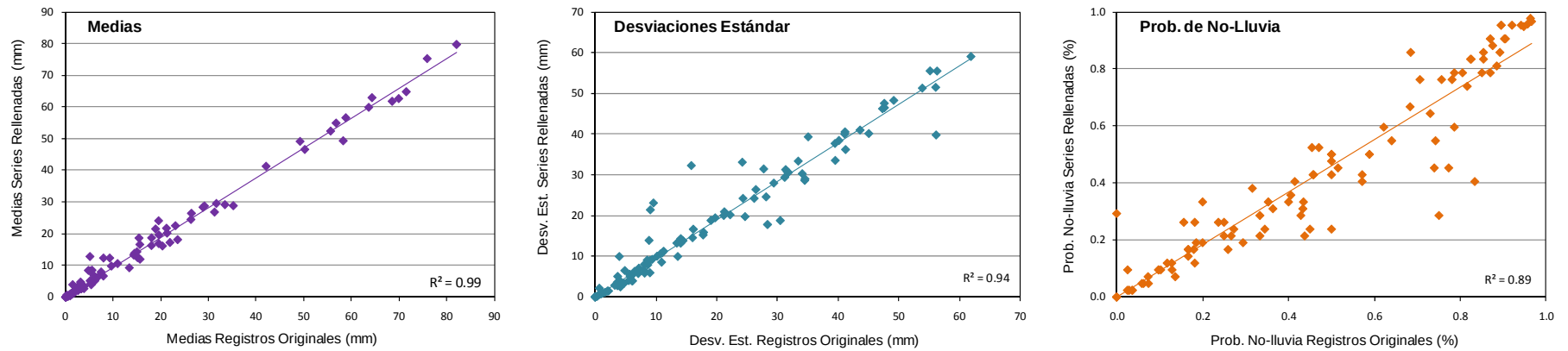


Figura 4-19: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Abril

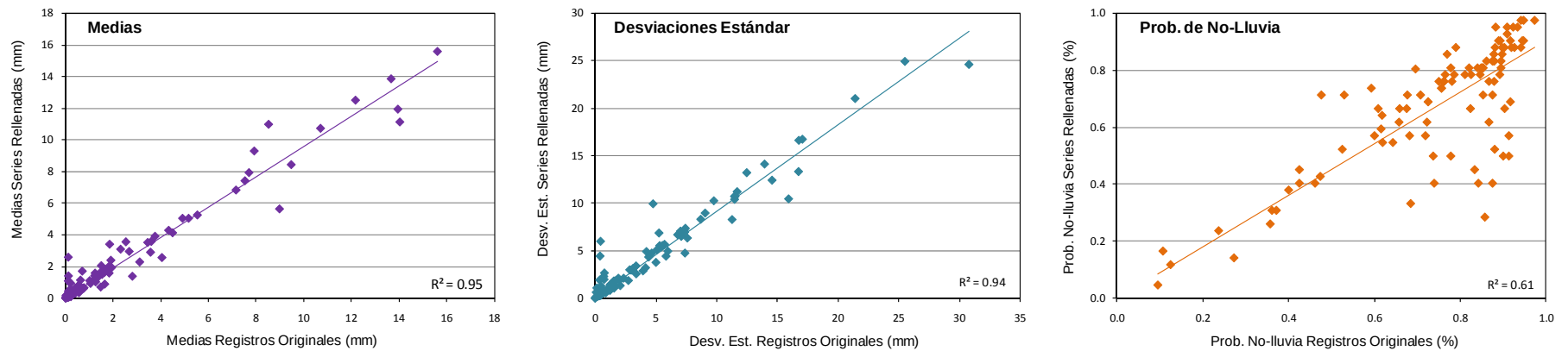


Figura 4-20: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Mayo

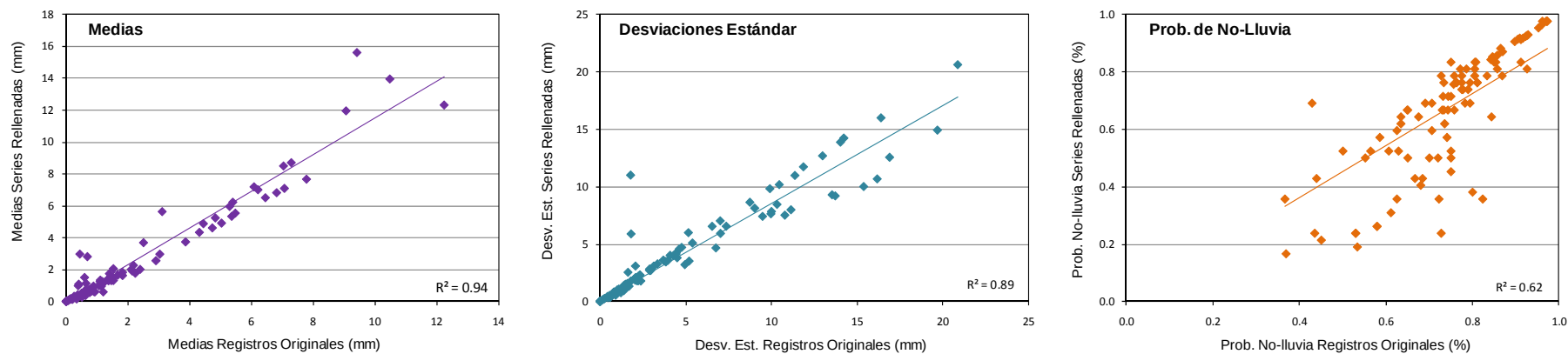


Figura 4-21: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Junio

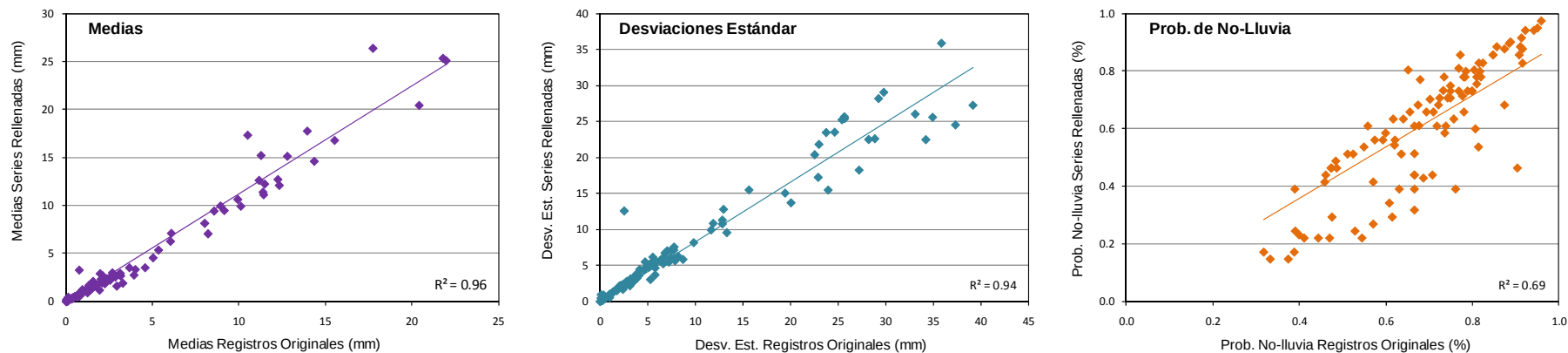


Figura 4-22: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Julio

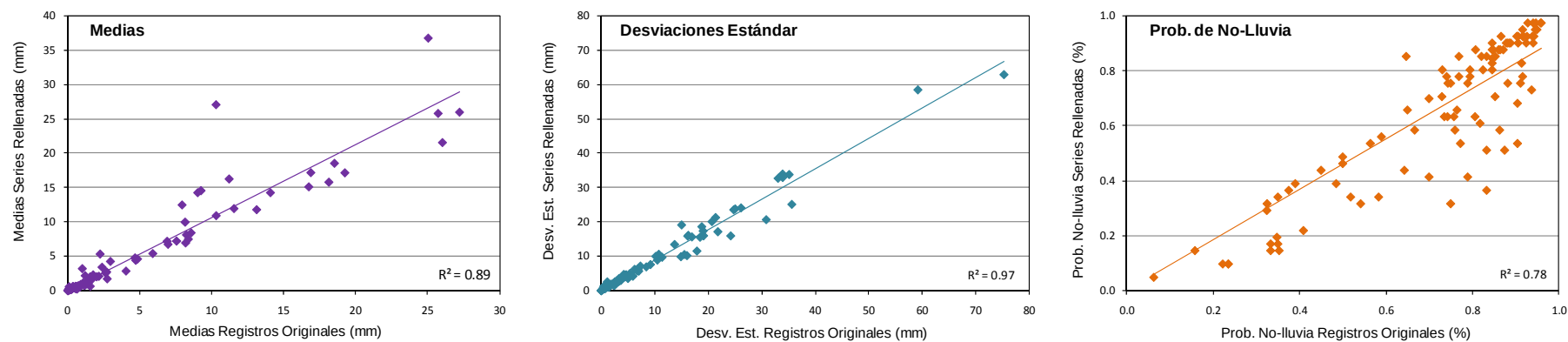


Figura 4-23: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Agosto

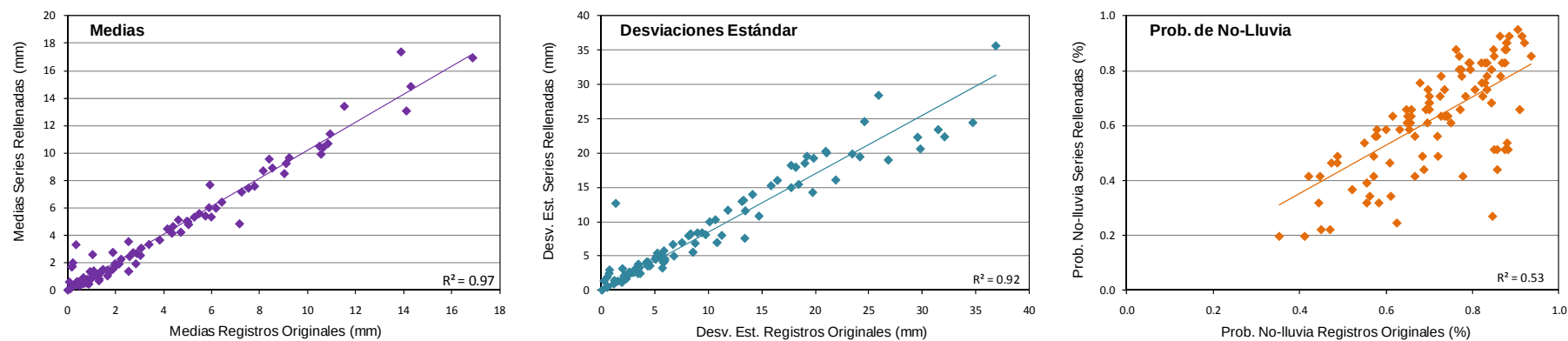


Figura 4-24: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Septiembre

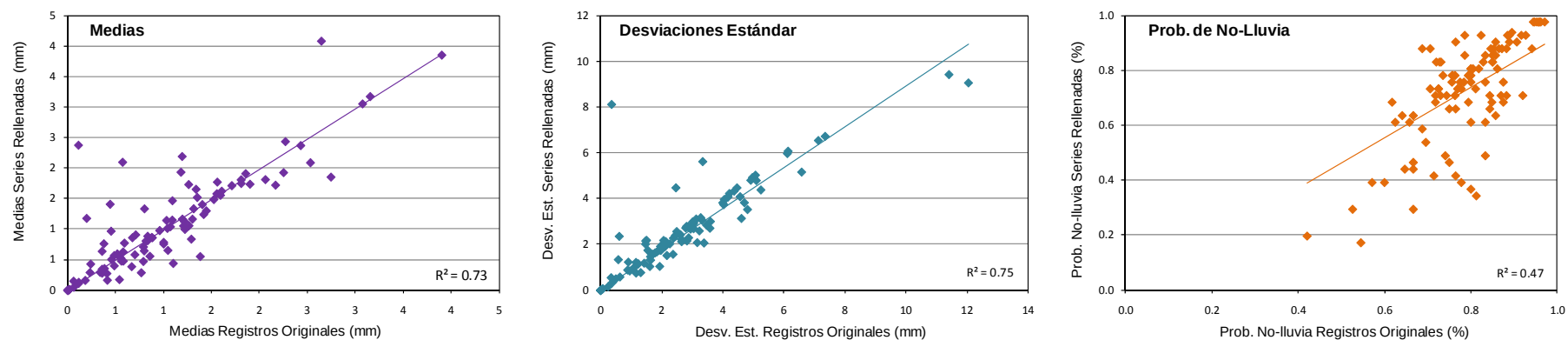


Figura 4-25: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Octubre

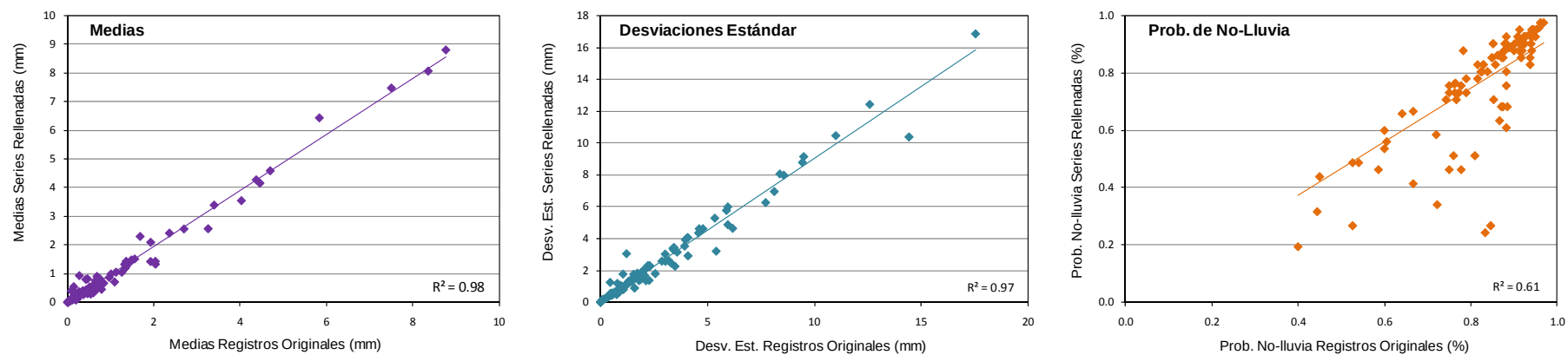


Figura 4-26: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Noviembre

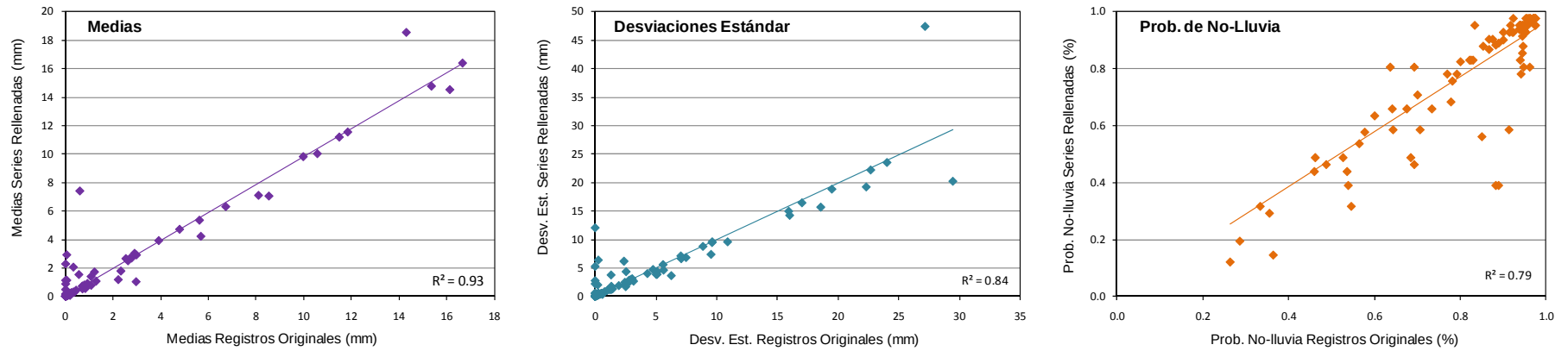


Figura 4-27: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Diciembre

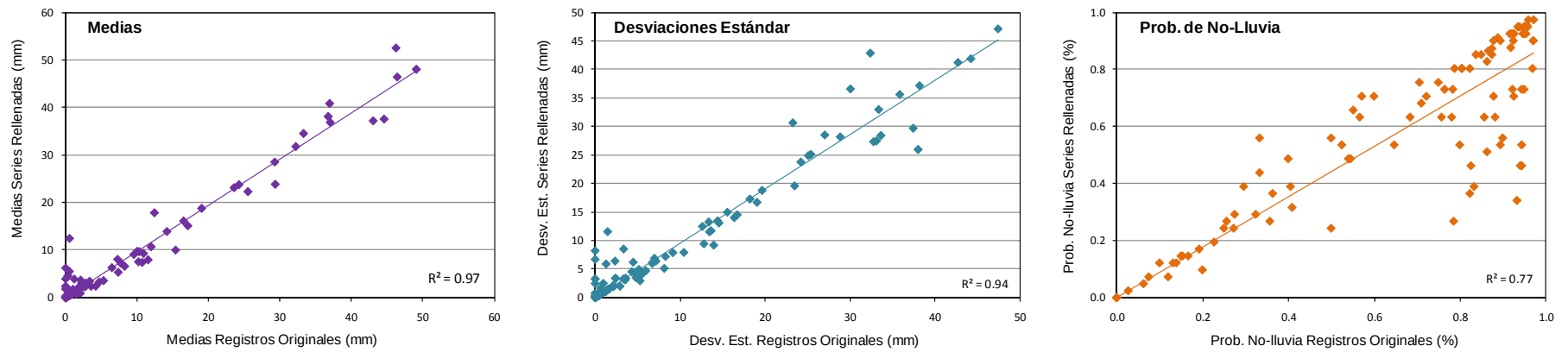


Figura 4-28: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Precipitaciones Anuales

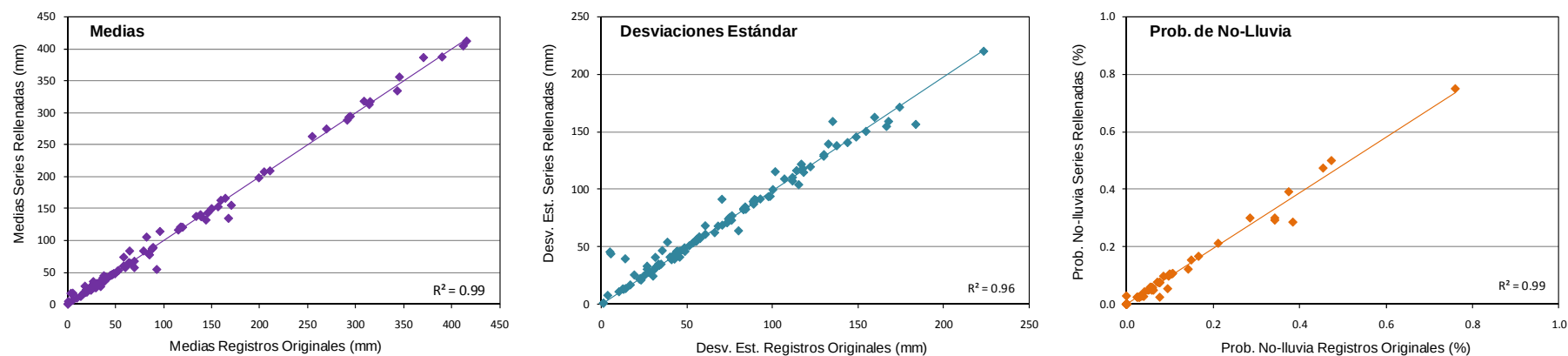


Tabla 4-4: Coeficientes de Correlación entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas

R^2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	Promedio
μ	0.99	0.99	0.99	0.96	0.94	0.96	0.89	0.97	0.74	0.98	0.93	0.97	0.99	0.95
σ	0.94	0.96	0.95	0.95	0.90	0.94	0.97	0.93	0.77	0.97	0.84	0.94	0.97	0.92
P0	0.98	0.98	0.89	0.61	0.67	0.74	0.79	0.55	0.51	0.65	0.80	0.77	0.99	0.76

Precipitaciones Mensuales Promedio Adoptadas por Estaciones

Tabla 4-5: Precipitaciones Mensuales Promedio por Estaciones (mm)

	Nº en Figura	Estación	Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1	1	Visviri	40	98.1	68.0	49.1	12.5	0.9	1.7	2.1	5.0	0.8	8.8	11.5	31.8	294.4
2	16	Villa Industrial (Tacora)	34	102.6	81.4	59.8	7.4	1.3	2.3	4.4	2.7	1.0	3.5	7.1	38.1	317.5
3	17	Humapalca	38	97.6	88.6	54.9	5.0	0.7	2.4	1.6	5.0	1.2	3.4	4.7	23.8	293.1
4	19	Alcerreca	40	71.9	54.5	41.2	4.3	1.4	2.3	2.6	3.1	1.0	2.1	2.5	18.8	209.2
5	2	Caquena	36	122.9	107.1	79.7	10.7	1.3	2.6	7.2	8.5	1.2	4.6	11.2	46.4	404.6
6	20	Pacollo	20	75.1	60.3	28.8	2.3	0.1	2.8	1.0	6.0	1.7	2.6	4.2	22.3	207.6
7	8	Cotacotani	39	131.8	101.0	75.2	15.6	2.0	2.1	2.6	6.0	3.2	7.5	16.4	48.0	412.1
8	7	Isla Blanca	20	103.2	80.8	61.7	13.9	0.6	1.7	3.4	4.6	4.1	8.1	14.5	37.2	334.3
9	21	Putre	39	76.6	57.2	28.3	1.3	0.5	1.1	1.3	2.3	1.8	1.4	2.9	23.1	198.3
10	9	Parinacota Conaf DGA	13	128.4	101.7	62.6	11.9	1.1	0.5	5.3	5.3	1.9	1.3	18.5	37.5	386.4
11	11	Parinacota Ex Endesa	26	101.6	89.8	56.6	11.0	0.6	1.4	1.7	1.3	0.6	2.3	7.0	40.8	318.1
12	10	Chucuyo Reten	37	120.8	95.7	62.9	7.9	1.5	1.3	5.4	5.3	1.5	4.2	9.8	36.9	356.1
13	6	Chungará Ajata	27	128.1	92.5	64.8	11.1	1.8	3.5	2.8	5.1	2.4	6.4	14.8	52.5	387.4
14	3	Chungará Reten	35	102.4	81.4	52.4	9.3	1.2	2.9	6.7	4.2	1.8	4.3	10.0	34.5	312.9
15	25	Murmuntane	10	66.4	57.8	16.9	0.2	0.1	2.4	3.2	1.4	1.5	1.4	1.0	7.4	143.5
16	27	Central Chapiquiña	40	56.6	53.5	26.4	1.5	0.1	1.6	0.9	2.7	1.6	1.4	0.7	16.1	166.3
17	28	Belén	38	60.5	52.0	28.7	0.3	0.3	1.1	1.1	2.5	0.5	1.3	0.4	13.9	163.1
18	31	Arica Oficina	36	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
19	13	Guallatire	39	90.3	80.3	46.6	5.3	0.7	1.4	4.6	3.6	1.7	2.6	5.3	28.5	274.8
20	35	El Buitre Aeródromo	25	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
21	29	Tignamar	36	38.5	31.3	24.1	0.6	0.1	0.3	0.7	2.7	1.2	0.1	1.5	17.8	121.1
22	14	Chilcaya	27	93.9	77.0	49.3	8.4	0.7	0.9	2.7	1.9	1.9	2.4	6.3	23.8	288.4
23	37	Codpa	41	5.7	6.3	1.8	0.2	0.0	0.0	0.2	0.4	0.1	0.1	0.0	0.6	15.7
24	40	Esquiña	35	12.2	15.7	7.9	0.3	0.0	0.0	0.5	0.9	0.3	0.1	0.0	1.9	40.0
25	50	Pumire	21	77.3	100.7	29.5	5.0	1.8	0.8	2.2	1.5	3.8	1.0	1.7	15.1	263.0
26	43	Enquelca (Ex Caraguano)	22	45.5	39.5	21.5	3.1	0.3	1.2	2.3	0.4	0.6	0.8	1.2	9.1	116.6
27	42	Colchane (T. Isluga)	33	56.7	30.2	18.7	3.5	0.0	0.4	1.1	0.3	0.6	0.6	2.7	9.7	120.9
28	51	Camuña	32	8.6	16.2	8.2	1.8	0.0	0.3	0.5	0.4	0.0	0.4	0.0	0.7	36.3
29	63	Chuzmiza	22	43.5	50.1	18.1	1.0	0.3	0.1	0.5	0.7	0.4	0.0	0.0	3.4	114.4
30	62	Mocha	20	11.2	7.6	2.7	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	28.2
31	44	Cancosa	32	61.0	41.5	17.2	2.9	0.3	1.4	0.9	1.4	0.2	0.7	3.0	7.5	152.9
32	60	Poroma	34	12.7	19.5	8.5	0.1	1.4	0.5	0.5	1.0	0.4	0.1	2.9	1.6	41.8

	Nº en Figura	Estación	Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
33	61	Lagunillas (Pampa Lirima)	26	54.2	38.5	21.7	2.4	0.1	0.5	0.5	1.0	0.7	0.7	2.6	10.7	140.4
34	45	Huaytani	25	47.7	40.3	24.5	2.6	0.2	1.0	0.7	0.5	0.8	0.4	3.9	8.0	137.8
35	65	Parca	32	8.8	16.0	12.8	0.9	0.0	0.4	0.5	0.8	0.3	0.4	0.0	3.9	36.0
36	46	Coyacagua	40	51.8	41.9	22.5	1.6	0.6	1.3	0.7	1.9	0.9	1.5	2.7	9.7	137.4
37	66	Cerro Colorado	17	6.6	3.7	3.1	0.3	0.0	0.5	0.6	1.9	0.1	0.0	0.1	1.0	19.1
38	68	Mamiña	24	9.0	5.7	3.9	0.3	0.0	0.2	0.3	3.5	0.9	0.1	0.0	1.0	26.7
39	70	Iquique	26	1.3	0.7	0.0	0.1	1.1	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.2	5.0
40	55	Coposa	15	24.9	24.7	9.2	0.7	0.4	1.9	0.6	0.6	0.2	0.3	0.5	2.4	55.0
41	71	Guatacondo DGA	33	9.1	2.8	2.1	0.2	0.1	0.8	0.7	0.7	0.2	0.2	0.0	0.4	19.4
42	69	Copaquire	29	36.0	21.9	13.8	0.0	1.7	2.9	0.8	0.5	0.3	0.7	0.1	3.3	79.3
43	48	Ujina	28	53.9	42.5	16.1	1.0	1.3	2.8	0.5	4.8	1.9	1.3	1.8	10.0	134.9
44	49	Collahuasi	19	51.3	47.4	16.6	1.4	2.1	5.4	2.0	0.8	1.7	1.4	1.1	9.3	150.0
45	72	Ollague	23	37.1	44.0	12.3	0.3	0.6	1.2	0.3	0.8	0.5	0.3	1.4	6.6	105.6
46	73	Cebollar	26	23.2	31.3	12.3	0.2	2.8	0.4	0.6	0.3	0.3	0.4	0.8	3.6	74.1
47	76	Lequena	37	29.3	31.7	20.2	0.1	0.8	1.3	0.5	1.4	0.7	0.2	0.1	2.2	89.4
48	74	Ascotan	32	21.4	21.1	10.6	0.6	1.2	1.1	0.3	1.2	1.0	0.7	0.3	8.1	67.8
49	77	Quinchamale	15	4.0	5.9	5.1	0.5	0.2	0.1	0.6	0.7	1.1	0.0	0.0	0.1	22.7
50	78	San Pedro De Conchi	22	8.2	8.4	3.8	0.6	0.6	1.6	0.0	2.0	1.7	0.3	0.0	0.8	28.2
51	79	Parshall N 2	41	9.8	8.1	5.1	0.2	0.8	0.9	0.4	0.6	0.9	0.2	0.0	0.9	28.2
52	84	Conchi Viejo	33	14.5	12.2	4.4	0.2	0.6	1.0	0.7	0.7	1.1	0.4	0.0	0.7	37.1
53	80	Ojos San Pedro	35	15.7	20.5	12.5	0.2	1.3	1.6	0.4	0.9	1.1	0.2	0.1	2.3	57.7
54	85	Conchi Embalse	36	11.8	7.1	4.7	0.3	0.4	0.5	0.2	1.0	0.4	0.1	0.0	1.5	28.8
55	86	Conchi Muro Embalse	13	6.2	3.4	2.6	0.1	0.3	1.2	0.0	1.7	0.2	0.3	0.0	3.1	19.1
56	81	Inacaliri	41	43.6	40.1	19.6	1.5	1.4	0.9	0.5	1.4	1.7	0.6	0.9	6.3	121.1
57	90	Cupo	32	30.7	23.9	18.6	2.6	1.5	1.2	0.2	0.9	1.2	0.2	0.0	1.8	83.8
58	92	Linzor	34	46.2	61.5	29.1	0.7	1.9	1.9	0.6	1.1	2.1	0.4	0.7	7.3	155.3
59	91	Turi	13	10.3	10.0	5.1	1.4	0.1	2.2	0.0	2.6	0.8	0.5	0.1	2.4	40.2
60	93	Toconce	38	26.6	34.8	14.3	0.3	1.2	1.9	0.3	1.3	1.1	0.4	0.2	3.1	87.1
61	94	Ayquina	39	12.5	14.8	9.8	0.4	1.0	0.9	0.1	0.7	0.6	0.8	0.1	0.8	43.3
62	96	Salado Embalse	33	21.3	20.7	13.3	0.2	0.7	1.1	0.2	1.7	0.5	0.3	0.1	3.7	64.3
63	87	Chiu-Chiu	36	7.0	3.3	3.9	1.1	0.3	0.8	0.1	0.6	0.3	0.1	0.0	0.1	17.9
64	97	Caspana	38	23.7	27.0	16.3	0.2	1.0	1.9	0.5	1.3	1.3	0.9	0.1	2.0	77.8
65	98	El Tatio	31	49.1	36.6	26.8	0.8	2.6	2.9	0.6	1.5	1.9	0.8	0.5	5.3	132.2
66	100	Calama	36	0.5	1.3	0.7	0.4	3.0	3.3	0.1	3.3	2.4	0.9	0.0	1.8	17.5
67	112	Río Grande	34	16.5	18.9	12.5	0.6	0.9	3.3	0.6	1.0	0.6	0.1	0.2	1.6	57.8

	Nº en Figura	Estación	Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
68	111	San Pedro de Atacama	20	9.9	15.0	8.4	0.0	0.9	2.7	0.0	1.7	0.8	0.5	0.7	0.2	27.9
69	106	Toconao Experimental	32	9.3	11.1	6.5	0.3	1.3	2.3	0.6	0.4	1.0	0.4	0.1	1.0	34.4
70	105	Toconao Reten	17	13.4	10.4	3.4	0.0	1.0	2.7	0.0	0.6	0.6	0.1	0.2	0.9	41.1
71	110	Talabre	14	11.3	12.2	11.9	1.2	5.6	0.4	0.2	2.5	0.3	0.1	0.0	0.1	60.3
72	107	Camar	32	9.9	11.9	6.7	0.2	0.7	3.5	0.1	0.7	0.8	0.0	0.2	0.6	33.1
73	108	Socaire	34	14.7	11.1	6.8	1.6	3.7	2.6	0.4	1.3	1.0	0.3	0.3	0.8	45.1
74	109	Peine	36	5.8	5.8	5.3	0.7	1.2	2.1	0.4	0.4	0.5	0.1	0.0	0.2	23.1
75	119	Aguas Verdes	23	0.0	0.2	0.0	0.9	0.6	2.0	0.2	1.5	0.1	0.1	0.0	0.0	6.7
76	120	Tal-Tal	29	0.0	0.0	0.0	0.4	2.3	3.0	4.2	1.3	1.3	0.3	0.1	0.0	10.1
77	124	Las Vegas	26	0.0	0.9	2.2	1.7	5.9	7.1	36.7	4.5	2.2	0.2	0.9	0.0	45.9
78	125	Caldera	18	0.0	0.0	0.3	0.2	2.0	4.6	2.0	5.4	0.0	0.0	0.2	0.0	12.8
79	134	Pastos Grandes	40	0.0	1.6	3.4	2.0	4.3	8.1	7.2	4.8	2.4	0.8	0.1	0.2	33.2
80	135	Copiapó	39	0.0	0.0	1.1	0.2	1.6	6.3	4.8	3.3	0.4	0.0	0.0	0.1	17.5
81	132	Elbor Campamento	33	0.0	0.0	0.8	1.1	3.0	10.0	10.0	7.7	0.5	0.1	0.2	0.3	27.4
82	131	Los Loros	38	0.0	0.0	1.2	2.0	3.7	9.5	10.9	7.6	0.9	0.1	0.0	0.2	35.1
83	126	Jorquera en La Guardia	41	0.2	1.5	3.3	3.6	7.7	12.1	8.1	7.2	3.0	1.3	0.2	0.4	48.7
84	136	El Totoral	23	0.0	0.0	0.1	0.4	4.6	12.2	14.5	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	26.3
85	130	Lautaro Embalse	41	0.2	0.5	1.5	1.9	4.9	9.9	8.4	7.4	0.8	0.4	0.0	0.2	35.8
86	137	Canto De Agua	21	0.0	0.0	0.3	0.1	4.9	15.1	14.2	6.4	0.0	0.1	0.0	0.1	32.5
87	129	Manflas Hacienda	40	0.3	0.2	2.0	2.9	6.5	12.7	11.9	9.2	1.1	0.6	0.1	0.4	45.4
88	128	Iglesia Colorada	22	0.1	0.2	2.0	4.1	14.0	17.7	12.5	8.9	1.8	0.4	1.1	5.5	48.1
89	155	Huasco	17	0.0	0.0	1.4	1.6	5.3	7.1	17.1	4.2	1.3	0.3	1.1	0.0	41.7
90	156	Huasco Bajo	18	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	9.4	27.0	10.7	1.4	1.0	0.0	2.4	32.4
91	154	Freirina	21	0.0	0.0	0.8	0.4	6.2	12.6	16.2	9.6	0.6	0.5	0.5	0.2	22.4
92	153	La Compañía (Vallenar)	17	0.0	0.0	0.0	0.4	7.2	15.2	6.9	10.4	0.8	1.2	0.0	0.1	38.0
93	152	Vallenar DGA	38	0.0	0.0	1.4	1.1	5.2	10.6	14.2	8.7	0.6	0.9	0.0	0.2	39.7
94	150	Santa Juana	40	0.0	0.0	1.8	1.4	5.5	11.1	17.1	9.7	1.6	0.5	0.1	0.2	47.2
95	146	Junta Del Carmen	41	0.0	0.1	2.4	1.6	6.8	11.4	18.5	10.5	1.4	0.3	0.0	0.2	52.4
96	147	El Transito	18	0.1	0.0	0.0	0.9	7.0	16.8	11.8	11.4	0.0	0.3	2.0	2.3	47.2
97	148	San Felix	40	0.0	0.4	2.0	3.9	7.1	14.6	25.8	13.4	0.9	0.3	0.0	0.2	65.2
98	157	Domeyko	16	0.0	0.0	0.0	0.1	8.5	17.3	7.5	14.9	0.4	0.3	0.0	6.2	41.1
99	142	Conay	40	0.4	0.1	2.7	6.8	12.3	20.4	25.9	17.0	1.6	1.0	0.0	0.2	87.8
100	144	El Parral	17	0.1	0.0	0.4	3.6	15.6	26.4	15.8	17.4	1.7	0.3	7.4	12.5	65.6
101	141	Los Tambos	20	0.0	0.6	2.7	5.6	8.7	25.3	21.5	13.1	1.5	1.5	2.3	4.6	83.9
102	145	El Corral	15	1.1	0.2	0.9	3.4	11.9	25.1	15.1	9.9	2.1	0.4	0.8	3.9	53.5

Precipitaciones Mensuales Adoptadas por Cuencas

Las precipitaciones anuales promedio asociadas a cada cuenca se estimaron como un promedio ponderado de las precipitaciones sobre toda la superficie de cada cuenca, utilizando el programa ArcGis.

Como entradas se consideraron: (1) un shapefile con los polígonos delimitantes de cada cuenca y (2) un shapefile con los puntos de ubicación de las estaciones pluviométricas consideradas en el estudio, conteniendo como uno de sus atributos la precipitación anual promedio calculada para cada estación.

En primer lugar se generó un raster de precipitaciones anuales promedio, utilizando la herramienta “Topo to Raster” de ArcGis para interpolar este manto a partir de los valores puntuales del shapefile (1). Por simplicidad, se generó un único raster que considera todas las estaciones pluviométricas seleccionadas, abarcando así toda la zona de estudio. Esto no implica que estaciones muy lejanas a una cuenca tengan influencia sobre las precipitaciones estimadas para ella, ya que el raster será posteriormente superpuesto con las cuencas, de forma que sólo la zona del raster que intersecta a cada cuenca es considerado en cada cálculo.

De este modo, utilizando la herramienta “Zonal Statistics” del conjunto “Spatial Analyst” de ArcGis, se obtuvo para cada cuenca su respectivo valor representativo de la precipitación anual promedio. Esta herramienta permite calcular un promedio de las precipitaciones de interés al considerar los valores de cada celda del raster que se encuentre dentro de una cuenca en particular. Es decir, el manto de precipitaciones es intersectado con cada cuenca, y dentro de cada una de ellas se promedian las precipitaciones asociadas a cada celda del raster intersectado.

A nivel mensual, sin embargo, se vuelve inviable en términos de cálculo aplicar el procedimiento descrito anteriormente para cada mes de cada año, por lo cual se aplicó un método distinto pero consecuente con los promedios anuales ya estimados.

Para determinar la precipitación mensual representativa de cada cuenca, i , se interpoló un valor de lluvia proporcional a las precipitaciones de las 8 estaciones, j , más cercanas al centro de gravedad de cada cuenca. El peso de cada estación en el promedio ponderado, α_{ij} , se determinó en función del inverso de las distancias al cuadrado entre las respectivas estaciones y los centros de gravedad de las cuencas.

Una primera aproximación a los coeficientes α_{ij} fue la siguiente:

$$\alpha'_{ij} = \frac{1/r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^8 (1/r_{ij}^2)}$$

Posteriormente estos coeficientes α'_{ij} fueron corregidos imponiendo que la precipitación anual obtenida para cada cuenca utilizándolos, fuese igual a la precipitación anual obtenida para las mismas cuencas al calcular el valor medio resultante de intersectar cada cuenca con un raster de lluvia interpolado a partir de las precipitaciones anuales presentadas en la Tabla 4-5. De esta forma,

$$\alpha_{ij} = \alpha'_{ij} \cdot \frac{P_{raster\ i}}{P(\alpha'_{i1}, \alpha'_{i2}, \dots, \alpha'_{i8})}$$

$$P_{Cuenca\ i} = \sum_{j=1}^8 \alpha_{ij} \cdot P_{Est\ ij} \quad \forall i = 1 \dots 25$$

En la Tabla 4-6 se listan las 8 estaciones pluviométricas más cercanas a cada cuenca. Por simplicidad, se han especificado sólo los números asociados a cada estación, según se encuentran en la Tabla 4-5.

En la Tabla 4-7 se presentan las distancias, r_{ij} , entre cada estación j (especificada en la Tabla 4-6) y los centros de gravedad de las cuencas i .

Tabla 4-6: Estaciones pluviométricas cercanas a cada Cuenca
(Número asociado a cada estación en Tabla 4-5)

	Cuenca	Est 1	Est 2	Est 3	Est 4	Est 5	Est 6	Est 7	Est 8
1	Río Lluta Alto	3	4	2	1	6	9	5	12
2	Río Lluta bajo Río Azufre	2	3	4	1	6	9	5	15
3	Río Caquena	5	7	8	10	11	12	13	14
4	Río San José alto	17	21	16	15	9	6	23	12
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	21	24	22	17	23	19	16	15
6	Río Camarones hasta Conanoxa	24	23	25	28	21	22	17	19
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	25	28	26	22	24	29	27	23
8	Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya	29	33	32	30	35	36	31	38
9	Río Collacagua hasta Peñablanca	33	36	34	31	35	32	38	37
10	Río Piga hasta Collacagua (Huasco)	33	36	31	34	32	35	38	29
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	44	42	43	41	40	45	47	46
12	Río Loa hasta Lequena	47	46	43	44	45	42	48	41
13	Río Salado	62	59	61	64	60	57	58	65
14	Río Salado hasta Curti	58	65	60	62	64	59	61	56
15	Río San Pedro de Atacama	67	65	64	62	60	68	58	61
16	Canal Cuno hasta Socaire	73	72	74	71	69	70	68	67
17	Río de La Ola (Pedernales)	77	79	83	80	75	81	82	85
18	Río Lamas (Maricunga)	79	77	83	80	82	81	85	88
19	Río Jorquera	83	85	88	82	79	87	81	80
20	Río Pulido	88	87	85	83	82	81	96	99
21	Río Manflas	88	87	85	96	99	95	101	100
22	Río Tránsito hasta Río Carmen	99	101	100	96	97	102	95	94
23	Río Transito hasta Angostura de Pinte	99	101	100	96	102	97	95	94
24	Río el Carmen hasta Río el Tránsito	102	101	100	99	97	96	95	98
25	Río Carmen hasta San Félix	102	101	100	99	97	96	95	98

Tabla 4-7: Distancia entre Estaciones Pluviométricas y el CG de cada Cuenca (km)

	Cuenca	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
1	Rio Lluta Alto	11.5	14.6	17.0	33.3	35.1	36.4	47.0	50.0
2	Rio Lluta bajo Rio Azufre	3.5	10.8	28.9	31.5	53.7	53.8	66.3	70.2
3	Rio Caquena	4.2	12.6	13.1	14.9	15.2	17.4	19.2	25.6
4	Río San José alto	8.1	11.5	15.9	18.0	34.8	37.9	39.5	44.3
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	22.1	23.8	34.2	34.7	36.3	39.6	45.7	48.0
6	Rio Camarones hasta Conanoxa	7.4	32.3	40.4	40.6	40.9	43.4	53.7	59.6
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	11.3	29.1	41.1	42.5	43.7	57.4	59.3	68.9
8	Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya	22.5	27.9	28.1	33.3	40.8	41.1	41.7	47.3
9	Río Collacagua hasta Peñablanca	6.0	8.0	28.1	28.8	38.2	38.2	40.5	45.9
10	Río Piga hasta Collacagua (Huasco)	5.2	11.5	22.4	23.7	42.0	43.7	46.5	50.7
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	5.7	11.2	16.6	27.1	28.0	63.5	79.5	79.6
12	Río Loa hasta Lequena	34.9	37.9	40.9	41.5	42.9	52.3	57.1	62.0
13	Rio Salado	5.1	5.4	7.0	7.9	8.2	19.0	24.0	26.6
14	Rio Salado hasta Curti	6.4	10.1	13.7	16.5	18.4	25.7	28.4	28.5
15	Rio San Pedro de Atacama	11.2	24.5	29.9	34.7	36.7	37.7	39.5	41.3
16	Canal Cuno hasta Socaire	18.5	35.0	35.5	38.9	56.3	56.5	93.9	117.2
17	Rio de La Ola (Pedernales)	61.8	73.7	150.2	151.5	164.9	165.1	169.2	176.2
18	Rio Lamas (Maricunga)	80.7	95.6	136.3	161.3	163.2	163.4	164.9	170.7
19	Rio Jorquera	34.0	62.8	65.1	67.9	68.7	70.0	75.1	96.5
20	Rio Pulido	19.9	29.4	38.9	39.0	57.5	72.2	96.6	99.3
21	Rio Manflas	30.2	33.1	50.5	60.8	64.8	65.8	66.8	67.0
22	Río Tránsito hasta Río Carmen	11.1	14.3	15.0	21.2	38.4	39.5	43.8	63.8
23	Rio Transito hasta Angostura de Pinte	17.5	21.0	22.0	30.8	44.6	47.3	53.6	73.7
24	Río el Carmen hasta Río el Tránsito	26.5	41.8	41.9	43.3	50.8	53.3	69.9	75.8
25	Río Carmen hasta San Félix	32.4	47.1	47.2	48.3	56.7	59.0	75.9	80.9

En la Figura 4-29 se muestra la correlación entre las precipitaciones anuales obtenidas a partir del raster de precipitaciones para cada cuenca, y aquellas obtenidas en función de los coeficientes α'_{ij} y las precipitaciones anuales en las estaciones cercanas a cada cuenca. Como se puede ver, la correlación es muy buena, por lo cual la corrección de los coeficientes α'_{ij} fue mínima. En la Tabla 4-8 se presentan los coeficientes α_{ij} ya corregidos.

Figura 4-29: Correlación para Ajuste de Coeficientes de Ponderación

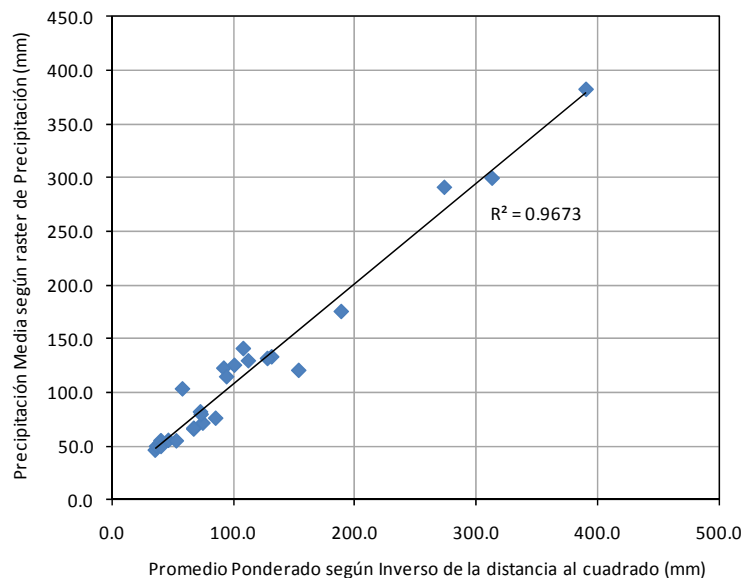


Tabla 4-8: Coeficientes de Ponderación para Precipitación por Cuencas

	Cuenca	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8
1	Rio Lluta Alto	0.424	0.263	0.192	0.050	0.045	0.042	0.025	0.022
2	Rio Lluta bajo Rio Azufre	0.838	0.087	0.012	0.010	0.003	0.003	0.002	0.002
3	Rio Caquena	0.657	0.072	0.067	0.051	0.049	0.038	0.031	0.017
4	Río San José alto	0.367	0.183	0.096	0.075	0.020	0.017	0.016	0.012
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	0.266	0.229	0.111	0.108	0.098	0.083	0.062	0.056
6	Rio Camarones hasta Conanoxa	1.458	0.077	0.049	0.049	0.048	0.043	0.028	0.023
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	0.636	0.095	0.048	0.045	0.042	0.024	0.023	0.017
8	Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya	0.344	0.224	0.220	0.157	0.104	0.103	0.100	0.078
9	Río Collacagua hasta Peñablanca	0.661	0.375	0.030	0.029	0.016	0.016	0.015	0.011
10	Río Piga hasta Collacagua (Huasco)	0.957	0.196	0.052	0.047	0.015	0.014	0.012	0.010
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	0.836	0.218	0.100	0.038	0.035	0.007	0.004	0.004
12	Río Loa hasta Lequena	0.239	0.202	0.174	0.168	0.158	0.106	0.089	0.076
13	Rio Salado	0.266	0.231	0.140	0.110	0.102	0.019	0.012	0.010
14	Rio Salado hasta Curti	0.503	0.200	0.109	0.075	0.060	0.031	0.025	0.025
15	Rio San Pedro de Atacama	0.630	0.130	0.088	0.065	0.058	0.055	0.050	0.046
16	Canal Cuno hasta Socaire	0.659	0.185	0.180	0.150	0.072	0.071	0.026	0.016
17	Rio de La Ola (Pedernales)	0.502	0.352	0.085	0.083	0.070	0.070	0.067	0.062
18	Rio Lamas (Maricunga)	0.413	0.295	0.145	0.103	0.101	0.101	0.099	0.092
19	Rio Jorquera	0.466	0.137	0.127	0.117	0.114	0.110	0.096	0.058
20	Rio Pulido	0.527	0.240	0.137	0.137	0.063	0.040	0.022	0.021
21	Rio Manflas	0.316	0.263	0.113	0.078	0.069	0.066	0.065	0.064
22	Río Tránsito hasta Río Carmen	0.353	0.216	0.195	0.098	0.030	0.028	0.023	0.011
23	Rio Transito hasta Angostura de Pinte	0.348	0.242	0.222	0.112	0.054	0.048	0.037	0.020
24	Río el Carmen hasta Río el Tránsito	0.331	0.132	0.132	0.124	0.090	0.081	0.047	0.040
25	Río Carmen hasta San Félix	0.294	0.139	0.138	0.132	0.096	0.089	0.054	0.047

Las precipitaciones mensuales promedio obtenidas para cada cuenca se muestran en la Tabla 4-9. Los mismos coeficientes fueron usados para obtener las precipitaciones mensuales en cada cuenca entre los años de modelación, 1970 a 2009.

Tabla 4-9: Precipitaciones Mensuales por Cuenca (mm)

	Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1	Río Lluta Alto	97.4	81.0	54.0	5.9	1.1	2.4	2.7	4.4	1.2	3.5	5.4	27.9	287.0
2	Río Lluta bajo Río Azufre	97.3	78.0	56.3	6.9	1.2	2.2	3.9	2.8	1.0	3.4	6.5	34.8	294.4
3	Río Caquena	118.3	99.7	72.7	11.0	1.2	2.2	5.8	7.1	1.5	4.7	11.6	44.0	379.8
4	Río San José alto	43.5	37.2	20.5	0.5	0.2	0.8	0.9	2.0	0.7	0.9	0.8	11.7	119.8
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	45.5	39.8	23.5	1.8	0.2	0.6	1.3	2.0	1.0	0.9	1.7	13.1	131.4
6	Río Camarones hasta Conanoxa	32.9	37.6	18.8	1.3	0.2	0.2	1.2	1.8	0.9	0.5	0.5	6.5	102.5
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	52.1	59.3	19.3	3.7	2.1	0.8	3.3	1.3	2.7	1.1	0.7	10.8	157.2
8	Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya	44.3	44.0	20.3	1.3	1.7	0.7	0.8	2.6	0.9	0.5	1.0	6.5	124.5
9	Río Collacagua hasta Peñablanca	41.5	32.7	17.9	1.5	0.3	0.7	0.6	1.5	0.7	0.9	2.0	8.5	108.9
10	Río Piga hasta Collacagua (Huasco)	43.0	33.5	18.4	1.6	0.2	0.7	0.6	1.4	0.7	0.8	2.0	9.0	111.8
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	36.5	31.1	11.5	1.0	1.3	3.5	1.1	0.9	1.1	1.0	1.1	7.0	97.3
12	Río Loa hasta Lequena	38.0	39.2	16.9	0.6	1.7	2.2	0.8	1.7	1.0	0.8	1.1	6.4	110.3
13	Río Salado	32.3	33.1	19.0	2.9	1.0	3.5	0.3	5.2	1.7	0.5	0.2	5.0	104.6
14	Río Salado hasta Curti	42.5	48.8	25.5	0.9	1.8	2.2	0.5	1.7	1.9	0.5	0.6	6.0	132.7
15	Río San Pedro de Atacama	25.6	27.4	17.1	0.7	1.3	3.2	0.6	1.4	1.1	0.4	0.3	2.8	81.8
16	Canal Cuno hasta Socaire	16.5	14.3	9.7	1.4	3.9	3.4	0.4	1.6	1.0	0.2	0.3	0.9	53.6
17	Río de La Ola (Pedernales)	0.0	1.2	2.7	1.8	5.4	8.9	18.1	5.6	2.0	0.5	0.0	0.1	46.2
18	Río Lamas (Maricunga)	0.1	1.2	3.0	2.4	6.7	11.3	15.7	6.9	2.2	0.6	0.0	0.2	50.3
19	Río Jorquera	0.2	1.0	2.8	3.2	7.8	13.3	10.5	8.3	2.3	0.9	0.1	0.3	50.5
20	Río Pulido	0.2	0.4	2.4	3.7	10.9	16.0	12.6	9.3	1.8	0.7	0.0	0.3	58.1
21	Río Manflas	0.1	0.2	1.9	3.4	9.8	15.9	13.7	10.0	1.3	0.6	0.1	0.2	57.1
22	Río Tránsito hasta Río Carmen	0.2	0.1	1.7	4.6	10.5	20.0	19.3	13.3	1.3	0.7	0.1	0.2	72.1
23	Río Transito hasta Angostura de Pinte	0.2	0.1	1.9	5.0	11.8	22.6	21.5	14.8	1.5	0.8	0.1	0.2	80.6
24	Río el Carmen hasta Río el Tránsito	0.2	0.1	1.5	3.5	10.9	21.9	18.2	12.2	1.5	0.6	0.2	0.1	70.8
25	Río Carmen hasta San Félix	0.2	0.1	1.5	3.6	10.9	21.8	18.4	12.5	1.5	0.6	0.2	0.1	71.3

Criterio para Sectorización Espacial de Cuencas

A partir de las precipitaciones anuales promedio obtenidas para cada cuenca (Tabla 4-9) se encontró un parámetro que permite subdividir espacialmente la zona de estudio en zonas homogéneas. Como se puede ver en la Tabla 4-10, la razón entre la precipitación anual y la elevación de cada cuenca varía de norte a sur, tomando valores característicos para cada una de las cuatro zonas destacadas.

Tabla 4-10: Criterio para Sectorización Espacial de Cuencas

	Cuenca	P anual promedio (mm)	Z media (msnm)	P anual promedio/ Z media
Zona 1	1. Río Lluta Alto	287.0	4344.55	0.0661
	2. Río Lluta bajo Río Azufre	294.4	4447.59	0.0662
	3. Río Caquena	379.8	4672.15	0.0813
Zona 2	4. Río San José Alto	119.8	3385.55	0.0354
	5. Río Codpa hasta Cala-Cala	131.4	3900.59	0.0337
	6. Río Camarones hasta Conanoxa	102.5	3177.19	0.0323
	7. Quebrada Camiña hasta Altusa	157.2	4084.39	0.0385
	8. Quebrada Tarapacá hasta Sibaya	124.5	4214.17	0.0295
	9. Río Collacagua hasta Peñablanca	108.9	4293.79	0.0254
	10. Río Piga hasta Collacagua (Huasco)	111.8	4292.41	0.0261
	11. Río Guatacondo hasta Copaquire	97.3	4346.84	0.0224
	12. Río Loa hasta Lequena	110.3	4101.96	0.0269
	13. Río Salado	104.6	3602.02	0.0290
	14. Río Salado hasta Curti	132.7	4285.01	0.0310
	15. Río San Pedro de Atacama	81.8	4026.57	0.0203
Zona 3	16. Canal Cuno hasta Socaire	53.6	4727.35	0.0113
	17. Río de La Ola (Pedernales)	46.2	4025.71	0.0115
	18. Río Lamas (Maricunga)	50.3	4919.13	0.0102
Zona 4	19. Río Jorquera	50.5	3799.06	0.0133
	20. Río Pulido	58.1	3569.39	0.0163
	21. Río Manflas	57.1	3565.69	0.0163
	22. Río Tránsito hasta Río Carmen	72.1	3361.23	0.0170
	23. Río Tránsito hasta Angostura de Pinte	80.6	3709.06	0.0194
	24. Río el Carmen hasta Río El Tránsito	70.8	3471.17	0.0232
	25. Río Carmen hasta San Félix	71.3	3632.28	0.0195

3.3.2. Caudales Superficiales

En la Tabla 4-11 se listan las estaciones fluviométricas existentes en las regiones XV a la III, mientras que en la Figura 4-2 se muestra su ubicación.

Tabla 4-11: Estaciones Fluviométricas Regiones XV a III

	Código BNA	Estación	UTM N (m)	UTM E (m)	Elevación (msnm)
1	01001001-2	RIO CAQUENA EN NACIMIENTO	8001266	479247	4459
2	01001002-0	RIO CAQUENA EN VERTEDERO	8010417	473002	4423
3	01001003-9	RIO COLPACAGUA EN DESEMBOCADURA	8008054	475564	4321
4	01001006-3	CANAL EL EMBUDO EN BT CAQUENA	8013452	468233	4373
5	01010002-K	RIO CHUNGARA EN DESEMBOCADURA	7978437	485907	4567
6	01020002-4	RIO DESAGUADERO COTACOTANI	7988352	474002	4551
7	01020003-2	RIO LAUCA EN ESTANCIA EL LAGO	7984035	464904	4387
8	01020004-0	CANAL LAUCA EN SIFON N° 1 (Km. 3.3)	7984373	464991	4387
9	01021001-1	RIO LAUCA EN JAPU (O EN EL LIMITE)	7945249	495076	3994
10	01021002-K	RIO GUALLATIRE EN GUALLATIRE	7955232	484223	4286
11	01041001-0	RIO CARIQUIMA EN CARIQUIMA	7849344	537642	3758
12	01041002-9	RIO ISLUGA EN BOCATOMA	7869117	533655	3739
13	01044001-7	RIO CANCOSA EN EL TAMBO	7804084	543364	3946
14	01050001-K	QUEBRADA PIGA EN OJOS DE AGUA	7784793	517431	3937

	Código BNA	Estación	UTM N (m)	UTM E (m)	Elevación (msnm)
15	01050002-8	RIO PIGA EN COLLACAGUA	7784670	517663	3937
16	01050003-6	RIO BATEA EN CONFLUENCIA	7784793	517431	3937
17	01050004-4	RIO COLLACAGUA EN PEÑABLANCA	7776095	516638	3892
18	01051001-5	VERTIENTE EL ERMITAÑO EN LAG.HUASCO	7756763	511747	3785
19	01051002-3	VERTIENTE HUASCO NORTE LAG.HUASCO	7757131	512182	3785
20	01200001-4	RIO AZUFRE EN HUMAPALCA	8013324	422347	4105
21	01201001-K	RIO COLPITAS EN ALCERRECA	8010570	433770	3671
22	01201002-8	RIO CARACARANI EN ALCERRECA	8011521	433472	3737
23	01201003-6	RIO LLUTA EN ALCERRECA	8009276	432980	3681
24	01201005-2	RIO CARACARANI EN HUMAPALCA	8027046	425885	3989
25	01202001-5	RIO LLUTA EN JAMIRAYA	7982001	429520	2851
26	01210001-9	RIO LLUTA EN TOCONTASI	7968987	404886	1202
27	01210002-7	RIO LLUTA EN EL MOLINO	7968009	399989	1085
28	01210003-5	RIO LLUTA EN CHAPISCA	7968994	406412	1511
29	01211001-4	RIO LLUTA EN PANAMERICANA	7965042	362677	87
30	01211002-2	RIO LLUTA EN PUENTE VIEJO KM 15	7964666	366025	122
31	01300001-8	RIO TIGNAMAR EN TIGNAMAR	7950787	442653	3091
32	01300002-6	RIO LACO EN COSAPILLA	7965391	544010	3811
33	01300009-3	RIO TIGNAMAR EN ANGOSTURA	7952900	440301	3052
34	01310001-2	RIO SAN JOSE EN LIVILCAR	7954291	424901	2228
35	01310002-0	RIO SAN JOSE EN AUSIPAR	7944933	414385	1494
36	01310003-9	RIO SAN JOSE ANTES BOCATOMA AZAPA	7944975	397999	1062
37	01310004-7	ACUEDUCTO AZAPA EN BOCATOMA	7944773	406443	1162
38	01310005-5	RIO SAN JOSE EN EL MOLINO	7962527	404067	1631
39	01410001-6	RIO UMIRPA EN UMIRPA	7924917	457839	3929
40	01410002-4	RIO CODPA EN CHITITA	7918494	427999	2318
41	01410004-0	RIO CODPA EN CALA-CALA	7918163	429727	2391
42	01410005-9	RIO CODPA EN OFRAGIA	7917397	415710	1785
43	01410006-7	RIO CODPA EN PALCA	7916533	429763	2483
44	01502002-4	RIO CAMARONES EN CONANOXA	7893938	396435	477
45	01502008-3	RIO CAMARONES EN CHILPE	7905332	434748	1834
46	01610001-3	QUEBRADA CAMIÑA EN UMIÑA	7876983	464957	3475
47	01610002-1	QUEBRADA CAMIÑA EN ALTUSA	7866366	459169	2767
48	01610004-8	Q. CAMIÑA 3 KM. A. ARRIBA DE TARCAVIRE	7892764	473198	3732
49	01710001-7	QUEBRADA CAMIGNA EN PACAGUA	7836313	431818	1646
50	01720001-1	RIO AROMA EN ALAGNUSCA	7816922	433144	1431
51	01730001-6	RIO COSCAYA EN PAMPA LIRIMA	7802169	504274	4026
52	01730002-4	RIO TARAPACA EN MINA SAN JUAN	7807308	469950	2211
53	01730003-2	RIO COSCAYA EN SAITOCO	7803521	507358	4159
54	01730004-0	QUEBRADA TARAPACA EN MULLI-MULLI	7818860	497351	3959
55	01730005-9	QUEBRADA TARAPACA EN PACHICA	7803246	453583	1652
56	01730006-7	QUEBRADA TARAPACA EN MOCHA	7810109	471807	2487
57	01730007-5	Q. TARAPACA EN SIBAYA	7812491	484985	2983
58	01730008-3	QUEBRADA TARAPACA EN PUCHURCA	7805059	466842	2018
59	01730009-1	QUEBRADA AROMA EN PALCA	7821686	509607	4232
60	01730012-1	Q. TARAPACA EN LAONSANA	7804715	463963	1904
61	02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	7605197	534950	3325
62	02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	7604060	535264	3319
63	02101004-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN LEQUENA	7616786	536097	3472
64	02102001-K	RIO LOA EN QUEBRADA QUINCHAMALE	7576005	540969	3091
65	02102006-0	RIO LOA EN CATUNCALLA	7589166	540256	3252
66	02102007-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN QUINCHAMALE	7576003	541657	3122
67	02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"1	7570727	565449	3812
68	02103002-3	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N"2 (BT. CHILEX)	7573426	550371	3411
69	02103003-1	RIO SAN PEDRO EN CAMINO INTERNACIONAL	7574048	548222	3289

	Código BNA	Estación	UTM N (m)	UTM E (m)	Elevación (msnm)
70	02103004-K	RIO SAN PEDRO EN SAN PEDRO	7574671	545412	3193
71	02103013-9	RIO SILOLI ANTES REPRESA INACALIRI	7564232	596732	4197
72	02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	7565684	600440	4447
73	02103015-5	CAPTACION DE FCAB EN SILOLI	7564216	599197	4239
74	02103016-3	CAPTACION DE CODELCO EN COLANA	7573520	585657	4428
75	02103017-1	CAPTACION DE CODELCO EN INACALIRI	7563313	596009	4113
76	02103018-K	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL 2 (CODELCO)	7573057	550140	3377
77	02104001-0	RIO LOA EN CONCHI	7568412	540605	3023
78	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	7564018	539132	3018
79	02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"2	7569795	540523	3022
80	02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"1	7569980	540609	3022
81	02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	7527190	536036	2521
82	02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	7570195	540438	3022
83	02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	7536045	578012	3154
84	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	7534956	567504	3023
85	02105003-2	RIO SALADO ANTES REPRESA CHILEX	7534784	584044	3321
86	02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	7526665	536865	2526
87	02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	7536667	588204	3478
88	02105008-3	VERTIENTE TURI TURI	7541630	574117	3085
89	02105033-4	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN TOCONCE	7538158	585436	3326
90	02105034-2	CAPTACIONES CODELCO EN SALADO-HOJALAR	7536163	578985	3142
91	02105035-0	CAPTACION DE CODELCO EN LINZOR (TOCONCE)	7541545	600257	4129
92	02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	7518218	511462	2348
93	02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	7517664	512605	2359
94	02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	7511488	502342	2182
95	02110004-8	RIO LOA EN FINCA	7511120	501142	2144
96	02110007-2	RIO LOA ANTES JUNTA SAN SALVADOR	7523201	445672	1245
97	02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	7525777	535290	2511
98	02110009-9	CANAL YALQUINCHA O.D. N* 1	7517323	515434	2400
99	02110010-2	CANAL YALQUINCHA O.I. N* 2	7516891	517063	2434
100	02110020-K	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN PUENTE NEGRO	7518003	510261	2318
101	02110021-8	CAPTACION DE SQM PEDRO DE VALDIVIA (VERGARA)	7517909	454494	1307
102	02111001-9	VERTIENTE OJOS DE OPACHE	7513948	500028	2181
103	02111002-7	RIO SAN SALVADOR ANTES JUNTA RIO LOA	7523355	445843	1246
104	02112001-4	RIO LOA EN QUILLAGUA	7605787	444811	846
105	02112002-2	CANAL QUILLAGUA EN QUILLAGUA	7606523	444263	868
106	02112003-0	RIO LOA EN PANAMERICANA	7607904	443424	847
107	02112005-7	RIO LOA ANTES ZONA AGRICOLA QUILLAGUA	7598875	446559	908
108	02112006-5	RIO LOA D. J. SAN SALVADOR (CHACANCE)	7523630	445441	1246
109	02112007-3	RIO LOA D. J. SAN SALVADOR-(M. ELENA)	7529060	441818	1208
110	02112012-K	CAPTACION SQM MARIA ELENA	7528691	441905	1206
111	02112013-8	CAPTACION DE SQM COYA SUR	7523477	445671	1246
112	02113001-K	RIO HUATACONDO EN COPAQUIRE	7685196	512130	3884
113	02120001-8	RIO LOA EN DESEMBOCADURA	7630449	390803	42
114	02500001-3	RIO VILAMA EN VILAMA	7470975	583780	2538
115	02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	7425937	600918	2441
116	02500003-K	CANAL TULAN EN TILOMONTE	7368734	590873	2392
117	02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	7470634	584206	2557
118	02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	7388227	617637	3704
119	02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	7367957	592170	2514
120	02500007-2	QUEBRADA DE JEREZ	7435488	603030	2599
121	02500008-0	QUEBRADA DE TALABRE EN TUMBRE	7420476	623435	3941
122	02500009-9	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 1	7411535	606469	2773
123	02500010-2	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 2	7411656	606697	2773
124	02500011-0	VERTIENTE PEINE EN PEINE	7380879	596190	2491

	Código BNA	Estación	UTM N (m)	UTM E (m)	Elevación (msnm)
125	02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI	7475873	582268	2613
126	03022001-3	RIO LA OLA EN VERTEDERO	7071024	494019	3597
127	03041001-7	RIO BARROS NEGROS ANTES JUNTA VALLE ANCHO	6984263	500247	4111
128	03041002-5	RIO VILLALOBOS EN VERTEDERO	6991094	497523	4029
129	03041003-3	RIO VALLE ANCHO ANTES JUNTA BARROS NEGROS	6984479	499725	4111
130	03041004-1	RIO VALLE ANCHO EN LA BARRERA	6998754	499972	3979
131	03041005-K	RIO LAMAS EN EL SALTO	7004661	506885	4343
132	03050001-6	RIO ASTABURUAGA EN CONO	6962601	495525	4401
133	03404001-K	RIO JORQUERA EN VERTEDERO	6897615	405969	1266
134	03414001-4	RIO PULIDO EN VERTEDERO	6892888	407562	1385
135	03421001-2	RIO MANFLAS EN VERTEDERO	6885984	402405	1787
136	03421002-0	RIO MANFLAS ANTE JUNTA CON RIO COPIAPO	6887579	401791	1921
137	03421003-9	RIO MANFLAS EN CASA DE LA HACIENDA	6898681	404540	1414
138	03430001-1	RIO COPIAPO EN LAUTARO	6905153	401866	1151
139	03430002-K	RIO COPIAPO EN SAN ANTONIO	6917067	394986	1037
140	03430003-8	RIO COPIAPO EN PASTILLO	6902341	404156	1250
141	03431001-7	RIO COPIAPO EN LA PUERTA	6923908	388987	1139
142	03431002-5	RIO COPIAPO EN EL BOSQUE	6932981	435076	2985
143	03431003-3	RIO COPIAPO EN PABELLON	6940610	378366	745
144	03434001-3	RIO COPIAPO EN MAL PASO AGUAS ARRIBA CANAL	6954792	374685	573
145	03434002-1	CANAL MAL PASO DESPUES DE BOCATOMA	6955873	375113	546
146	03434003-K	RIO COPIAPO EN MAL PASO AGUAS ABAJO CANAL	6955719	375087	546
147	03450001-0	RIO COPIAPO EN CIUDAD DE COPIAPO	6972537	367552	388
148	03453001-7	RIO COPIAPO EN ANGOSTURA	6976801	318130	118
149	03802001-3	RIO CONAY EN LAS LOZAS	6797502	392687	1994
150	03802002-1	RIO CONAY EN JUNTA LAGUNA GRANDE	6804426	395982	2516
151	03802003-K	RIO HUASCO ANTES JUNTA RIO CHOLAI-CONAY	6792788	288067	607
152	03804001-4	RIO TRANSITO EN LOS TAMBOS	6796898	381429	2098
153	03804002-2	RIO TRANSITO EN ANGOSTURA PINTE	6797821	378360	1477
154	03804003-0	RIO HUASCO EN CHANCHOQUIN	6802370	374872	1173
155	03804004-9	RIO TRANSITO EN EL TRANSITO	6806064	374832	1109
156	03806001-5	RIO TRANSITO ANTES JUNTA RIO CARMEN	6818734	355217	826
157	03814001-9	RIO CARMEN EN SAN FELIX	6797742	357998	1241
158	03814002-7	RIO CARMEN EN EL COLORADO	6792867	352237	2735
159	03814003-5	RIO CARMEN EN EL CORRAL	6779017	362419	1728
160	03815001-4	RIO CARMEN EN RAMADILLAS	6818761	354837	826
161	03815002-2	RIO CARMEN EN PTE. LA MAJADA	6798634	357878	1312
162	03820001-1	RIO HUASCO EN ALGODONES	6820890	352856	893
163	03820002-K	RIO HUASCO EN CHEPICA	6824253	348579	772
164	03820003-8	RIO HUASCO EN SANTA JUANA	6827205	339120	712
165	03825001-9	RIO HUASCO EN PUENTE NICOLASA	6844398	303638	180
166	03826001-4	RIO HUASCO EN HUASCO BAJO	6849338	286712	21

Relleno de Series de Caudal

El relleno de caudales se ha efectuado mediante el mismo modelo estocástico multivariado aplicado al caso de las precipitaciones (ver sección 3.3.1).

Se debe notar que, en el caso de las precipitaciones la aplicabilidad de este modelo se debe a la dependencia espacial e independencia temporal del conjunto de estaciones, lo cual generalmente no se observa para los caudales superficiales. Sin embargo, al estudiar las series fluviométricas disponibles, se observaron correlaciones sólo medianamente

buenas entre algunos pares de estaciones (malas correlaciones en la mayoría de los casos), y muy malas autocorrelaciones de las series de caudal.

Las autocorrelaciones dan cuenta de la correlación entre los caudales en un cierto período y aquellos registrados en la misma estación en períodos anteriores. Normalmente, se espera que las series de caudales presenten buenas autocorrelaciones, ya que hay una dependencia física entre el caudal que se mide, por ejemplo, en verano, y el deshielo, afloramientos o caudales subsuperficiales que son producto de las precipitaciones y caudales en períodos anteriores. No obstante, en la zona de estudio las autocorrelaciones tan bajas sugiere que esta dependencia no es lo suficientemente clara como para ser utilizada en el relleno o extensión de estadísticas.

En consecuencia, el comportamiento estadístico de las series valida la utilización del modelo estocástico multivariado para el propósito de relleno y extensión.

En efecto, el resultado obtenido del relleno multivariado ha sido satisfactorio, presentando muy buenos parámetros de ajuste, como se verá más adelante.

Estaciones seleccionadas

Del total de estaciones fluviométricas disponibles se han seleccionado aquellas que se encuentran dentro o en el entorno de las cuencas seleccionadas, que cuentan con al menos 10 años de registro (salvo pocas excepciones) y que proporcionan un coeficiente de correlación con otras estaciones (los registros con sólo valores nulos tienen una desviación estándar igual a cero, por lo cual se indefiniría el coeficiente de correlación con cualquier otra estación). Del total de 166 estaciones fluviométricas existentes en el área de estudio se seleccionó un total de 50 que cumplen con esta condición.

Se debe notar que, dado que el relleno se ha efectuado mensualmente, al decir que se requieren al menos 10 años de registro, significa que deben existir al menos 10 valores mensuales para cada mes del año, dentro del período entre 1970 y 2009.

Esto fue un factor relevante al momento de elegir las cuencas a estudiar. Las 25 cuencas seleccionadas son las únicas, en las que se cumplen los requisitos para ser incluidas en este estudio (ver sección 3.1), puesto que cuentan con información fluviométrica lo suficientemente completa para aprovecharla en el proceso de relleno y extensión. El resto debió ser descartado.

En la siguiente Tabla 4-12 se resumen las estaciones seleccionadas.

Tabla 4-12: Estaciones Fluviométricas Seleccionadas

	Nº en Figura	Nombre	Años	Cuenca		Nº en Figura	Nombre	Años	Cuenca
1	24	Río Caracarani en Humapalca	36	2	26	84	Río Salado en Sifón Ayquina	31	-
2	22	Río Caracarani en Alcerreca	8	-	27	86	Río Salado A. J. Loa	8	13
3	21	Río Colpitas en Alcerreca	32	-	28	125	Río San Pedro en Cuchabrachi	35	15
4	2	Río Caquena en Vertedero	36	3	29	117	Canal Vilama en Vilama	32	-
5	23	Río Lluta en Alcerreca	33	1	30	118	Canal Cuno en Socaire	21	16
6	3	Río Colpacagua en Desembocadura	20	-	31	126	Río La Ola en Vertedero	24	17
7	1	Río Caquena en Nacimiento	20	-	32	131	Río Lamas en El Salto	29	18
8	8	Canal Lauca en Sifón N° 1 (Km. 3.3)	26	-	33	130	Río Valle Ancho en La Barrera	25	-
9	35	Río San José en Ausipar	23	-	34	128	Río Villalobos en Vertedero	29	-
10	37	Acueducto Azapa en Bocatoma	37	4	35	129	Río Valle Ancho Antes Junta Barros Negros	28	-
11	41	Río Codpa en Cala-Cala	27	5	36	127	Río Barros Negros Antes Junta Valle Ancho	29	-
12	44	Río Camarones en Conanoxa	23	6	37	132	Río Astaburuaga en Cono	23	19
13	47	Quebrada Camiña en Altusa	19	7	38	138	Río Copiapó en Lautaro	41	-
14	57	Q. Tarapaca en Sibaya	14	8	39	140	Río Copiapó en Pastillo	35	-
15	52	Río Tarapaca en Mina San Juan	18	-	40	133	Río Jorquera en Vertedero	41	20
16	60	Q. Tarapaca en Laonsana	7	-	41	134	Río Pulido en Vertedero	41	21
17	53	Río Coscaya en Saitoco	23	-	42	135	Río Manflas en Vertedero	36	22
18	51	Río Coscaya en Pampa Lirima	12	-	43	162	Río Huasco en Algodones	17	-
19	16	Río Batea en Confluencia	28	-	44	160	Río Carmen en Ramadillas	30	25
20	15	Río Piga en Collacagua	35	10	45	156	Río Transito Antes Junta Río Carmen	40	23
21	17	Río Collacagua en Peñablanca	24	9	46	161	Río Carmen en Pte. La Majada	17	-
22	112	Río Huatacondo en Copaquire	31	11	47	153	Río Transito en Angostura Pinte	38	24
23	61	Río Loa Antes Represa Lequena	38	12	48	157	Río Carmen en San Felix	19	26
24	87	Río Toconce Antes Represa Sendos	25	-	49	149	Río Conay en Las Lozas	23	-
25	83	Río Salado A. J. Curti	35	14	50	159	Río Carmen en El Corral	19	-

Resultados Relleno Multivariado

Los resultados obtenidos del relleno multivariado se consideran estadísticamente satisfactorios y representativos del comportamiento observado de las series de caudales superficiales registrados. Sin embargo, se debe notar nuevamente que esto no implica que las series de caudales obtenidas sean una fiel representación de los caudales en régimen natural asociados a cada cuenca.

Más aún, como se ha explicado en la sección 3.3.1, **Relleno de Series de Precipitación**, el método de relleno multivariado impone a los valores rellenados, mantener aproximadamente la media y desviación estándar de las series de tiempo originales. Esto significa que si la serie original presenta una tendencia al aumento o a la disminución (ie, la media varía en el tiempo), el modelo no será capaz de reconocerla como tal, sino que considerará el promedio aritmético como una media invariable, y la tendencia resultará en una dispersión y desviación estándar exageradas.

Del mismo modo, si realiza el ejercicio de incorporar el ejercicio de nuevos derechos de agua superficial a lo largo del período de modelación, con variaciones bruscas o cambios en la tendencia de las series de caudales, entonces, de no llevar los caudales a un régimen homogéneo antes de realizar el relleno, los valores rellenados tendrán una dispersión

mayor a la real y una media intermedia entre las medias antes y después del comienzo del ejercicio de los derechos.

A continuación se presentan las matrices de correlación obtenidas para cada mes, así como para el caso anual, en las cuales las estaciones se encuentran ordenadas de norte a sur, de arriba hacia abajo (y de izquierda a derecha).

Se muestran posteriormente las correlaciones de los estadísticos más relevantes, representativos de las series de precipitaciones originales y las rellenadas mediante el método descrito.

Figura 4-30: Matriz de Correlaciones Qm - Enero

1.00	0.38	0.63	0.31	0.75	-0.43	0.51	0.41	0.58	-0.22	0.78	0.48	0.43	0.73	0.71	0.71	0.59	-0.01	-0.08	0.21	0.09	0.44	0.42	0.32	0.42	0.44	0.54	0.30	0.09	0.07	-0.05	-0.26	0.02	0.07	-0.13	0.08	0.11	0.05	0.10	0.00	0.05	0.03	0.16	-0.08	0.03	0.34	-0.10	-0.29	-0.04	0.21	
0.38	1.00	0.71	0.31	0.84	-0.22	0.44	0.90	0.57	0.59	-0.01	0.08	0.21	0.09	0.44	0.42	0.32	0.42	0.44	0.54	0.30	0.09	0.07	-0.05	-0.26	0.02	0.07	-0.13	0.08	0.11	0.05	0.10	0.00	0.05	0.03	0.16	-0.08	0.03	0.34	-0.10	-0.29	-0.04	0.21								
0.63	0.71	1.00	0.69	0.75	0.60	0.77	0.59	0.42	0.15	0.76	0.14	0.74	0.67	0.58	0.64	0.75	0.20	0.36	0.38	0.43	0.35	0.09	0.23	0.26	0.06	0.26	0.21	-0.10	0.07	-0.01	-0.39	0.20	-0.05	0.01	-0.10	-0.05	-0.10	-0.05	-0.25	-0.16	-0.09	-0.02	-0.27	-0.07						
0.31	0.31	0.69	1.00	0.59	0.37	0.63	0.35	0.36	0.00	0.62	0.43	0.65	0.01	0.23	0.87	0.57	0.45	0.26	0.32	0.31	0.26	-0.13	0.10	0.11	0.10	0.00	0.18	0.02	0.06	-0.33	0.08	-0.12	-0.19	-0.02	-0.03	0.20	-0.04	-0.01	0.06	0.03	-0.01	-0.04	-0.08	0.03	-0.05	-0.06	0.00			
0.75	0.84	0.75	0.59	1.00	0.62	0.54	0.33	0.63	0.63	-0.23	0.88	0.55	0.80	0.57	0.62	0.34	0.78	0.49	0.20	0.44	0.23	0.08	0.53	0.31	0.42	0.41	-0.07	-0.12	0.15	0.10	-0.09	-0.11	0.14	-0.09	0.13	-0.27	0.03	0.13	-0.04	0.01	0.00	0.07	0.03	0.04	0.37	-0.16	-0.30	0.19		
0.43	-0.43	-0.60	-0.37	0.62	1.00	0.60	0.76	0.52	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
0.51	-	0.57	0.63	0.54	0.36	1.00	0.46	0.05	-0.10	0.52	0.31	0.56	-0.08	0.20	-	0.78	0.46	-0.12	0.30	0.43	0.17	0.23	-0.07	0.14	-0.03	-1.00	0.29	0.47	0.56	0.17	-0.20	0.64	0.34	-0.40	-0.08	-0.01	0.36	0.14	0.01	0.11	0.05	0.08	0.17	0.08	-0.04	0.28	0.75	-0.11	0.08	
0.41	-	0.59	0.35	0.33	0.00	0.46	1.00	0.33	0.19	0.31	-0.05	0.55	0.35	0.29	0.62	0.38	0.75	0.16	0.12	0.26	0.42	0.18	-0.06	-0.02	-0.11	-0.40	0.05	0.43	0.14	0.15	-0.17	-0.58	0.32	0.04	0.15	0.14	0.26	-0.04	0.22	0.10	0.07	-0.14	-0.05	-0.09	-0.09	-0.21	-0.53	0.14	-0.01	
0.58	1.00	0.42	0.36	0.63	0.42	0.05	0.33	1.00	-0.07	0.69	0.80	0.88	0.56	0.51	0.42	0.44	-	0.36	0.34	0.17	0.13	0.19	0.48	0.32	0.27	0.24	0.06	0.18	0.18	0.43	0.01	0.16	-0.12	0.38	0.23	0.42	0.29	0.25	0.28	0.27	0.62	0.24	0.26	0.69	0.06	0.79	0.19	0.62		
-0.22	-0.44	0.15	0.00	-0.23	0.17	-0.10	0.13	-0.07	1.00	-0.55	0.01	0.31	0.18	0.01	-0.46	-0.18	-0.24	-0.05	-0.05	0.12	0.67	0.03	-0.13	-0.10	-0.10	0.06	-0.25	0.41	-0.40	0.18	0.05	-0.16	0.40	0.22	0.29	-0.15	-0.15	-0.20	0.12	-0.21	-0.06	-0.10	-0.11	-0.15	0.07	0.06	0.00			
0.78	1.00	0.76	0.62	0.88	0.70	0.52	0.31	0.60	-0.15	1.00	0.61	0.86	0.68	0.67	0.77	0.78	0.41	0.05	0.47	0.24	0.11	0.65	0.14	0.55	0.56	0.00	0.37	0.03	0.21	0.05	-0.11	-0.22	0.08	-0.13	0.15	-0.05	0.02	0.22	0.07	0.15	0.15	0.26	0.17	0.19	0.51	0.00	-0.50	-0.09	0.25	
0.48	0.97	0.14	0.43	0.55	0.78	0.31	-0.05	0.80	0.01	0.61	1.00	0.45	0.61	0.71	0.78	0.18	0.39	0.06	0.20	0.55	-0.60	0.32	0.13	0.55	0.58	-0.01	-0.23	-0.41	0.12	0.07	-0.06	0.31	-0.28	-0.18	0.16	0.11	0.58	0.05	0.36	0.41	0.52	0.52	0.29	0.44	0.20	0.21	0.03	0.56		
0.43	0.59	0.74	0.65	0.80	0.67	0.56	0.55	0.88	0.03	0.86	0.45	1.00	0.98	0.71	-	0.85	0.77	0.19	0.73	0.25	0.60	0.76	0.54	0.53	0.33	-	0.27	0.10	0.27	0.17	-0.02	-0.58	0.03	-0.21	-0.03	-0.02	-0.08	0.29	0.00	0.09	0.00	0.76	0.20	0.13	0.03	0.13	-0.03	0.02	0.78	
0.73	-	0.67	0.03	0.57	0.48	-0.08	0.35	0.56	0.18	0.68	0.61	0.98	1.00	0.88	0.71	-	0.85	0.77	0.19	0.73	0.25	0.60	0.76	0.54	0.53	0.33	-	0.27	0.10	0.27	0.17	-0.02	-0.58	0.03	-0.21	-0.03	-0.02	-0.08	0.29	0.00	0.09	0.00	0.76	0.20	0.13	0.03	0.13	-0.03	0.02	0.78
0.71	-	0.58	0.12	0.62	0.55	0.20	0.29	0.51	0.03	0.67	0.71	0.71	0.88	1.00	0.41	0.85	0.07	0.23	0.27	0.11	0.80	0.73	0.77	0.74	0.00	0.68	-0.20	-0.30	-0.12	-0.19	-0.05	-0.09	-0.11	0.16	-0.38	-0.01	0.11	-0.01	0.05	0.02	0.01	-0.05	0.02	-0.14	-0.14	-0.24	0.08			
0.41	-	0.64	0.87	0.34	0.70	-	0.62	0.42	-0.46	0.77	0.78	-	0.71	-	1.00	0.89	-0.08	-0.12	-0.13	-0.02	0.56	-0.79	0.49	0.60	0.12	0.23	-0.57	0.17	0.20	0.72	0.62	0.38	-0.24	0.19	0.45	0.52	0.81	0.49	0.87	0.71	0.76	-	0.84	0.91	0.81	-	0.74	0.84		
0.59	-	0.75	0.57	0.78	0.58	0.78	0.38	0.44	-0.18	0.78	0.18	0.85	0.49	0.41	0.89	1.00	0.57	0.09	0.63	0.42	0.34	0.65	0.08	0.43	0.46	0.37	0.39	0.16	0.28	0.15	0.10	-0.49	0.34	-0.03	-0.02	-0.09	0.21	0.23	0.18	0.23	0.07	0.00	0.48	0.21	0.39	0.24	-0.26	0.06	-0.07	
0.01	0.81	0.20	0.45	0.49	0.46	0.75	-0.28	0.41	0.39	0.77	0.85	-0.07	0.55	0.62	0.48	0.28	0.90	0.85	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80			
-0.09	0.26	0.26	0.20	-0.17	-0.22	0.16	-0.36	-0.05	0.05	0.06	0.19	-0.14	-0.07	-0.08	0.09	0.55	1.00	-0.01	-0.28	0.05	0.15	0.01	0.01	0.03	0.25	0.01	-0.22	0.04	0.05	0.14	0.11	0.10	0.32	0.12	-0.24	-0.12	-0.11	0.02	-0.12	-0.01	0.00	-0.23	-0.12	-0.09	0.36	-0.02	0.05			
0.21	0.73	0.36	0.32	0.44	0.53	0.30	0.12	0.34	-0.05	0.47	0.20	0.73	0.35	0.23	0.52	0.63	0.82	-0.01	0.10	0.59	0.19	0.52	0.03	0.35	0.24	-0.05	0.33	-0.03	-0.03	-0.15	-0.29	-0.07	-0.26	-0.12	0.10	0.03	0.13	-0.06	0.17	0.00	-0.07	0.14	0.08	-0.26	0.31	0.25	0.08	-0.10		
0.09	1.00	0.38	0.30	0.23	0.38	0.43	0.26	0.07	0.12	0.24	0.20	0.55	0.00	0.27	-0.13	0.42	0.48	-0.28	0.59	1.00	0.57	0.21	-0.48	0.21	0.14	-0.15	0.05	0.06	-0.50	-0.22	0.23	0.31	0.00	-0.42	-0.22	-0.04	-0.11	-0.39	-0.23	-0.19	-0.34	-0.40	-0.20	-0.27	-0.46	0.12	-0.23	-0.01	-0.39	
0.04	-0.38	0.43	0.31	0.08	0.20	0.37	0.42	0.13	0.67	0.11	-0.01	0.60	0.09	0.11	-0.02	0.34	0.28	0.05	0.19	0.57	1.00	0.33	-0.25	0.06	-0.01	-0.26	0.05	0.46	-0.37	0.14	0.18	-0.44	0.39	0.00	0.15	-0.16	0.10	-0.18	0.14	-0.06	-0.19	0.02	-0.11	0.01	-0.26	0.06	0.10	0.15	-0.04	
0.32	1.00	0.09	-0.18	0.31	0.01	-0.07	-0.06	0.48	0.13	0.34	0.13	0.54	0.63	0.73	-0.09	0.08	0.55	0.01	0.03	-0.48	-0.25	0.65	1.00	0.44	0.43	-0.26	0.34	0.01	0.02	-0.29	-0.06	0.16	0.21	0.33	0.06	0.16	0.35	0.21	0.26	0.29	0.42	0.39	0.35	0.79	0.04	0.08	-0.20	0.41		
0.42	0.79	0.23	0.13	0.42	0.44	0.14	-0.02	0.32	0.10	0.55	0.55	0.53	0.55	0.77	0.49	0.43	0.85	0.01	0.35	0.21	0.06	0.78	0.44	1.00	0.96	0.59	0.76	0.11	0.02	-0.32	0.04	-0.11	0.14	-0.22	0.04	-0.02	-0.05	0.14	-0.03	0.13	-0.12	0.00	-0.03	-0.04	0.14	-0.01	-0.27	-0.18	-0.04	
0.44	0.73	0.26	0.10	0.41	0.38	0.03	-0.11	0.27	0.10	0.56	0.58	0.33	0.57	0.74	0.60	0.46	0.90	0.01	0.24	0.14	-0.01	0.82	0.43	0.96	1.00	0.66	0.77	0.19	-0.03	-0.36	0.08	0.08	-0.13	-0.07	0.20	0.10	0.05	0.15	0.13	0.21	-0.07	-0.02	-0.01	0.13	0.02	-0.10	-0.13	-0.05		
0.54	0.06	0.11	-0.07	0.33	0.01	0.35	0.24	0.36	-0.05	0.05	0.06	0.19	-0.14	-0.07	-0.08	0.09	0.55	1.00	-0.01	-0.28	0.05	0.15	0.01	0.01	0.03	0.25	0.01	-0.22	0.04	0.05	0.14	0.11	0.10	0.32	0.12	-0.24	-0.12	-0.11	0.02	-0.12	-0.01	0.00	-0.23	-0.12	-0.09	0.36	-0.02	0.05		
0.30	0.89	0.26	0.10	0.27	0.31	0.29	0.05	0.60	-0.25	0.37	0.23	0.27	0.40	0.68	0.23	0.39	0.80	0.01	0.33	0.05	0.05	0.46	0.34	0.76	0.72	0.49	1.00	0.15	0.15	-0.28	-0.10	-0.30	0.06	-0.06	0.21	0.25	0.18	0.08	0.20	-0.10	-0.06	-0.11	-0.02	0.03	-0.07	-0.07	-0.03	-0.06		
0.09	-0.75	0.21	0.00	-0.12	-0.33	0.47	0.41	0.18	0.44	-0.03	-0.41	0.10	-0.16	-0.20	-0.57	-0.16	-0.16	-0.22	0.03	0.06	0.46	-0.11	0.01	-0.11	-0.19	0.33	0.15	1.00	0.15	0.15	0.23	-0.05	-0.33	0.20	0.28	0.15	0.00	0.20	-0.21	0.10	-0.11	-0.16								

Figura 4-32: Matriz de Correlaciones Qm - Marzo

0.60	0.60	0.73	0.80	0.84	0.35	-0.01	0.85	-0.34	0.62	0.50	-0.01	0.59	0.54	-0.39	0.72	0.33	0.08	-0.36	0.49	0.69	0.00	-0.08	0.69	0.75	0.69	0.61	-0.19	0.04	-0.37	0.10	0.05	-0.16	-0.09	-0.07	0.12	0.06	0.23	-0.16	0.19	-0.16	-0.02	0.06	-0.02	-0.25	0.03	0.05	0.05	-0.06		
0.60	1.00	0.17	0.48	0.52	0.74	0.69	0.29	-1.00	-1.00	-0.69	-0.92	-1.00	-1.00	-0.99	-1.00	-0.34	-0.88	-0.70	0.56	1.00	0.60	0.81	0.31	-0.18	-0.24	-0.44	-0.37	0.24	-0.04	-0.72	-0.94	-0.80	-0.99	-0.51	-0.22	-0.50	-0.54	-0.49	-0.68	0.71	-0.70	-0.70	-0.03	0.36	-0.02	-0.18				
0.79	0.17	0.01	0.62	0.68	0.45	0.44	0.66	0.38	0.72	0.69	0.87	0.66	0.60	0.09	0.23	0.17	-0.07	-0.01	0.21	0.29	0.10	-0.32	0.67	0.82	0.88	0.63	-0.40	-0.44	-0.34	-0.17	0.14	-0.17	-0.16	-0.03	0.23	0.08	-0.17	-0.18	-0.11	-0.08	-0.11	-0.06	-0.08	0.15	0.03	0.46	-0.02	-0.18		
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				
0.08	0.52	0.92	0.61	1.00	0.81	0.31	0.11	0.78	0.31	0.80	0.80	0.66	0.85	0.78	0.00	0.44	0.31	0.14	0.07	0.12	0.39	0.10	-0.32	0.67	0.82	0.88	0.63	-0.40	-0.44	-0.34	-0.17	0.14	-0.17	-0.16	-0.03	0.23	0.08	-0.17	-0.18	-0.11	-0.08	-0.11	-0.06	-0.08	0.15	0.03	0.46	-0.02	-0.18	
0.48	-0.68	0.74	0.81	1.00	0.48	0.19	0.71	0.49	0.62	0.36	0.80	0.62	0.74	0.27	0.58	-0.01	0.42	0.30	0.71	0.31	-0.14	-0.37	0.76	0.73	0.83	0.43	-0.45	-0.01	-0.49	-0.21	0.20	-0.66	-0.14	0.13	0.28	0.15	0.38	-0.26	-0.10	-0.26	-0.16	-0.08	-0.11	-0.09	-0.20	-0.18	-0.02	-0.18		
0.35	-0.45	0.69	0.31	0.48	1.00	0.88	0.55	-0.69	0.33	-0.02	0.19	0.32	-0.14	1.00	0.41	0.95	0.05	0.28	0.22	0.20	0.55	0.11	0.27	0.38	1.00	0.24	-0.42	-0.26	-0.53	0.32	0.35	0.28	-0.23	0.52	0.15	0.03	-0.06	-0.07	-0.16	-0.57	-0.33	-0.31	0.74	-0.26	-0.19	-0.43	-0.62			
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				
0.85	0.66	0.69	0.78	0.71	0.55	-0.19	1.00	-0.24	0.33	0.11	0.88	0.27	0.92	0.50	0.88	0.32	0.67	0.51	0.96	0.34	0.17	0.96	0.88	0.77	0.88	-0.49	-0.01	0.19	0.06	0.31	-0.33	0.37	0.19	0.29	0.04	0.52	0.13	0.58	0.34	0.43	0.56	0.52	0.51	0.42	1.00	0.11	0.21			
0.34	1.00	0.38	-0.34	-0.31	-0.49	-0.69	0.22	-0.24	1.00	-0.26	0.13	0.06	-0.16	0.00	-0.09	-0.14	0.24	0.05	-0.12	-0.39	-0.18	-0.51	0.12	-0.30	-0.48	-0.57	-0.16	0.38	0.10	0.26	-0.15	-0.43	0.59	0.22	0.35	-0.23	-0.09	-0.25	0.01	-0.20	-0.03	-0.25	0.04	0.11	0.28	0.01	-0.09	-0.15	-0.16	
0.62	1.00	0.72	0.59	0.80	0.62	0.33	0.39	0.33	-0.26	1.00	0.57	0.74	0.65	0.70	0.16	0.15	0.35	-0.08	0.07	0.29	0.14	0.29	0.14	0.35	0.42	0.61	-0.01	-0.06	-0.32	-0.29	0.02	0.02	0.07	0.25	0.19	0.28	0.05	0.01	0.00	0.14	0.07	0.22	0.26	0.01	0.40	0.18	0.45	0.30	0.01	
0.50	0.69	0.69	0.34	0.69	0.36	-0.02	0.12	0.31	0.13	0.57	1.00	0.67	0.69	0.74	0.81	0.15	0.58	-0.09	0.10	-0.07	-0.27	-0.29	-0.22	0.28	0.33	0.44	-0.28	-0.05	-0.07	0.31	0.05	-0.09	0.05	-0.07	0.14	-0.06	0.13	0.16	0.01	0.03	0.02	-0.28	0.10	0.48	0.04	0.06	0.07			
0.59	-0.66	0.10	0.85	0.62	0.32	0.31	0.27	-0.16	0.65	0.69	-1.00	1.00	0.92	0.31	0.29	-0.23	-0.28	0.19	0.25	0.31	0.10	0.60	0.31	-0.44	0.61	-0.32	-0.38	-0.46	-0.44	-0.23	-0.64	-0.11	0.24	0.08	0.33	0.37	-0.19	-0.08	-0.27	-0.30	-0.54	-0.26	-0.41	-0.33	-0.24	-0.30				
0.54	0.60	0.41	0.79	0.74	0.14	0.24	0.92	0.00	0.70	0.74	0.66	0.92	1.00	0.38	0.28	0.05	0.13	0.18	0.15	0.54	-0.26	0.77	0.54	0.17	0.54	0.70	0.54	0.33	-0.36	0.50	0.12	0.07	-0.30	-0.02	-0.03	-0.02	-0.46	-0.27	0.11	0.00	-0.28	-0.18	0.14	0.17	1.00	-0.31	-0.24			
0.39	0.09	0.08	0.96	-0.97	1.00	-0.36	-0.50	0.09	0.16	0.83	0.31	1.00	0.92	0.31	0.29	-0.18	-0.35	0.25	0.51	0.08	0.01	-0.56	-0.11	0.87	0.10	0.40	-0.56	-0.05	0.03	0.36	0.77	0.06	0.10	-0.94	-0.31	0.27	0.17	0.03	0.20	0.28	0.15	0.17	0.17	0.02	0.15					
0.72	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39				
0.39	0.99	0.17	0.12	0.31	-0.95	-0.97	-0.24	0.35	0.58	0.44	-0.28	-0.39	1.00	0.99	0.31	0.07	0.45	0.40	0.09	0.07	-0.47	-0.21	-0.20	-0.19	-0.04	-0.19	-0.04	-0.11	-0.05	-0.04	-0.11	-0.15	-0.08	0.19	0.47	0.25	-0.04	0.17	0.56	0.01	-0.50	0.37	-0.57	0.47	0.84					
0.07	0.25	0.14	-0.01	0.05	-0.14	0.32	0.05	-0.08	-0.05	0.16	-0.23	-0.05	-0.35	0.31	0.07	1.00	0.16	-0.14	0.21	0.21	0.39	0.08	0.26	0.09	0.27	-0.32	0.05	-0.11	0.11	0.26	-0.03	0.47	0.05	-0.04	-0.07	0.13	0.04	-0.11	0.14	0.08	-0.03	-0.01	-0.12	0.01	0.29	0.18	0.02			
0.36	-0.48	-0.56	0.07	0.42	0.28	0.09	0.67	-0.12	0.00	-0.47	-0.28	0.13	0.84	0.70	0.45	0.16	1.00	0.38	0.64	0.24	0.18	0.55	0.52	0.87	0.44	0.18	0.16	-0.29	0.03	0.11	-0.02	0.08	-0.21	0.16	0.21	0.39	0.14	0.31	0.16	0.04	-0.24	0.13	0.03	0.27	0.58	0.12	-0.04			
0.69	0.70	0.29	0.49	0.35	0.71	0.20	-0.25	0.96	0.18	-0.14	-0.07	0.66	0.25	0.15	-0.31	0.93	0.09	0.21	0.64	0.47	1.00	0.11	0.87	0.89	0.85	0.88	-0.02	0.11	-0.15	0.05	0.01	-0.16	-0.16	0.05	0.03	0.36	0.00	0.24	0.04	0.14	0.10	0.09	0.08	0.28	0.04	0.15	0.00			
0.00	0.56	0.10	0.21	0.47	0.31	0.55	-0.04	0.34	-0.51	0.29	0.27	0.38	0.31	0.54	0.08	0.33	0.07	0.21	0.24	0.07	1.11	0.00	0.25	0.38	0.22	0.51	-0.16	-0.17	0.11	-0.27	0.04	0.09	0.09	0.18	0.31	0.12	0.20	0.09	0.13	0.11	-0.06	-0.04	0.05	0.02	0.00	0.01	0.19	-0.06		
0.08	1.00	0.12	0.04	-0.26	-0.14	0.11	0.25	0.17	0.12	0.14	-0.29	0.03	-0.10	-0.26	-0.01	-0.15	0.47	0.39	0.18	0.24	0.03	0.25	1.00	0.06	-0.11	-0.83	-0.07	0.16	0.06	0.20	-0.33	0.07	0.09	0.49	-0.09	-0.16	0.09	0.26	0.21	0.17	0.31	0.46	0.24	0.19	0.25	0.30	0.54	0.40		
0.75	0.81	0.82	0.70	0.69	0.76	0.38	0.05	0.88	-0.44	0.28	0.28	0.71	0.31	0.54	0.56	0.71	0.20	0.26	0.52	0.34	0.89	0.22	0.11	0.88	1.00	0.38	0.88	0.73	-0.37	-0.24	-0.20	0.07	0.13	-0.24	0.20	-0.16	0.21	0.08	0.34	0.47	0.19	0.06	0.15	0.02	0.03	0.00	-0.12	0.12	-0.01	
0.69	-0.88	0.68	0.67	0.73	1.00	0.66	0.77	0.67	0.61	0.33	-0.44	-0.11	0.89	0.09	0.87	0.25	0.85	0.51	-0.83	0.87	0.88	1.00	0.41	0.15	-0.14	-0.23	0.86	0.23	0.40	-0.28	0.03	0.78	0.29	-0.04	-0.28	-0.01	-0.17	0.06	-0.04	0.68	0.17	-0.22	0.01	-0.22	0.01					
0.61	0.13	0.63	0.41	0.50	0.43	0.24	-0.42	0.88	-0.16	-0.04	0.44	0.56	0.61	0.70	0.07	0.82	-0.19	0.27	0.44	0.33	0.88	0.16	0.07	0.82	0.73	0.41	1.00	-0.25	-0.07	-0.15	0.02	-0.15	-0.22	0.24	-0.22	-0.02	0.04	0.35	-0.10	0.19	0.07	0.06	0.08	0.09	-0.27	0.04	0.12	0.08	0.00	
0.44	-0.44	-0.26	-0.21	-0.26	-0.25	-0.01	0.10	-0.32	-0.11	0.75	-0.38	-0.33	-0.56	0.33	-0.05	0.16	-0.06	-0.11	0.11	0.06	-0.05	-0.24	-0.14	0.11	0.06	-0.05	-0.24	-0.14	0.07	0.22	1.00	0.13	0.00	-0.20	0.19	0.08	0.28	-0.24	0.34	0.23	0.35	0.30	0.19	0.07	0.43	0.27	0.21	0.31	-0.23	0.27
-0.37	-0.51	0.17	-0.11	-0.40	-0.21	0.32	-0.19	0.06	-0.05	-0.02	-0.07	-0.04	-0.44	-0.50	0.03	0.10	-0.09	0.11	0.03	-0.29	0.05	0.04	-0.31	0.03	0.07	0.86	0.02	-0.22	0.00	-0.02	0.00	0.10	-0.28	0.33	-0.05	0.25	0.15	0.20	0.47	0.17	0.41	0.02	0.62	0.63	0.05	0.16				
-0.10	-0.54	0.17	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10			
-0.16	-0.72	-0.17	-0.07	-0.04	-0.66	-0.50	-0.44	-0.33	0.59	0.07	0.25	0.27																																						

Figura 4-33: Matriz de Correlaciones Qm - Abril

0.23	-0.21	0.61	0.63	0.65	0.51	0.37	0.01	0.62	-0.14	0.61	0.23	-0.05	-0.05	-0.91	-0.04	0.84	1.00	-	-	-0.38	-0.60	0.27	-0.67	-0.08	0.21	0.28	0.55	0.31	-0.31	0.35	0.25	0.36	0.02	-0.19	-0.05	0.00	-0.11	-0.02	0.01	-0.13	0.23	0.01	0.06	0.14	0.18	0.20	0.05	0.12	0.08	0.16	-0.06	0.06	0.28	0.07	-0.07
0.21	-0.02	0.92	0.37	0.91	0.05	-0.05	-0.91	-0.04	-0.91	-0.04	0.84	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-0.38	-0.60	0.27	-0.67	-0.08	0.21	0.28	0.55	0.31	-0.31	0.35	0.25	0.36	0.02	-0.19	-0.05	0.00	-0.11	-0.02	0.01	-0.13	0.23	0.01	0.06	0.14	0.18	0.20	0.05	0.12	0.08	0.16	-0.06	0.06	0.28	0.07	-0.07
0.61	0.92	1.00	0.38	0.70	0.36	0.14	0.48	0.65	0.35	0.70	0.27	0.61	0.80	0.50	0.18	0.01	0.44	-0.02	0.22	0.31	0.65	0.25	-0.28	0.14	0.28	-0.09	0.23	0.25	-0.12	0.14	0.00	-0.24	0.29	-0.26	0.02	-0.11	0.26	0.12	0.04	0.08	-0.26	-0.21	0.04	0.03	0.35	-0.21	0.50	0.10	0.35	-0.08	0.06	0.07	-0.08		
0.63	0.93	0.98	0.38	0.70	0.14	0.54	0.23	-0.01	0.70	0.18	0.46	0.60	0.55	0.33	0.23	0.22	0.39	0.41	0.52	0.65	0.07	-0.56	0.14	0.38	-0.09	-0.20	-0.11	-0.37	-0.15	0.06	-0.00	0.01	-0.01	0.09	0.00	-0.01	0.09	0.00	0.19	0.22	0.03	0.12	0.16	0.19	-0.18	0.12	0.33	-0.08	0.06	0.07	-0.08				
0.63	0.93	0.98	0.38	0.70	0.14	0.54	0.23	-0.01	0.70	0.18	0.46	0.60	0.55	0.33	0.23	0.22	0.39	0.41	0.52	0.65	0.07	-0.56	0.14	0.38	-0.09	-0.20	-0.11	-0.37	-0.15	0.06	-0.00	0.01	-0.01	0.09	0.00	-0.01	0.09	0.00	0.19	0.22	0.03	0.12	0.16	0.19	-0.18	0.12	0.33	-0.08	0.06	0.07	-0.08				
0.51	-	0.36	0.54	0.55	1.00	0.33	0.07	0.39	-0.33	0.12	0.36	0.45	0.54	0.64	-0.41	0.28	-0.25	0.47	0.10	0.62	0.13	-0.25	0.47	0.10	0.62	0.13	-0.25	0.61	0.41	-0.29	-0.06	0.35	0.29	-0.06	-0.08	-0.16	-0.42	-0.39	-0.04	-0.21	-0.02	0.05	-0.15	-0.05	-0.18	-0.12	-0.08	0.11	-0.22	0.12	-0.28	-0.26	-		
0.37	-	0.14	0.23	0.79	0.33	1.00	0.04	0.42	-0.23	0.61	0.05	-0.32	0.51	-0.02	1.00	0.06	0.07	0.45	0.08	0.02	-0.41	0.51	0.30	0.22	0.16	-1.00	-0.24	-0.52	-0.11	0.08	0.76	0.07	-0.33	0.50	0.23	0.49	-0.11	0.06	0.23	-0.05	0.12	-0.11	-0.45	-0.21	0.22	0.36	-0.62	-0.11	-0.26	-	-				
0.37	-	0.14	0.23	0.79	0.33	1.00	0.04	0.42	-0.23	0.61	0.05	-0.32	0.51	-0.02	1.00	0.06	0.07	0.45	0.08	0.02	-0.41	0.51	0.30	0.22	0.16	-1.00	-0.24	-0.52	-0.11	0.08	0.76	0.07	-0.33	0.50	0.23	0.49	-0.11	0.06	0.23	-0.05	0.12	-0.11	-0.45	-0.21	0.22	0.36	-0.62	-0.11	-0.26	-	-				
0.37	-	0.14	0.23	0.79	0.33	1.00	0.04	0.42	-0.23	0.61	0.05	-0.32	0.51	-0.02	1.00	0.06	0.07	0.45	0.08	0.02	-0.41	0.51	0.30	0.22	0.16	-1.00	-0.24	-0.52	-0.11	0.08	0.76	0.07	-0.33	0.50	0.23	0.49	-0.11	0.06	0.23	-0.05	0.12	-0.11	-0.45	-0.21	0.22	0.36	-0.62	-0.11	-0.26	-	-				
0.62	0.65	0.70	0.56	0.39	0.42	-0.36	1.00	-0.01	0.04	0.45	0.18	0.64	0.12	0.46	0.35	0.26	-0.20	0.45	0.11	0.73	-0.09	0.09	0.69	0.85	0.31	-0.02	-0.58	-0.27	0.08	0.28	0.11	-0.37	-0.24	0.12	0.09	-0.38	0.37	0.22	0.37	0.21	0.16	0.30	0.36	0.37	0.29	1.00	0.05	0.00	-	-					
0.14	0.91	0.35	0.10	-0.21	-0.33	-0.23	0.45	-0.01	1.00	0.34	0.45	0.74	0.30	0.20	0.47	0.03	0.26	0.01	0.23	-0.06	0.32	-0.21	0.14	-0.30	0.44	0.54	0.03	0.54	0.01	0.06	0.03	0.41	0.55	0.15	0.16	0.12	-0.01	-0.15	0.03	0.02	-0.10	-0.16	0.12	0.11	0.21	0.03	-0.01	-0.00	-0.10	-	-				
0.63	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70	0.86	0.19	-0.35	0.28	0.64	0.08	-0.16	0.31	0.50	0.23	-0.42	-0.16	0.54	-0.05	0.23	-0.15	-0.34	0.09	0.15	-0.19	0.06	0.11	0.13	-0.05	0.19	0.12	-0.09	0.34	0.11	0.13	0.04	0.00	0.46	0.25	-0.02	-	-						
0.65	-	0.70	0.38	0.82	0.12	0.61	0.42	0.04	0.34	1.00	0.52	0.70																																											

Figura 4-34: Matriz de Correlaciones Qm - Mayo

-0.012	-0.001	0.37	0.01	0.95	0.64	0.37	0.20	0.47	-0.30	0.62	0.34	-0.80	0.64	0.72	0.22	-0.09	0.22	0.10	0.40	0.08	0.40	-0.50	0.26	0.08	0.02	0.05	0.25	0.02	0.33	0.07	0.10	-0.12	0.25	-0.02	0.01	-0.07	0.01	0.01	0.30	-0.24	-0.42	-0.22	0.33	-0.38	0.48	0.27	0.33				
-0.012	-0.001	0.41	0.51	0.89	-	-	-	-	0.83	-	0.21	1.00	-	-	-	-1.00	-	-0.66	1.00	0.95	-	-0.00	-0.06	1.00	-	1.00	-	-	-	-1.00	-	1.00	-0.10	-0.12	0.20	0.97	-0.04	0.26	0.24	-0.23	-	-	0.18	-0.16	-	-					
0.37	0.41	1.00	0.30	-0.06	0.08	0.16	0.00	-0.02	0.58	0.18	0.08	0.20	0.62	0.18	-0.37	0.01	-0.27	-0.23	0.21	0.25	0.48	-0.04	-0.08	0.13	0.14	-0.19	0.41	0.45	-0.11	0.17	-0.01	-0.25	0.10	-0.46	0.39	-0.39	-0.02	0.17	0.21	0.10	-0.24	0.22	0.21	-0.20	0.20	0.43	0.11	-0.14			
0.01	0.51	0.30	1.00	-0.12	0.21	0.28	0.07	0.59	0.09	0.58	0.31	0.57	0.55	0.77	0.30	-0.09	-0.24	-0.15	0.11	0.59	0.54	0.28	0.15	0.40	0.05	0.22	0.02	0.49	-0.33	0.19	-0.06	-0.15	0.01	0.18	-0.12	0.30	0.05	0.17	0.16	0.23	0.08	-0.01	0.07	0.18	-0.13	0.15	0.26	0.40	0.10		
-0.64	-0.08	0.01	0.67	1.00	0.27	0.55	0.56	0.32	0.56	0.46	0.23	0.54	0.67	0.81	-0.01	-	-	-0.18	0.20	0.14	0.58	-0.42	-0.68	0.46	0.34	0.22	0.13	0.24	0.44	-0.11	0.50	0.04	0.05	-0.13	-0.26	-0.21	-0.24	-0.05	-0.17	0.10	-0.20	-0.19	0.40	-0.28	0.05	0.22	-0.10	-			
0.37	-	-	-	0.16	0.28	0.01	0.27	1.00	0.51	0.43	-0.28	0.26	0.02	-0.11	0.44	0.38	1.00	0.25	0.20	0.45	0.02	0.12	-0.24	0.34	0.21	-0.17	-0.22	1.00	-0.18	0.03	0.08	-0.17	0.34	-0.03	-0.06	0.32	0.38	-0.01	-0.20	0.15	0.41	0.16	0.19	0.34	-0.22	0.02	0.11	0.03	-0.35	0.57	0.37
0.20	-	-	-	0.00	0.07	0.12	0.55	0.51	1.00	0.23	0.68	0.06	0.33	0.65	0.39	0.28	0.10	0.24	0.74	-0.28	0.34	0.00	0.07	-0.05	0.36	0.42	0.38	0.19	0.17	-0.17	-0.69	0.67	-0.19	0.10	-0.35	0.40	0.14	0.34	0.38	0.15	0.10	0.27	0.30	-0.19	0.11	-0.28	0.50	-			
0.01	-0.51	-0.30	-0.00	-0.01	-0.21	-0.28	-0.07	-0.59	-0.09	-0.58	-0.31	-0.57	-0.55	-0.77	-0.30	-0.09	-0.24	-0.15	-0.11	-0.59	-0.54	-0.28	-0.15	-0.40	-0.05	-0.22	-0.02	-0.49	-0.33	-0.19	-0.06	-0.15	0.01	-0.18	-0.12	0.30	0.05	0.17	0.16	0.23	0.08	-0.01	0.07	0.18	-0.13	0.15	0.26	0.40	0.10		
-0.64	-0.08	0.01	0.67	1.00	0.27	0.55	0.56	0.32	0.56	0.46	0.23	0.54	0.67	0.81	-0.01	-	-	-0.18	0.20	0.14	0.58	-0.42	-0.68	0.46	0.34	0.22	0.13	0.24	0.44	-0.11	0.50	0.04	0.05	-0.13	-0.26	-0.21	-0.24	-0.05	-0.17	0.10	-0.20	-0.19	0.40	-0.28	0.05	0.22	-0.10	-			
0.37	-	-	-	0.16	0.28	0.01	0.27	1.00	0.51	0.43	-0.28	0.26	0.02	-0.11	0.44	0.38	1.00	0.25	0.20	0.45	0.02	0.12	-0.24	0.34	0.21	-0.17	-0.22	1.00	-0.18	0.03	0.08	-0.17	0.34	-0.03	-0.06	0.32	0.38	-0.01	-0.20	0.15	0.41	0.16	0.19	0.34	-0.22	0.02	0.11	0.03	-0.35	0.57	0.37
0.20	-	-	-	0.00	0.07	0.12	0.55	0.51	1.00	0.23	0.68	0.06	0.33	0.65	0.39	0.28	0.10	0.24	0.74	-0.28	0.34	0.00	0.07	-0.05	0.36	0.42	0.38	0.19	0.17	-0.17	-0.69	0.67	-0.19	0.10	-0.35	0.40	0.14	0.34	0.38	0.15	0.10	0.27	0.30	-0.19	0.11	-0.28	0.50	-			
0.01	-0.51	-0.30	-0.00	-0.01	-0.21	-0.28	-0.07	-0.59	-0.09	-0.58	-0.31	-0.57	-0.55	-0.77	-0.30	-0.09	-0.24	-0.15	-0.11	-0.59	-0.54	-0.28	-0.15	-0.40	-0.05	-0.22	-0.02	-0.49	-0.33	-0.19	-0.06	-0.15	0.01	-0.18	-0.12	0.30	0.05	0.17	0.16	0.23	0.08	-0.01	0.07	0.18	-0.13	0.15	0.26	0.40	0.10		
-0.64	-0.08	0.01	0.67	1.00	0.27	0.55	0.56	0.32	0.56	0.46	0.23	0.54	0.67	0.81	-0.01	-	-	-0.18	0.20	0.14	0.58	-0.42	-0.68	0.46	0.34	0.22	0.13	0.24	0.44	-0.11	0.50	0.04	0.05	-0.13	-0.26	-0.21	-0.24	-0.05	-0.17	0.10	-0.20	-0.19	0.40	-0.28	0.05	0.22	-0.10	-			
0.37	-	-	-	0.16	0.28	0.01	0.27	1.00	0.51	0.43	-0.28	0.26	0.02	-0.11	0.44	0.38	1.00	0.25	0.20	0.45	0.02	0.12	-0.24	0.34	0.21	-0.17	-0.22	1.00	-0.18	0.03	0.08	-0.17	0.34	-0.03	-0.06	0.32	0.38	-0.01	-0.20	0.15	0.41	0.16	0.19	0.34	-0.22	0.02	0.11	0.03	-0.35	0.57	0.37
0.20	-	-	-	0.00	0.07	0.12	0.55	0.51	1.00	0.23	0.68	0.06	0.33	0.65	0.39	0.28	0.10	0.24	0.74	-0.28	0.34	0.00	0.07	-0.05	0.36	0.42	0.38	0.19	0.17	-0.17	-0.69	0.67	-0.19	0.10	-0.35	0.40	0.14	0.34	0.38	0.15	0.10	0.27	0.30	-0.19	0.11	-0.28	0.50	-			
0.01	-0.51	-0.30	-0.00	-0.01	-0.21	-0.28	-0.07	-0.59	-0.09	-0.58	-0.31	-0.57	-0.55	-0.77	-0.30	-0.09	-0.24	-0.15	-0.11	-0.59	-0.54	-0.28	-0.15	-0.40	-0.05	-0.22	-0.02	-0.49	-0.33	-0.19	-0.06	-0.15	0.01	-0.18	-0.12	0.30	0.05	0.17	0.16	0.23	0.08	-0.01	0.07	0.18	-0.13	0.15	0.26	0.40	0.10		
-0.64	-0.08	0.01	0.67	1.00	0.27	0.55	0.56	0.32	0.56	0.46	0.23	0.54	0.67	0.81	-0.01	-	-	-0.18	0.20	0.14	0.58	-0.42	-0.68	0.46	0.34	0.22	0.13	0.24	0.44	-0.11	0.50	0.04	0.05	-0.13	-0.26	-0.21	-0.24	-0.05	-0.17	0.10	-0.20	-0.19	0.40	-0.28	0.05	0.22	-0.10	-			
0.37	-	-	-	0.16	0.28	0.01	0.27	1.00	0.51	0.43	-0.28	0.26	0.02	-0.11	0.44	0.38	1.00	0.25	0.20	0.45	0.02	0.12	-0.24	0.34	0.21	-0.17	-0.22	1.00	-0.18	0.03	0.08	-0.17	0.34	-0.03	-0.06	0.32	0.38	-0.01	-0.20	0.15	0.41	0.16	0.19	0.34	-0.22	0.02	0.11	0.03	-0.35	0.57	0.37
0.20	-	-	-	0.00	0.07	0.12	0.55	0.51	1.00	0.23	0.68	0.06	0.33	0.65	0.39	0.28	0.10	0.24	0.74	-0.28	0.34	0.00	0.07	-0.05	0.36	0.42	0.38	0.19	0.17	-0.17	-0.69	0.67	-0.19	0.10	-0.35	0.40	0.14	0.34	0.38	0.15	0.10	0.27	0.30	-0.19	0.11	-0.28	0.50	-			
0.01	-0.51	-0.30	-0.00	-0.01	-0.21	-0.28	-0.07	-0.59	-0.09	-0.58	-0.31	-0.57	-0.55	-0.77	-0.30	-0.09	-0.24	-0.15	-0.11	-0.59	-0.54	-0.28	-0.15	-0.40	-0.05	-0.22	-0.02	-0.49	-0.33	-0.19	-0.06	-0.15	0.01	-0.18	-0.12	0.30	0.05	0.17	0.16	0.23	0.08	-0.01	0.07	0.18	-0.13	0.15	0.26	0.40	0.10		
-0.64	-0.08	0.01	0.67	1.00	0.27	0.55	0.56	0.32	0.56	0.46	0.23	0.54	0.67	0.81	-0.01	-	-	-0.18	0.20	0.14	0.58	-0.42	-0.68	0.46	0.34	0.22	0.13	0.24	0.44	-0.11	0.50	0.04	0.05	-0.13	-0.26	-0.21	-0.24	-0.05	-0.17	0.10	-0.20	-0.19	0.40	-0.28	0.05	0.22	-0.10	-			
0.37	-	-	-	0.16	0.28	0.01	0.27	1.00	0.51	0.43	-0.28	0.26	0.02	-0.11	0.44	0.38	1.00	0.25	0.20	0.45	0.02	0.12	-0.24	0.34	0.21	-0.17	-0.22	1.00	-0.18	0.03	0.08	-0.17	0.34	-0.03	-0.06	0.32	0.38	-0.01	-0.20	0.15	0.41	0.16	0.19	0.34	-0.22	0.02	0.11	0.03	-0.35	0.57	0.37
0.20	-	-	-	0.00	0.07	0.12	0.55	0.51	1.00	0.23	0.68	0.06	0.33	0.65	0.39	0.28	0.10	0.24	0.74	-0.28	0.34	0.00	0.07	-0.05	0.36	0.42	0.38	0.19	0.17	-0.17	-0.69	0.67	-0.19	0.10	-0.35	0.40	0.14	0.34	0.38	0.15	0.10	0.27	0.30	-0.19	0.11	-0.28	0.50	-			
0.01	-0.51	-0.30	-0.00	-0.01	-0.21	-0.28	-0.07	-0.59	-0.09	-0.58	-0.31	-0.57	-0.55	-0.77	-0.30	-0.09	-0.24	-0.15	-0.11	-0.59	-0.54	-0.28	-0.15	-0.40	-0.05	-0.22	-0.02	-0.49	-0.33	-0.19	-0.06	-0.15	0.01	-0.18	-0.12	0.30	0.05	0.17	0.16	0.23	0.08	-0.01	0.07	0.18	-0.13	0.15	0.26	0.40	0.10		
-0.64	-0.08	0.01	0.67	1.00	0.27	0.55	0.56	0.32	0.56	0.46	0.23	0.54	0.67	0.81	-0.01	-	-	-0.18	0.20	0.14	0.58	-0.42	-0.68	0.46	0.34	0.22	0.13	0.24	0.44	-0.11	0.50	0.04	0.05	-0.13	-0.26	-0.21	-0.24	-0.05	-0.17	0.10	-0.20	-0.19	0.40	-0.28	0.05	0.22	-0.10	-			
0.37	-	-	-	0.16	0.28	0.01	0.27	1.00	0.51	0.43	-0.28	0.26	0.02	-0.11	0.44	0.38	1.00	0.25	0.20	0.45	0.02	0.12	-0.24	0.34	0.21	-0.17	-0.22	1.00	-0.18	0.03	0.08	-0.17	0.34	-0.03	-0.06	0.32	0.38	-0.01	-0.20	0.15	0.41	0.16	0.19	0.34	-0.22	0.02	0.11	0.03	-0.35	0.57	0.37
0.20	-	-	-	0.00	0.07	0.12	0.55	0.51	1.00	0.23	0.68	0.06	0.33	0.65	0.39	0.28	0.10	0.24	0.74	-0.28	0.34	0.00	0.07	-0.05	0.36	0.42	0.38	0.19	0.17	-0.17	-0.69	0.67	-0.19	0.10	-0.35	0.40	0.14	0.34	0.38	0.15	0.10	0.27	0.30	-0.19	0.11	-0.28	0.50	-			
0.01	-0.51	-0.30	-0.00	-0.01	-0.21	-0.28	-0.07	-0.59	-0.09	-0.58	-0.31	-0.57	-0.55	-0.77	-0.30	-0.09	-0.24	-0.15	-0.11	-0.59	-0.54	-0.28	-0.15	-0.40	-0.05	-0.22	-0.02	-0.49	-0.33	-0.19	-0.06	-0.15	0.01	-0.18	-0.12	0.30	0.05	0.17	0.16	0.23	0.08	-0.01	0.07	0.18	-0.13	0.15	0.26	0.40	0.10		
-0.64	-0.08	0.01	0.67</																																																

Figura 4-35: Matriz de Correlaciones Qm - Junio

[illegible]

-0.20	0.28	0.22	0.41	0.34	0.25	0.06	0.05	0.13	0.65	0.15	0.00	0.17	-0.08	0.24	-
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	------	---

-0.31	-0.21	0.08	0.10	-0.12	0.43	0.41	0.21	0.45	-0.04	0.07	0.12	-0.01	-0.18	0.83	0.10	-0.22	0.23	0.22	0.41	0.34	0.25	0.06	0.05	0.13	0.65	0.15	0.00	0.17	-0.08	0.24	-0.50	-0.76	0.34	0.00	0.11	0.20	-0.03	0.22	0.06	0.17	0.34	-0.21	0.17	0.29	0.27			
-0.10	0.52	-0.15	-0.09	-	-	-	-	-1.00	-0.40	-	-	-0.63	1.00	-	-	-0.70	1.00	0.49	-	-0.97	-0.34	-	-0.87	-1.00	-	0.14	-1.00	-	-	-1.00	-	-	0.00	0.45	0.48	0.19	0.44	-	0.18	0.13	-	0.23	0.19	-				
-0.08	0.52	1.00	0.46	-0.07	0.12	0.43	0.24	0.31	0.66	-0.08	0.38	0.32	0.45	0.10	0.24	0.25	0.63	0.19	0.25	0.32	0.54	0.27	0.09	-0.06	0.28	0.56	0.31	0.44	-0.21	-0.35	0.26	-0.21	-	-0.27	-0.12	0.19	0.21	0.21	0.00	0.23	0.15	0.19	0.02	0.13	0.18	0.09	0.16	
0.10	-0.15	0.46	1.00	-0.09	0.65	0.08	0.08	0.58	0.39	-0.04	0.45	0.30	0.69	0.66	0.19	0.18	0.43	0.17	0.28	0.23	0.47	0.30	0.14	-0.03	0.21	0.26	0.07	0.13	-0.38	0.20	0.17	-	-0.33	0.07	0.25	0.20	0.27	0.07	0.10	0.16	0.31	-0.45	0.23	0.44	0.23	0.18		
-0.09	0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09			
0.43	-	0.12	0.65	0.16	1.00	0.25	-0.06	0.43	0.09	0.30	0.72	-0.01	0.77	0.46	0.54	-0.13	-0.13	0.33	-0.04	0.57	-0.13	-0.11	0.19	0.33	0.06	0.06	-0.01	0.36	0.46	-0.15	-	-0.25	-0.04	0.13	-0.08	0.13	-0.14	0.14	0.12	0.07	-0.16	-0.01	0.12	0.21	-			
0.04	-	0.43	0.08	0.14	0.25	1.00	0.39	-0.16	-0.49	0.24	0.28	-0.56	0.12	0.04	-	0.05	-0.33	0.70	-0.01	-0.13	-0.46	0.57	0.22	-0.19	-0.34	-	0.01	-0.24	0.61	-0.15	0.25	0.54	-	-1.00	-0.06	0.14	0.42	0.26	0.30	0.26	-0.02	0.13	0.15	0.07	-0.33	0.12	0.25	
0.21	-	0.24	0.08	0.31	-0.06	0.39	1.00	0.13	0.72	-0.25	-0.01	0.79	0.04	0.28	0.34	0.33	0.72	0.15	0.10	-0.19	0.34	0.07	0.07	-0.42	-0.09	0.06	0.39	0.75	0.20	-0.12	-0.04	0.56	-	0.88	0.48	-0.08	0.29	0.28	-0.02	-0.24	0.12	0.18	0.10	-0.97	0.24	-0.04		
0.04	-	0.21	0.58	0.43	-0.16	0.31	1.00	0.14	-0.17	-0.25	-0.01	0.79	0.04	0.28	0.34	0.33	0.72	0.15	0.10	-0.19	0.34	0.07	0.07	-0.42	-0.09	0.06	0.39	0.75	0.20	-0.12	-0.04	0.56	-	0.88	0.48	-0.08	0.29	0.28	-0.02	-0.24	0.12	0.18	0.10	-0.97	0.24	-0.04		
0.40	0.40	0.66	0.33	0.00	0.09	-0.49	0.72	0.14	1.00	0.17	0.48	0.70	0.16	0.59	0.13	0.14	0.51	-0.08	0.22	0.01	0.60	-0.13	-0.09	-0.01	-0.15	0.10	-0.13	0.41	-0.10	0.07	0.23	0.48	-	-0.38	-0.13	0.01	-0.29	0.07	-0.09	0.06	-0.11	-0.12	0.09	-0.01	0.16	0.12	-	
-0.07	-	0.08	0.04	0.24	0.30	-0.24	-0.25	0.37	-0.17	1.00	0.58	0.02	-0.02	0.00	0.15	-0.17	-0.50	-0.09	0.32	0.16	0.34	-0.14	-0.85	0.33	0.24	0.83	-0.27	-0.27	0.35	0.31	0.41	-0.15	-	-0.03	-0.16	0.41	0.00	-0.16	-0.29	0.40	-0.08	-0.17	0.04	0.65	-0.35	-0.24		
0.12	-0.63	0.38	0.45	0.19	0.72	0.28	-0.01	0.75	0.48	0.58	1.00	0.74	0.63	0.64	0.28	-0.09	-0.47	-0.11	0.37	0.17	0.65	-0.07	0.33	0.52	0.40	0.32	0.10	0.28	-0.20	0.25	0.62	0.18	-	-0.05	0.14	0.05	0.08	-0.25	-0.02	0.11	0.01	-0.03	0.01	0.21	-0.06	0.00		
-0.63	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.33	0.45	0.69	0.31	0.77	-0.12	0.04	0.93	0.16	-0.02	0.63	-1.00	1.00	0.76	0.01	0.42	-	-	-0.10	0.51	-0.07	0.58	-0.02	-0.08	0.53	0.22	-0.22	0.36	0.20	0.15	-0.57	0.26	-0.40	-	0.28	0.13	0.23	0.19	-0.39	-0.01	-0.27	-0.03	-0.35	-0.02	0.16	-0.03	-		
0.18	-	0.10	0.66	-0.49	0.46	0.04	0.28	0.29	0.59	0.00	0.64	0.46	0.76	1.00	-	0.48	-0.34	-0.27	0.17	0.32	0.40	0.59	0.34	-0.04	-0.02	-	0.24	0.55	0.23	-0.12	-0.10	-0.03	-1.00	-0.44	0.25	0.20	0.33	-0.02	0.10	0.18	0.33	0.15	0.24	0.92	0.02	0.22		
0.83	-	0.24	0.19	0.12	0.54	-	0.34	0.64	0.15	0.28	-	0.01	1.00	0.84	-	-0.59	0.82	0.22	0.91	0.25	-0.25	-0.63	-0.62	0.33	0.23	0.21	0.31	0.21	0.64	0.30	-0.16	-	1.00	0.26	0.01	-0.28	0.16	-0.08	-	0.04	0.73	-0.12	0.03	0.14	-			
-0.24	0.83	-	0.25	-0.01	-0.13	-0.18	0.14	-0.17	-0.25	0.02	0.48	0.84	-	0.01	0.84	-	-0.59	0.82	0.22	0.91	0.25	-0.25	-0.63	-0.62	0.33	0.23	0.21	0.31	0.21	0.64	0.30	-0.16	-	1.00	0.26	0.01	-0.28	0.16	-0.08	-	0.04	0.73	-0.12	0.03	0.14	-		
-0.20	-0.70	0.63	0.43	0.28	-0.33	0.72	0.51	-0.50	-0.47	-0.19	0.34	0.83	1.00	0.34	0.28	-0.41	0.32	-0.22	0.77	-0.01	0.45	-0.85	0.85	0.50	-0.24	-	0.24	0.55	0.23	-0.12	-0.10	-0.03	-1.00	-0.44	0.25	0.20	0.33	-0.02	0.10	0.18	0.33	0.15	0.24	0.92	0.02	0.22		
0.28	-0.10	0.19	0.17	0.31	-0.13	0.70	0.15	-0.31	-0.08	-0.09	-0.11	-0.58	-0.10	0.22	0.59	0.49	0.34	1.00	0.01	0.40	-0.21	0.38	0.25	-0.04	0.18	0.44	0.10	-0.08	-0.07	0.02	-0.29	-	0.99	0.06	-0.22	0.01	0.00	-0.11	-0.33	-0.20	-0.09	-0.37	0.20	-0.38	-0.12	-0.40		
0.22	0.49	0.25	0.28	0.33	0.33	0.01	0.10	0.70	0.22	0.32	0.37	-0.02	0.51	-0.17	0.82	0.01	0.28	0.01	1.00	-0.08	0.31	-0.10	-0.37	0.39	0.20	0.31	0.32	0.19	-0.49	0.16	0.51	-0.27	-	-1.00	-0.07	-0.04	-0.08	0.02	-0.20	-0.53	-0.01	-0.09	-0.53	-0.11	0.40	-0.20	-0.45	
0.34	0.97	0.54	0.47	0.08	0.57	-0.46	0.34	0.80	0.60	0.34	0.65	0.75	0.58	0.40	0.91	0.09	0.22	-0.21	0.31	0.42	1.00	-0.24	-0.22	0.33	0.40	0.71	0.20	0.46	-0.15	-0.01	0.06	0.02	-	-0.39	0.44	0.09	0.23	0.15	-0.20	-0.07	0.16	0.03	-0.08	0.24	0.13	-		
0.25	0.34	0.27	0.30	-0.11	-0.13	0.65	0.07	-0.39	-0.13	-0.14	-0.07	-0.24	0.02	0.59	0.25	0.34	-0.22	0.10	0.35	-0.24	1.00	0.28	-0.34	-0.31	0.73	0.06	0.02	0.08	-0.19	0.20	-0.08	-	0.75	0.20	0.35	0.39	0.44	0.32	0.15	0.38	0.40	0.24	0.30	0.48	0.18	0.27		
0.06	-	0.09	0.14	-0.45	-0.11	0.22	0.07	-0.23	-0.09	-0.85	-0.13	-0.08	0.34	0.25	0.16	0.27	0.25	-0.37	0.25	-0.37	0.25	-0.37	0.25	-0.37	0.25	-0.37	0.25	-0.37	0.25	-0.37	0.25	-0.37	0.25	-	0.04	0.24	0.27	0.39	0.25	0.28	0.39	0.14	0.25	0.30	0.13	-0.68	0.43	0.28
0.13	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.13	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.65	-	0.56	0.26	-0.72	0.33	-	-	-0.06	-0.35	0.10	0.83	0.32	-	0.22	-	0.33	0.23	-	0.44	0.31	0.49	0.41	0.73	-0.56	-0.17	-0.36	1.00	-0.05	0.41	-0.01	0.56	0.94	-	0.32	-	1.00	0.54	-0.08	0.01	0.23	-0.04	-0.04	-0.11	0.69	0.47	-0.13	0.18	-
0.15	0.14	0.31	0.07	0.10	0.06	-0.03	0.39	0.06	0.31	-0.27	-0.10	0.41	0.36	0.24	0.25	0.27	0.85	0.08	-0.32	0.08	0.20	0.06	-0.40	-0.30	-0.16	-0.05	1.00	0.42	0.03	0.23	-0.14	0.26	-	0.02	-0.27	-0.16	-0.04	0.03	-0.08	0.35	-0.34	-0.15	0.13	-0.20	-0.76	0.46	0.36	
-0.10	-	0.10	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06		
-0.17	-	0.21	0.38	0.16	-0.01	0.61	0.20	-0.21	0.10	0.35	0.20	0.84	0.15	0.23	0.21	0.63	-0.08	-0.49	0.03	-0.15	0.08	-0.17	-0.40	0.21	0.01	0.03	0.07	1.00	-0.07	-0.15	0.24	-	0.56	0.02	0.12	0.14	0.02	-0.04	-0.18	-0.03	0.01	0.04	0.05	-0.04	-0.01	-		
-0.08	-	0.35	0.20	0.30	0.36	-0.15	-0.12	0.14	0.07	0.31	0.25	-0.24	-0.57	-0.12	0.64	-0.62	1.00	0.07	0.16	0.01	-0.19	-0.24	0.34	0.18	0.56	0.23	0.07	0.07	1.00	0.21	-	0.03	-	-1.00	-0.44	-0.23	0.51	-0.19	-0.11	-0.34	-0.07	0.05	-0.15	-0.20	1.00	-0.02	-0.28	
0.24	1.00	0.26	0.17	-0.04	0.46	0.25	-0.04	0.35	0.23	0.41	0.62	-0.06	0.26	-0.10	0.30	0.11	-0.05	0.02	0.51	0.40	0.06	0.20	-0.33	0.05	0.00	0.94	0.14	-0.10	-0.15	0.21	1.00	-	0.10	-	-0.33	0.00	0.22	0.14	0.23	-0.01	0.14	0.17	-0.10	-0.47	0.12	0.50</		

-0.35	0.12	0.25	0.16	0.14	0.16	0.00	-0.03	0.03	0.23	0.20	0.06	0.36	0.22	0.50	-1.00
-------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------	------	-------

[illegible]

Figura 4-38: Matriz de Correlaciones Qm - Septiembre

1.00	-0.05	-0.13	-0.30	-0.08	0.14	0.01	0.27	0.10	-0.25	0.05	-0.16	0.30	0.44	0.48	0.47	0.38	0.44	0.06	-0.06	0.14	0.22	0.23	-0.32	-0.21	-0.26	0.18	0.03	0.13	0.14	0.23	0.16	0.30	-0.02	0.41	-0.09	-0.77	0.09	0.17	0.01	0.13	0.19	0.54	0.06	0.10	0.36	0.03	-0.18	0.33	0.47	
-0.05	1.00	-0.05	0.07	0.54	-	-	-	0.40	-0.39	-	-0.65	1.00	0.44	0.48	0.47	0.38	0.44	0.06	-0.06	0.14	0.22	0.23	-0.32	-0.21	-0.26	0.18	0.03	0.13	0.14	0.23	0.16	0.30	-0.02	0.41	-0.09	-0.77	0.09	0.17	0.01	0.13	0.19	0.54	0.06	0.10	0.36	0.03	-0.18	0.33	0.47	
-0.13	-0.05	1.00	-0.10	-0.20	0.31	0.46	0.18	0.43	0.14	-0.14	0.29	-0.01	0.67	0.43	0.17	0.11	-0.25	0.17	0.34	0.14	0.48	-0.44	-0.28	0.13	0.52	-0.23	0.18	0.12	-0.27	0.14	0.41	0.06	-0.04	0.94	0.16	-0.56	0.11	-0.24	0.00	0.04	-0.06	-0.26	0.09	0.12	-0.27	0.08	0.38	-0.08	-0.26	
-0.30	-0.07	-0.15	1.00	0.09	-0.10	-0.15	0.09	-0.07	-0.05	-0.09	-0.43	0.46	0.55	0.08	0.13	-0.02	-0.17	-0.09	0.00	0.30	0.26	0.35	0.05	0.00	0.04	0.15	0.21	0.35	0.01	0.11	-0.11	0.80	0.45	-0.48	0.11	0.12	0.03	0.17	0.34	0.28	-0.01	0.17	0.15	0.16	0.31	0.31	0.31			
0.08	0.54	-0.20	0.09	1.00	-0.04	-0.07	0.37	0.11	0.21	0.04	0.25	-0.22	-0.09	-0.41	0.73	-0.21	-0.42	-0.59	0.03	0.01	-0.33	-0.10	-0.11	0.29	0.20	0.41	-0.08	-0.23	0.06	0.29	-0.12	-0.22	-0.16	0.40	-0.80	-0.14	-0.10	-0.40	-0.14	-0.29	0.05	-0.07	0.33	-0.17	-0.43	-0.18	-0.27			
0.14	-0.11	0.11	0.09	-0.12	1.00	-0.04	0.22	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12	0.02	0.12		
0.01	1.00	0.46	-0.15	-0.07	0.40	1.00	0.44	-0.04	-0.39	0.08	-0.15	-0.43	0.23	0.08	0.26	-0.27	0.64	0.18	-0.22	-0.39	0.30	-0.10	-0.19	-0.08	-0.09	-0.02	0.33	-0.13	-0.23	0.93	0.29	0.60	0.23	1.00	0.20	0.12	0.42	0.31	0.32	-0.37	-0.01	0.14	-0.16	0.10	0.11	0.07	-0.12			
0.27	-	0.18	0.09	-0.37	0.39	0.44	1.00	0.37	0.10	0.30	-0.07	0.72	0.44	0.44	0.66	0.49	0.42	0.31	0.39	0.13	0.57	0.13	-0.09	-0.21	0.17	0.29	0.31	0.13	0.12	0.06	-0.01	-0.25	0.22	0.60	0.04	0.46	0.74	-0.25	0.39	0.25	0.15	-0.54	-0.26	0.03	-0.42	-0.07	0.20	-0.58		
0.10	-0.40	0.43	0.18	0.11	0.36	0.40	0.37	1.00	0.31	0.12	-0.80	0.12	0.67	0.30	-0.46	0.08	-	-0.05	0.66	0.56	0.79	0.54	-0.31	0.39	0.39	0.38	-0.29	0.20	0.43	0.39	0.35	0.34	-0.68	0.88	0.52	-0.61	0.03	0.01	0.11	0.08	-0.08	-0.18	-0.12	0.13	0.67	0.04	-0.11			
-0.25	-0.31	0.14	0.07	0.21	0.54	-0.39	0.10	0.31	1.00	0.01	0.39	0.37	0.47	0.17	0.14	0.04	-0.05	0.01	0.19	0.14	-0.03	-0.14	-0.24	0.06	0.16	0.45	0.05	0.05	0.08	0.07	0.13	-0.07	-0.16	-0.77	0.30	-0.24	-0.17	-0.14	-0.04	-0.15	-0.21	-0.21	-0.08	-0.06	-0.14	-0.07	-0.27	-0.20	-0.25	
0.05	-	-0.14	-0.05	0.04	0.12	0.08	0.30	-0.12	0.01	1.00	0.29	-0.43	-0.21	0.07	0.62	0.40	0.55	0.18	0.30	-0.01	-0.05	0.34	-0.14	-0.18	-0.08	0.82	0.32	0.46	0.12	-0.07	-0.13	-0.12	0.14	-0.01	-0.18	0.78	0.15	-0.39	0.16	-0.16	-0.44	-0.38	-0.25	-0.22	-0.28	-0.79	-0.35	-0.36		
-0.16	-0.05	0.29	-0.09	0.25	0.58	-0.15	-0.07	0.80	0.39	0.29	1.00	0.26	0.58	0.51	-0.04	0.10	0.43	-0.22	0.51	0.40	0.15	-0.50	-0.50	0.23	0.33	0.79	-0.20	-0.18	-0.23	0.44	0.50	-0.82	0.14	0.16	0.97	-1.00	-0.22	-0.20	-0.14	-0.11	-0.19	-0.16	0.13	-0.09	-0.06	-0.08	0.14	-0.26	-0.17	
0.30	1.00	0.01	0.43	-0.22	0.88	-0.43	0.72	-0.12	0.37	0.43	0.26	1.00	0.26	-	-	0.21	0.04	-0.53	0.04	-0.02	0.49	-0.19	-0.08	0.20	0.29	-	0.63	0.72	0.94	0.47	0.10	-0.25	0.04	-0.02	-	0.43	0.24	0.08	0.24	0.30	0.78	0.34	0.31	0.80	0.33	-0.68	0.76	0.81		
0.44	-	0.67	0.46	0.09	0.75	0.23	0.44	0.67	0.47	-0.21	0.58	-1.00	0.79	-0.44	-	-	0.04	0.35	0.31	0.65	0.49	-0.29	0.22	0.18	-	-	1.00	0.53	0.16	0.26	0.33	0.60	0.06	0.20	0.71	-0.55	-0.99	0.44	0.25	0.39	0.50	0.42	0.28	0.08	0.30	0.14	0.21	-0.09		
0.48	-	0.43	0.55	-0.41	0.40	0.08	0.44	0.30	0.17	0.07	0.51	0.26	0.79	1.00	0.29	0.29	0.53	0.01	0.34	0.36	0.52	-0.08	0.33	-0.06	0.14	1.00	0.53	0.16	0.26	0.33	0.60	0.06	0.20	0.71	-0.55	-0.99	0.44	0.25	0.39	0.50	0.42	0.28	0.08	0.30	0.14	0.21	-0.09			
0.47	-	0.17	0.08	0.73	0.38	-	0.66	-0.46	-0.14	0.62	-0.04	-	-0.44	-	-	1.00	0.64	-	0.26	0.70	0.45	0.02	0.31	-0.68	0.32	0.17	0.63	-0.06	-0.98	0.54	0.69	-0.11	-	0.62	-	-	-0.18	-0.35	-0.16	-0.32	-0.18	0.00	-	-0.20	0.57	-0.05	-0.47	-0.05		
0.38	-	0.11	0.13	-0.21	-0.07	0.26	0.49	0.08	0.04	0.10	0.21	0.11	0.29	0.64	1.00	0.32	0.54	0.25	0.18	0.19	0.23	-0.43	-0.42	-0.08	0.42	-0.02	0.31	0.12	-0.12	-0.06	-0.12	0.25	0.63	0.75	0.99	0.44	-0.22	0.17	0.07	0.05	-0.20	-0.15	0.00	-0.08	-0.04	0.17	-0.01	-0.27		
0.06	-0.17	-0.17	-0.59	-0.14	0.64	0.31	-0.05	-0.55	0.43	0.27	0.42	-	-0.05	-0.55	0.43	0.27	0.42	-	-0.05	-0.55	0.43	0.27	0.42	-	-0.05	-0.55	0.43	0.27	0.42	-	-0.05	-0.55	0.43	0.27	0.42	-	-0.05	-0.55	0.43	0.27	0.42	-	-0.05	-0.55	0.43	0.27	0.42	-		
-0.06	0.10	0.34	-0.09	0.03	0.49	0.18	0.39	0.66	0.19	0.30	0.51	0.04	0.35	0.34	0.70	0.25	-0.17	0.40	1.00	0.14	0.21	-0.04	-0.45	-0.15	0.18	0.87	0.08	-0.27	-0.42	0.49	0.26	-0.09	0.07	0.76	0.54	-0.01	0.02	-0.03	0.01	0.14	-0.04	-0.27	0.07	-0.08	0.03	0.16	-0.10	-0.19		
-0.14	-0.10	0.14	0.00	0.01	0.38	-0.22	0.13	0.56	0.34	-0.03	0.40	-0.02	0.33	0.36	0.45	0.18	0.15	-0.09	0.14	1.00	0.44	-0.38	-0.32	0.20	0.25	0.73	0.02	0.12	0.03	0.13	0.44	0.33	-0.25	-0.22	0.27	-0.79	0.17	0.20	0.12	0.02	-0.39	-0.33	-0.36	-0.19	0.06	0.49	0.03	0.40	-0.19	-0.44
-0.22	-0.74	0.48	0.30	-0.33	0.47	0.39	0.57	0.79	0.03	-0.05	0.15	0.49	0.65	0.52	0.02	0.19	0.04	-0.14	0.21	0.44	1.00	-0.27	-0.03	0.21	0.25	0.41	0.55	0.44	-0.38	0.33	0.11	0.37	0.00	0.86	0.12	-0.67	0.57	0.08	-0.15	0.13	0.02	-0.06	-0.11	0.11	-0.27	0.01	0.14	0.33	-0.06	
0.23	0.99	-0.44	0.16	0.10	-0.55	0.30	0.13	-0.54	-0.34	0.34	-0.50	-0.19	-0.49	-0.08	0.31	0.21	0.31	0.34	0.04	-0.38	-0.27	1.00	0.48	-0.63	-0.65	0.56	0.11	0.07	0.29	0.17	-0.16	0.08	0.27	0.28	-0.83	0.67	0.18	0.26	0.26	0.44	0.40	0.56	0.39	0.45	0.46	0.42	0.35	0.44	0.52	
-0.32	-0.10	-0.28	0.35	-0.11	-0.53	0.10	-0.09	-0.31	-0.24	-0.34	-0.50	-0.08	-0.29	0.33	-0.68	0.43	-0.81	-0.07	-0.42	-0.32	-0.03	0.48	1.00	-0.22	-0.56	-0.21	0.31	0.56	0.03	-0.12	-0.18	-0.28	-0.07	0.10	-0.47	-0.43	0.24	0.16	0.20	0.25	0.22	0.17	0.03	0.20	0.21	0.12	0.49	0.45	0.24	
-0.21	-0.71	0.13	0.05	0.29	0.33	0.08	-0.12	0.39	0.06	-0.18	0.23	0.20	-0.02	-0.06	0.32	0.42	-0.20	0.15	0.20	0.21	-0.63	-0.22	1.00	0.75	-0.15	0.31	0.04	0.31	0.42	0.12	0.20	0.41	0.33	0.69	-0.58	-0.12	-0.14	-0.41	-0.27	-0.23	-0.24	0.30	-0.22	-0.29	-0.40	-0.28	-0.16	0.04	-0.50	
-0.26	-0.55	0.52	0.00	0.20	0.36	-0.08	0.17	0.19	0.16	-0.08	0.31	0.29	0.28	0.14	0.17	-0.08	0.28	-0.25	0.18	0.25	0.25	-0.65	-0.56	0.75	1.00	-0.50	0.28	0.10	-0.20	0.14	-0.05	0.78	-0.17	0.38	0.49	-0.58	-0.12	-0.22	-0.22	-0.17	-0.19	-0.45	-0.21	-0.26	-0.46	-0.24	0.00	-0.40	-0.50	
0.18	-0.23	0.04	0.41	0.20	0.39	0.45	0.82	0.01	0.18	-0.22	0.15	-0.04	0.01	0.26	0.54	0.35	1.00	0.40	-0.09	-0.14	0.34	-0.07	-0.20	-0.25	0.17	0.08	0.16	0.30	-0.48	0.21	0.17	0.20	0.42	0.32	0.28	-0.05	-0.19	0.18	0.02	-0.18	-0.66	-0.29	-0.18	-0.60	-0.15	0.39	-0.33	0.61		
0.03	-0.50	0.18	0.15	-0.08	-0.01	-0.09	0.31	-0.29	-0.05	-0.32	-0.20	0.63	-0.05	0.53	-0.06	-0.02	-0.38	0.08	-0.02	0.55	-0.13	0.31	0.28	-0.35	1.00	0.38	0.08	0.16	0.02	0.09	0.40	0.85	0.58	-0.50	0.31	0.10	-0.31	-0.06	-0.20	0.00	-0.30	-0.25	0.07	-0.31	0.74	0.39	0.09			
0.13	-0.50	0.12	0.21	-0.23	-0.08	0.02	0.13	0.20	0.05	-0.46	-0.18	0.72	0.36	0.16	-0.98	-0.21	0.35	0.16	-0.27	-0.12	0.44	-0.07	0.56	0.04	-0.10	-0.63	0.38	1.00	-0.25	0.13	-0.17	0.16	-0.15	-0.28	-0.55	-0.55	0.37													

Figura 4-40: Matriz de Correlaciones Qm - Noviembre

1.00	-0.42	0.55	0.55	0.40	-0.01	0.03	0.26	0.00	0.39	0.26	-0.00	-0.13	0.22	0.21	0.40	0.09	0.32	0.10	0.26	-0.05	0.31	0.04	-0.06	-0.20	0.04	0.11	-0.14	-0.11	0.08	-0.10	-0.47	0.22	-0.04	0.03	0.54	0.36	0.28	0.26	0.28	0.24	0.01	-0.33	0.27	0.06	0.27	0.45	0.36	0.05	
0.42	1.00	-0.17	0.27	-0.82	-	-	-	-	-0.43	0.10	-1.00	-0.54	-	-	-	-	-	-	-0.32	-0.02	0.46	0.69	-0.41	-0.14	-0.19	0.24	-0.29	0.12	-0.01	-0.41	0.21	0.21	-0.51	0.16	-0.27	0.26	0.30	0.14	0.29	0.17	0.42	0.30	-0.20	-	-				
0.55	0.17	1.00	0.29	-0.19	0.43	0.39	0.24	0.35	0.53	0.12	0.39	0.44	0.78	0.49	-0.59	0.10	-0.32	-0.02	0.34	-0.05	-0.42	0.35	0.16	-0.13	-0.18	-0.04	-0.79	0.19	0.31	0.48	0.00	-0.34	0.29	0.25	0.11	0.42	0.37	0.39	0.36	0.30	0.31	0.12	0.22	0.26	0.16	0.20	0.43	0.36	0.21
0.40	-0.82	-0.19	1.00	0.13	-0.27	0.25	-0.21	-0.01	0.26	-0.36	-0.19	-0.18	-0.11	-0.63	-0.07	0.15	0.03	-0.05	-0.49	-0.22	0.03	0.08	0.10	0.14	0.34	0.14	-0.35	0.04	0.33	-0.19	0.04	0.05	0.22	0.41	0.48	0.09	0.36	0.11	0.20	0.19	0.18	0.18	0.37	0.18	-0.27	0.27	0.32		
-0.01	-	-	-	1.00	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06					
0.26	0.23	0.39	0.27	-0.27	0.05	1.00	-0.13	-0.18	-0.08	0.01	-0.07	-0.33	0.19	0.25	-	0.09	0.15	0.05	-0.19	-0.08	-0.24	-0.02	0.25	-0.02	-0.07	1.00	0.18	-0.19	0.54	-0.41	-0.64	0.24	0.28	0.52	0.05	0.20	0.11	0.44	0.20	0.09	-0.27	-0.02	0.05	-0.44	0.04	0.34	0.01	-0.33	
0.03	0.21	0.31	0.25	0.01	-0.01	1.00	0.59	0.70	0.01	-0.06	0.65	0.37	0.39	0.84	0.09	-0.54	0.01	0.01	-0.03	0.57	0.30	-0.02	0.20	0.04	0.17	0.15	-0.13	0.30	0.14	-0.27	0.25	0.00	-0.30	0.34	0.42	0.33	0.60	0.48	0.29	0.44	0.47	0.51	0.39	0.52	0.77	0.61	0.35		
0.00	0.35	-0.11	-0.21	0.41	0.18	0.59	1.00	0.44	-0.02	0.69	0.40	0.73	0.60	0.37	0.02	-	-0.51	0.49	0.61	0.68	0.11	0.29	0.38	0.49	-0.44	-0.36	0.09	-0.23	0.28	0.36	-0.07	-0.41	-0.58	-0.49	-0.29	0.06	0.14	0.26	0.24	0.21	0.21	0.35	0.03	0.41	0.73	0.29	0.13		
0.39	-0.43	0.51	0.08	-0.01	0.33	-0.08	0.70	0.44	1.00	0.15	0.39	0.34	0.49	0.31	-0.18	0.05	-0.59	-0.02	0.35	0.24	0.51	-0.13	0.29	0.11	0.21	0.13	0.22	0.32	0.27	0.36	0.28	0.17	-0.35	-0.26	-0.17	-0.07	0.02	-0.08	0.04	0.22	-0.09	0.41	0.08	0.16	-0.07	0.52	0.31		
0.26	1.00	0.12	-0.01	0.26	0.16	0.01	0.01	-0.02	0.15	1.00	0.45	0.00	0.11	0.20	0.82	0.36	0.20	0.13	0.22	0.28	0.16	0.10	-0.08	0.02	0.75	0.45	0.13	-0.42	0.13	0.01	0.27	0.23	-0.24	0.17	-0.16	0.22	0.04	0.31	0.04	-0.18	0.18	0.10	-0.07	0.16	-0.22	0.13	-0.17		
-0.13	-0.10	0.39	-0.30	-0.36	0.50	-0.07	-0.06	0.69	0.39	0.45	1.00	0.44	0.69	0.43	0.30	0.10	0.14	-0.58	-0.19	0.40	0.76	0.37	-0.25	0.02	0.19	0.44	0.54	-0.17	-0.05	-0.47	0.13	0.34	-0.12	-0.07	-0.48	-0.13	-0.08	0.03	-0.01	-0.07	0.01	-0.01	-0.13	0.37	-0.02	0.10	-0.06	-0.08	-0.08
-0.22	-0.54	0.44	0.31	0.19	-0.44	0.33	0.65	0.04	0.34	0.00	1.00	1.00	0.39	-	0.27	0.15	-0.40	-0.02	0.19	0.60	-0.20	0.50	0.11	0.16	-	-0.20	-0.47	-0.12	0.55	-0.01	0.07	0.23	0.03	-0.26	-0.13	0.31	0.08	0.01	0.37	-0.97	0.19	0.15	0.72	0.12	-0.09	0.56	0.56		
0.21	-	-0.78	-0.01	-0.18	0.63	0.19	0.37	0.73	0.49	0.11	0.69	-1.00	1.00	0.79	-0.83	-0.01	-	-0.13	0.27	0.38	0.78	-0.40	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47		
0.40	-	-0.49	0.43	-0.11	0.04	0.25	0.39	0.60	0.31	0.20	0.41	0.39	0.79	1.00	0.44	0.02	0.08	0.03	0.45	0.55	-0.08	0.33	0.43	-0.01	1.00	0.22	0.38	0.33	0.27	0.32	-0.38	0.11	0.00	-0.06	-0.19	0.04	0.05	0.23	0.08	-0.09	0.01	-0.06	0.02	-0.17	0.04	-0.16	0.21	0.00	
0.09	-	-0.59	-0.72	0.63	-0.22	-	-0.84	0.37	-0.18	0.82	0.30	-	-0.83	-	1.00	0.72	-	0.22	0.72	0.92	-0.03	0.79	-0.68	-0.36	0.83	0.74	-0.27	-0.63	0.80	0.20	0.60	0.93	0.35	0.39	0.31	1.00	0.30	0.72	0.32	0.73	0.53	0.89	-	0.81	0.89	0.92	-	0.64	0.81
0.32	-	0.10	0.35	-0.07	-0.23	0.09	0.09	0.02	-0.05	0.36	0.10	0.27	0.01	0.44	0.72	1.00	0.09	0.38	0.19	0.29	0.47	0.16	-0.23	0.15	0.04	0.83	0.20	0.13	-0.08	-0.20	0.01	0.16	0.20	-0.02	0.14	0.16	-0.09	0.00	0.02	-0.05	-0.22	-0.10	-0.08	-0.03	-0.95	0.06	-0.09		
0.16	-0.13	-0.02	0.21	0.03	-0.35	0.05	0.01	-0.51	-0.02	0.13	-0.15	-0.40	-0.13	0.08	0.22	0.38	0.01	0.14	-0.26	-0.03	0.23	-0.18	-0.15	-0.25	-0.33	0.26	0.01	0.09	-0.23	-0.07	0.14	0.32	0.48	0.27	0.13	0.09	0.04	0.16	0.22	-0.07	-0.25	0.05	0.06	-0.23	0.12	0.48	0.02	-0.18	
-0.26	-0.26	0.34	-0.04	-0.05	0.12	-0.19	0.01	0.49	0.35	0.22	0.40	0.02	0.27	0.03	0.72	0.19	-0.14	0.14	1.00	0.22	0.22	-0.08	-0.12	0.02	0.11	0.71	0.03	-0.13	-0.43	0.08	0.19	-0.22	0.48	-0.09	-0.07	0.26	0.12	0.26	0.15	0.09	0.20	0.12	0.13	0.07	0.16	0.08	0.08	0.03	0.20
-0.05	1.00	0.46	-0.22	-0.49	0.40	-0.08	-0.03	0.61	0.24	0.28	0.76	0.19	0.38	0.46	0.92	0.29	0.04	-0.26	0.22	1.00	0.51	-0.06	-0.10	0.04	0.48	0.87	-0.12	-0.17	-0.54	0.03	0.19	-0.10	-0.23	-0.28	-0.18	-0.05	-0.16	-0.14	-0.16	-0.10	-0.20	-0.17	-0.20	-0.13	-0.27	0.04	-0.23	-0.16	-0.18
0.31	-0.75	0.69	0.35	-0.22	0.33	-0.24	0.57	0.68	0.51	0.16	0.37	0.60	0.78	0.55	-0.03	0.47	0.50	0.22	0.51	1.00	0.07	-0.10	-0.06	0.28	-0.11	0.42	0.42	-0.25	0.33	0.12	0.34	-0.11	-0.12	0.04	0.21	0.35	0.21	0.31	0.24	0.04	0.06	0.19	0.25	-0.24	0.27	0.22	0.47	0.03	
0.04	-0.36	-0.41	0.16	0.03	-0.44	-0.02	0.30	0.13	-0.13	-0.10	-0.25	-0.60	-0.08	0.79	0.15	-0.20	0.21	-0.08	-0.06	-0.07	1.00	-0.32	-0.29	-0.09	0.23	0.02	0.14	0.16	-0.23	-0.16	0.26	0.05	0.29	0.05	-0.03	0.72	0.16	0.26	0.27	0.23	0.20	0.21	0.33	0.15	0.31	0.45	0.21	0.13	
-0.10	-0.10	-0.14	-0.13	-0.08	0.28	0.25	0.04	0.29	0.09	-0.20	0.02	0.50	0.57	0.33	-0.68	0.23	-0.67	-0.18	-0.12	-0.10	-0.32	1.00	0.96	-0.11	-0.70	-0.39	0.13	0.34	0.18	0.04	0.63	-0.33	-0.44	-0.10	-0.58	-0.28	-0.25	-0.03	-0.24	-0.04	-0.06	-0.05	-0.08	-0.04	-0.08	-0.41	-0.10	-0.04	
-0.06	-0.85	-0.19	-0.18	0.10	0.32	-0.02	0.02	0.38	0.13	-0.08	0.19	0.11	0.52	0.43	-0.36	0.15	0.38	0.15	0.02	0.04	-0.06	-0.29	0.96	1.00	0.52	-0.36	-0.31	0.00	0.17	0.18	0.02	-0.04	-0.52	0.04	-0.12	-0.09	-0.14	-0.04	-0.18	0.04	-0.09	-0.20	-0.07	-0.11	-0.05	-0.46	-0.15	-0.10	
-0.20	-0.52	0.24	0.04	0.14	0.58	-0.07	0.20	0.49	0.21	0.02	0.44	0.16	-0.47	-0.01	0.81	0.04	0.03	-0.25	0.11	0.48	0.28	0.09	0.59	0.52	1.00	0.19	-0.38	-0.33	-0.12	0.22	-0.10	-0.43	-0.16	0.03	-0.01	0.17	0.04	0.12	0.14	0.25	0.17	0.09	0.06	0.11	0.16	0.07	0.12		
0.04	-0.24	-0.29	-0.79	0.74	-0.05	0.40	0.13	0.75	-0.02	0.43	0.17	-0.47	0.10	-0.81	0.04	0.03	-0.25	0.11	0.48	0.28	0.09	0.59	0.52	1.00	0.19	-0.38	-0.33	-0.12	0.22	-0.10	-0.43	-0.16	0.03	-0.01	0.17	0.04	0.12	0.14	0.25	0.17	0.09	0.06	0.11	0.16	0.07	0.12			
0.11	-0.92	0.12	0.19	0.14	0.20	0.18	0.17	-0.36	0.22	0.45	-0.17	-0.20	-0.06	0.22	0.27	0.20	-0.16	0.26	0.03	-0.12	0.42	0.02	0.39	-0.31	-0.08	-0.26	1.00	0.34	-0.20	-0.47	0.02	0.39	0.32	0.04	0.37	0.28	0.16	0.31	0.18	0.27	0.01	0.26	0.02	0.15	0.02	0.15	0.00	0.35	0.20
-0.11	-	-0.41	0.48	0.04	-0.35	-0.16	-0.13	-0.23	-0.27	-0.42	-0.47	-0.12	-0.15	-0.33	-0.80	-0.08	-	-0.09	-0.43	-0.54	-0.25	-0.16	0.34	0.17	-0.32	-0.50	-0.20	0.61	1.00	-0.14	-0.37	-0.07	-0.51	0.14	-0.08	0.37	-0.08	-0.04	-0.07	-0.03	-0.07	0.01	0.02	-0.17	-0.16	-0.05			
0.08	-	0.21	0.20	0.19	0.24	-0.41	0.11	0.36	0.28	0.01	0.34	-0.01	0.41	0.32	0.60	0.03	0.67	0.07	0.19	0.19	-0.12	-0.16	0.04	0.02	0.23	-0.06	0.02	0.01	-0.17	0.17	0.07	-0.26	-0.09	-0.27	0.19	0.30	0.05	0.25	0.41	0.51	0.57	0.35	0.54	0.36	-0.33	0.20	0.59		
-0.10	-	-0.21	-0.04	-0.19	0.24	-0.41	0.11	0.36																																									

Figura 4-42: Matriz de Correlaciones Qm - Anual

1.00	0.96	0.67	0.44	0.70	0.81	0.17	0.34	0.84	-0.11	0.83	0.37	0.56	0.65	0.60	-0.43	0.47	0.00	-0.29	0.41	0.40	0.55	0.22	-0.08	0.29	0.65	0.67	0.54	0.05	0.10	0.20	0.03	-	-0.16	0.21	1.00	-	0.15	0.00	-0.07	0.09	-0.08	0.15	-0.02	-0.08	0.29	-0.08	-0.21	0.23	0.16	
0.96	1.00	0.98	0.78	0.91	-	-	-	0.97	-	-0.05	1.00	-	-	-	-	-	0.00	-0.10	-0.00	-	1.00	-0.00	-	1.00	-0.00	-	1.00	-	0.00	-	-0.76	-0.59	-0.82	-0.70	-	-0.57	-0.65	-	-0.69	-0.58	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.67	0.98	1.00	0.57	0.75	0.55	-0.10	0.42	0.48	0.17	0.72	0.41	0.90	0.75	0.63	0.50	0.17	-0.20	-0.12	0.19	0.27	0.55	0.31	0.05	0.11	0.52	0.65	0.44	0.14	-0.20	0.21	0.19	-	0.11	-0.60	1.00	-	0.11	0.20	0.06	0.16	0.23	0.33	0.37	0.20	0.33	0.19	0.56	0.49	0.36	
0.44	0.79	0.57	1.00	0.37	0.44	0.36	0.45	0.61	-0.05	0.49	0.06	0.43	0.39	0.33	0.61	0.64	0.14	0.26	0.38	0.45	0.55	0.41	0.00	0.01	0.43	0.78	0.44	0.05	-0.22	0.18	0.20	-	0.12	0.89	-1.00	-	0.09	0.05	0.10	0.09	-0.01	-0.07	0.01	0.05	-0.26	0.07	0.36	0.23	-0.06	
0.70	0.91	0.75	0.37	1.00	0.68	-0.06	0.22	0.52	-0.06	0.93	0.65	0.69	0.78	0.78	-	0.08	0.30	-0.05	0.29	0.20	0.35	0.65	0.05	0.33	0.70	1.00	0.23	-0.23	-0.15	0.09	0.10	-	-0.10	-0.20	1.00	-	-0.02	-0.04	-0.16	0.05	0.01	-0.35	0.22	0.04	0.47	-0.04	-0.08	0.28	0.36	
-0.11	-	-0.55	0.44	0.68	1.00	0.16	0.39	0.77	0.16	0.83	0.78	0.38	0.75	0.75	-0.02	0.46	-	-0.37	0.64	0.36	0.74	-0.11	-0.35	0.63	0.78	0.77	0.48	-0.27	0.06	0.37	-0.02	-	-0.52	1.00	-	-0.02	0.24	-0.05	0.28	0.17	0.13	0.18	-	-	0.35	0.04				
0.17	-	-0.10	0.36	-0.06	-0.16	1.00	0.52	0.12	-0.40	0.11	-0.43	-0.01	-0.11	-0.29	-	0.30	0.18	0.22	0.23	0.08	-0.13	0.44	0.04	0.27	0.03	-	0.09	-0.39	0.32	0.26	0.08	-	0.39	-0.66	1.00	-	0.17	0.07	0.37	0.17	0.11	-0.28	-0.20	-0.01	-0.50	0.00	0.05	0.23	-0.35	
0.34	-	0.42	0.45	0.22	0.39	0.52	1.00	0.36	0.68	0.43	0.01	0.95	0.55	0.13	-0.02	0.51	0.68	0.00	0.28	0.08	0.42	0.13	-0.04	-0.02	0.15	0.41	0.20	0.64	0.30	0.51	-0.02	-	0.61	0.24	-1.00	-	0.66	0.09	0.55	0.37	0.09	-0.02	0.05	0.27	-0.23	0.15	0.03	0.61	-0.03	
0.84	-	0.48	0.61	0.52	0.77	0.12	0.36	1.00	-0.02	0.69	0.82	0.90	0.78	0.61	0.47	0.62	-	-0.28	0.70	0.39	0.90	0.04	0.10	0.62	0.81	0.45	0.81	-0.09	-0.15	0.37	0.19	-	-0.88	0.38	-1.00	-	0.18	0.32	0.14	0.33	0.10	0.04	0.13	0.23	-0.02	0.24	-1.00	0.37	-0.01	
-0.11	0.97	-	0.17	-0.05	-0.06	0.16	-0.40	0.88	-0.02	1.00	0.09	0.44	0.83	0.57	0.19	0.45	0.20	0.60	-0.11	0.10	0.67	0.18	-0.18	-0.11	-0.08	-0.04	-0.21	-0.15	0.61	-0.04	0.42	0.00	-	-0.42	0.10	-1.00	-	-0.02	-0.15	0.03	0.01	-0.16	-0.09	-0.04	0.06	-0.19	0.03	-0.10	0.36	-0.09
0.83	-	0.72	0.49	0.83	0.83	0.11	0.43	0.60	0.09	1.00	0.61	0.79	0.74	0.71	0.83	0.47	0.14	0.30	0.44	0.45	0.72	0.49	-0.03	0.46	0.78	0.75	0.45	0.01	0.14	0.17	0.16	-	-	-	-	0.14	-0.01	-0.01	0.20	-0.02	0.17	0.48	0.21	0.07	0.23	0.26	0.32	0.08		
0.37	-0.05	0.41	0.06	0.65	0.78	-0.43	0.01	0.82	0.44	0.61	1.00	0.73	0.82	0.67	0.87	0.05	0.48	-0.04	0.15	0.24	0.17	-0.01	-0.28	0.48	0.58	-0.24	0.08	-0.02	0.10	0.42	0.30	-	-0.22	-1.00	1.00	-	-0.11	0.38	0.00	0.12	0.21	0.45	0.57	0.12	0.42	0.29	0.19	-0.04	0.38	
0.56	1.00	0.90	0.43	0.69	0.38	-0.01	0.95	0.90	0.83	0.79	0.73	1.00	-1.00	0.91	-	0.71	0.14	-0.19	0.14	0.59	0.91	0.30	0.29	0.37	0.20	-	0.77	0.77	0.84	0.77	-0.23	-	0.53	1.00	-1.00	-	0.44	0.38	0.39	0.42	0.35	0.82	0.59	0.47	0.69	0.51	0.28	0.77	0.86	
0.65	-	0.75	0.39	0.78	0.75	-0.11	0.55	0.78	0.57	0.74	0.82	-1.00	1.00	0.91	0.49	0.31	-	-0.40	0.15	0.40	0.69	0.38	0.19	0.37	0.77	0.22	0.48	0.50	-0.22	0.23	0.33	-	-0.78	-	-	-	-0.11	0.22	0.18	0.16	0.01	0.12	0.16	0.30	0.16	0.20	-	0.54	0.11	
0.60	-	0.63	0.33	0.78	0.75	-0.29	0.13	0.61	0.19	0.71	0.67	0.91	0.91	1.00	-	0.53	0.97	-0.56	0.37	0.44	0.67	0.75	0.31	0.73	0.66	-	0.44	-0.12	-0.18	0.03	-0.08	-	-0.40	0.45	-1.00	-	-0.02	0.24	-0.03	0.22	0.14	0.13	0.30	0.22	0.37	0.27	0.93	0.25	0.16	
-0.43	-	0.50	0.61	-	-0.02	-	-0.22	0.47	0.45	0.83	0.87	-	0.49	-	1.00	0.45	-	-0.19	0.55	0.24	0.07	0.50	0.29	0.26	0.89	0.37	0.73	0.67	-0.72	-0.85	0.53	-	-0.58	-	-	-	-0.17	-0.26	0.18	0.08	0.14	-0.02	-	-0.06	0.42	0.00	-	-0.31	-0.08	
0.47	-	0.17	0.64	0.08	0.46	0.30	0.51	0.62	0.20	0.47	-0.05	0.71	0.31	0.53	0.45	1.00	1.00	0.12	0.66	0.16	0.67	0.39	-0.19	0.38	0.43	0.54	0.64	0.39	0.03	-0.04	0.06	-	-0.13	0.96	-1.00	-	0.33	-0.30	0.09	-0.04	-0.31	-0.39	-0.35	-0.12	-0.48	-0.21	1.00	0.14	-0.37	
0.00	-1.00	-0.20	0.14	0.30	-	0.18	0.68	-	0.60	0.14	0.48	0.14	-	0.97	-	1.00	1.00	0.31	0.59	0.13	0.27	0.33	-0.30	0.07	0.40	-	0.36	0.02	-	-1.00	0.57	-	-0.72	-	-	-	0.19	0.16	0.04	0.44	0.00	-	0.56	0.33	-	0.63	0.48	0.84	-	
-0.29	-1.00	-0.12	0.26	-0.05	-0.37	0.22	0.00	-0.28	-0.11	-0.30	-0.04	-0.19	-0.40	-0.56	-0.19	0.12	0.31	1.00	0.02	-0.27	-0.07	0.24	0.13	-0.13	-0.06	-0.28	-0.01	-0.14	0.09	-0.14	0.33	-	0.28	-0.32	1.00	-	-0.11	-0.26	0.08	-0.20	-0.18	-0.46	-0.12	-0.18	-0.45	-0.50	0.53	-0.07	-0.39	
0.41	-1.00	-0.19	0.38	0.29	0.64	0.23	0.28	0.70	0.10	0.44	0.15	0.14	0.15	0.37	0.55	0.66	0.59	0.02	1.00	0.46	0.67	0.14	-0.51	0.43	0.66	0.82	0.52	0.00	-0.29	0.09	0.41	-	-0.03	0.45	-1.00	-	0.24	-0.03	0.09	0.23	-0.14	-0.39	0.18	0.05	-0.37	0.06	0.71	0.05	-0.36	
0.40	-	0.27	0.45	0.20	0.36	0.08	0.08	0.39	0.07	0.45	0.24	0.59	0.40	0.44	0.24	0.16	0.13	-0.27	0.46	1.00	0.66	0.21	-0.51	0.01	0.56	0.71	0.27	0.11	-0.20	0.36	0.40	-	-0.25	-0.04	1.00	-	-0.02	0.01	-0.14	0.14	-0.07	-0.03	-0.14	-0.07	-0.15	0.12	0.90	0.08	-0.09	
0.55	1.00	0.55	0.55	0.35	0.74	-0.13	0.42	0.90	0.18	0.72	0.17	0.91	0.69	0.67	0.67	0.67	0.27	-0.07	0.67	0.66	1.00	0.08	-0.29	0.39	0.73	0.90	0.74	0.33	-0.23	0.36	0.33	-	-0.13	-	-	0.25	-0.07	-0.03	0.12	-0.21	-0.08	-0.01	0.04	-0.32	0.04	0.32	0.25	-0.14	-	
0.22	-1.00	0.31	0.41	0.65	0.11	0.41	0.13	0.04	-0.19	0.49	-0.01	0.30	0.38	0.75	0.50	0.39	0.33	0.24	0.14	0.21	0.08	1.00	0.36	0.12	0.22	0.79	0.15	-0.13	0.05	0.43	-0.11	-	0.00	0.70	-1.00	-	0.23	0.04	0.25	0.30	0.20	0.16	0.32	0.29	0.41	0.22	0.47	0.38	0.19	
-0.08	-	0.05	0.00	0.05	-0.35	0.04	-0.04	-0.10	-0.11	-0.03	-0.28	0.29	0.19	0.31	0.29	0.19	-0.30	0.13	-0.51	-0.51	-0.29	0.36	1.00	-0.03	-0.10	-0.67	0.25	0.22	-0.11	-0.22	-0.28	-	-0.05	0.75	-1.00	-	0.02	0.30	0.31	0.16	0.32	0.39	0.03	0.24	0.35	0.13	0.85	0.43	0.35	
0.29	1.00	0.11	0.01	0.33	0.63	0.27	-0.02	0.62	-0.08	0.46	0.48	0.37	0.37	0.73	0.26	0.38	0.07	-0.13	0.43	0.01	0.39	0.12	-0.03	1.00	0.79	-0.11	0.66	-0.19	-0.26	0.10	0.32	-	-0.43	0.32	-1.00	-	-0.16	0.00	-0.16	-0.05	-0.09	-0.03	-0.11	-0.11	0.02	-0.07	-0.41	0.09	-0.08	
0.65	-1.00	0.52	0.43	0.70	0.78	0.23	0.15	0.81	-0.04	0.78	0.58	0.20	0.77	0.66	0.89	0.43	0.40	-0.06	0.66	0.56	0.71	0.22	-0.10	0.79	1.00	0.84	0.62	-0.04	-0.50	0.21	0.38	-	-0.29	0.32	-1.00	-	0.04	0.01	-0.14	0.11	-0.10	0.01	-0.30	-0.03	0.05	-0.09	-0.27	0.12	-0.03	
0.67	-	0.65	0.78	1.00	0.77	-	0.41	0.45	-0.21	0.75	-0.24	-	0.22	-	0.37	0.54	-	0.28	0.82	0.71	0.90	0.79	-0.67	-0.11	0.84	1.00	0.35	-0.21	0.04	-0.55	0.68	-	0.77	-	-	0.05	-0.58	-0.44	0.01	-0.19	-0.02	-0.12	0.75	0.06	-0.75	-0.05				
0.54	1.00	0.44	0.44	0.23	0.48	0.09	0.20	0.81	-0.15	0.45	0.08	0.77	0.48	0.44	0.73	0.64	0.36	-0.01	0.52	0.27	0.74	0.15	0.25	-0.66	0.62	-0.35	1.00	0.14	-0.12	0.27	0.21	-	-0.21	0.97	-1.00	-	0.19	0.05	-0.02	0.10	-0.01	0.06	0.01	0.06	0.33	0.00	-0.32	0.24	0.07	
0.05	-	0.14	0.05	-0.23	-0.27	-0.39	0.64	-0.09	0.61	-0.01	-0.02	0.77	0.50	-0.12	0.67	0.39	-0.02	-																																

Figura 4-43: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Enero

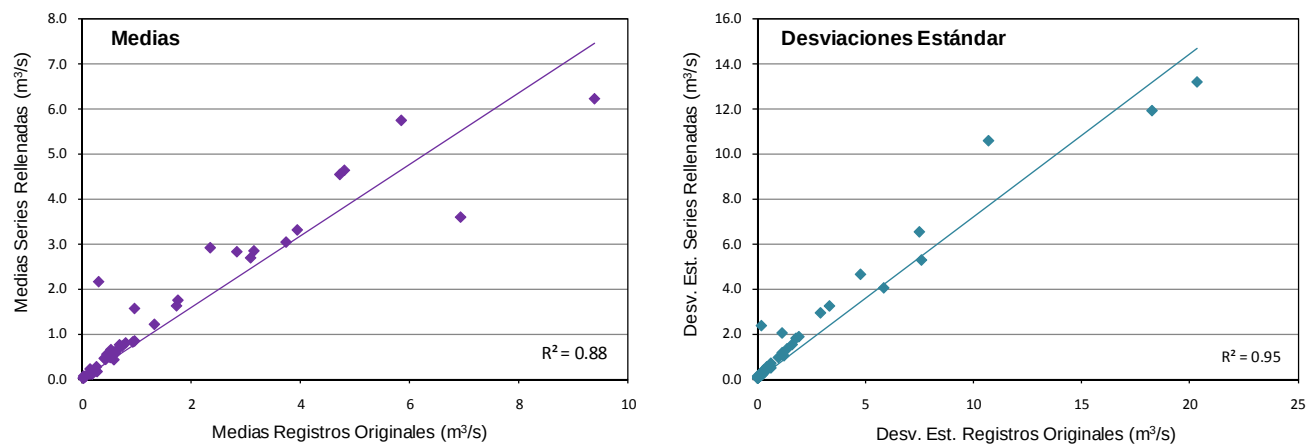


Figura 4-44: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Febrero

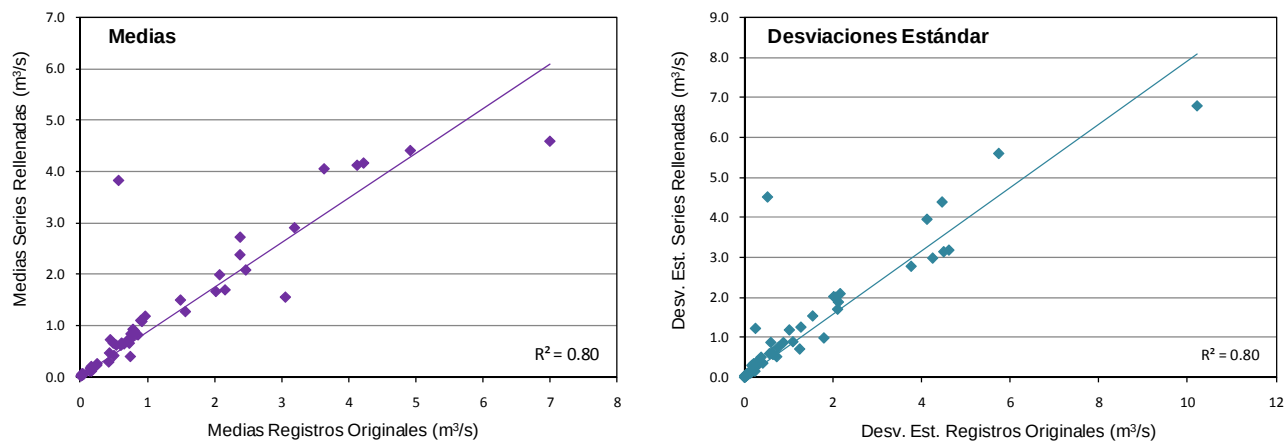


Figura 4-45: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Marzo

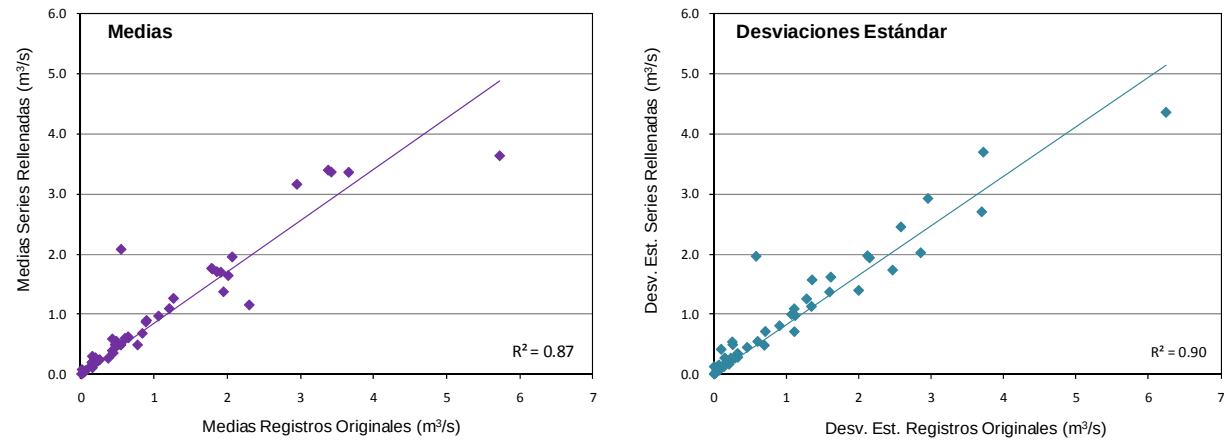


Figura 4-46: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Abril

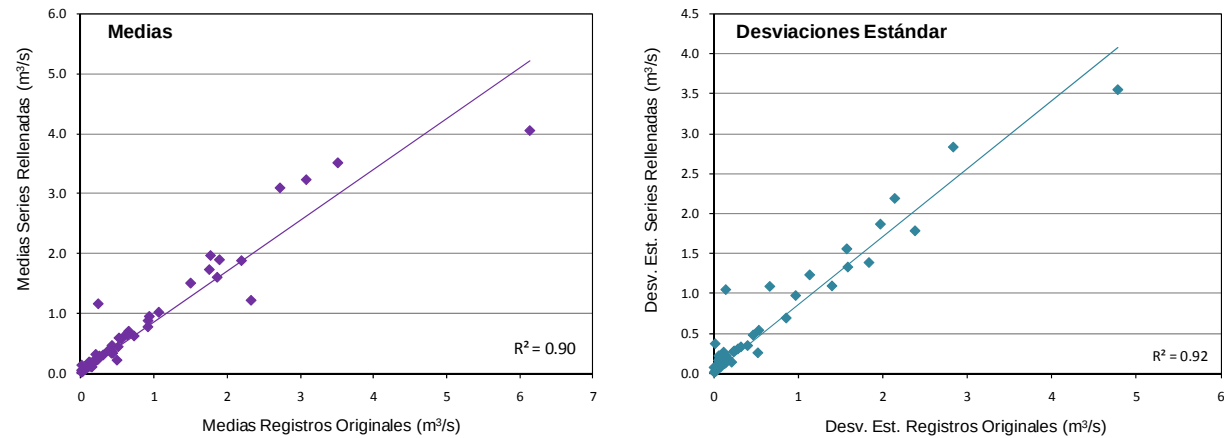


Figura 4-47: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Mayo

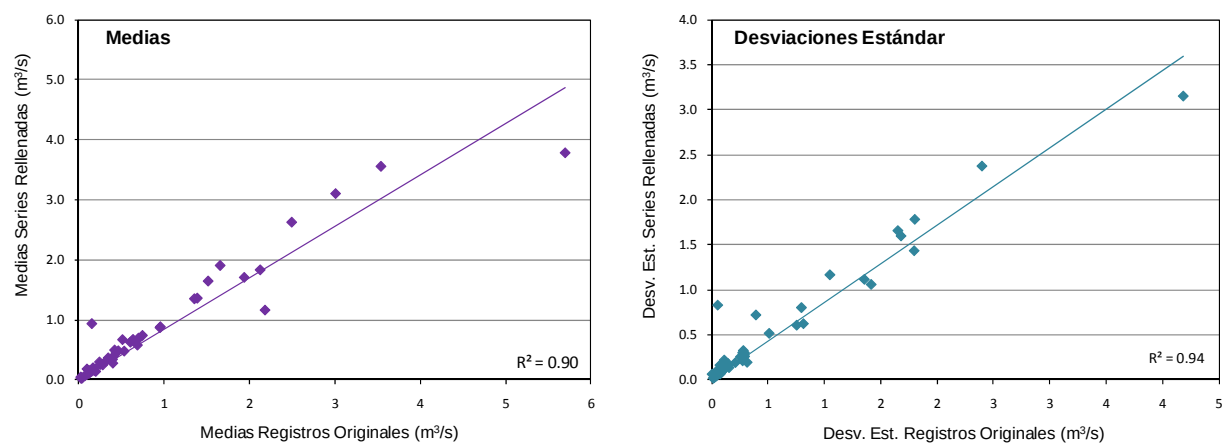


Figura 4-48: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Junio

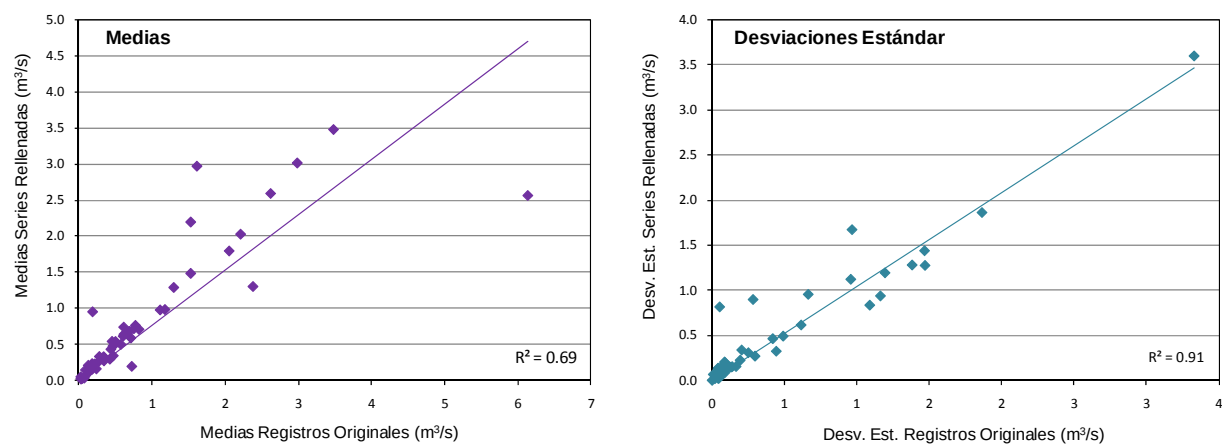


Figura 4-49: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Julio

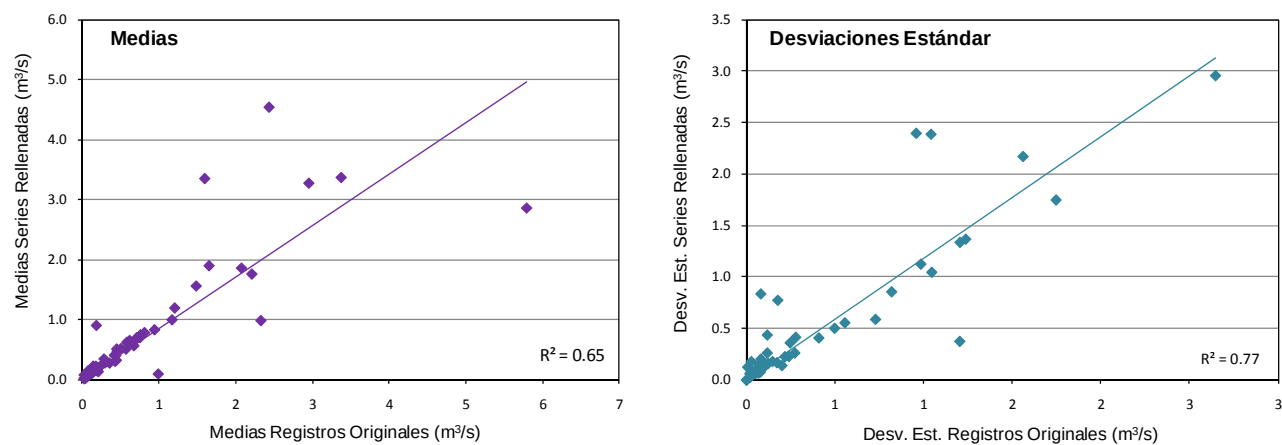


Figura 4-50: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Agosto

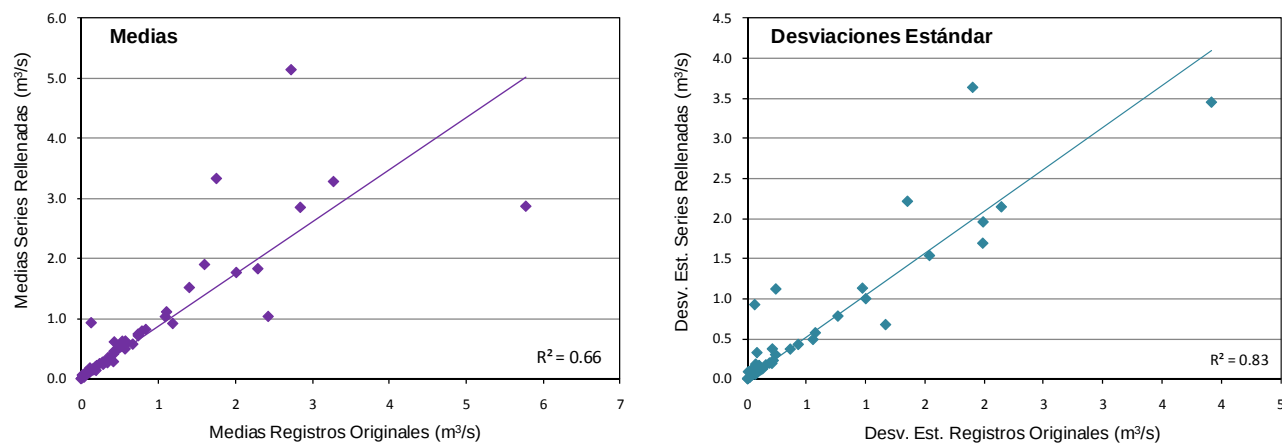


Figura 4-51: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Septiembre

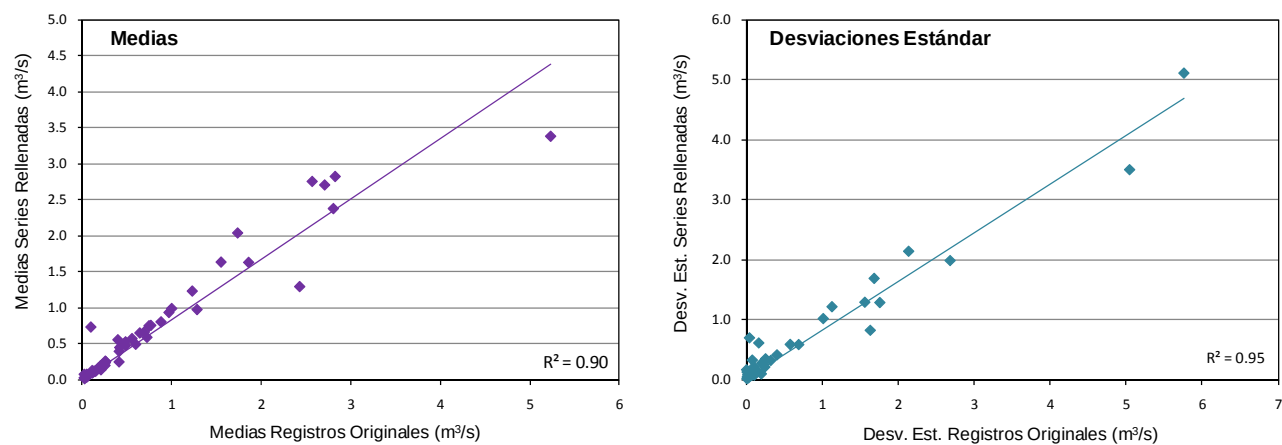


Figura 4-52: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Octubre

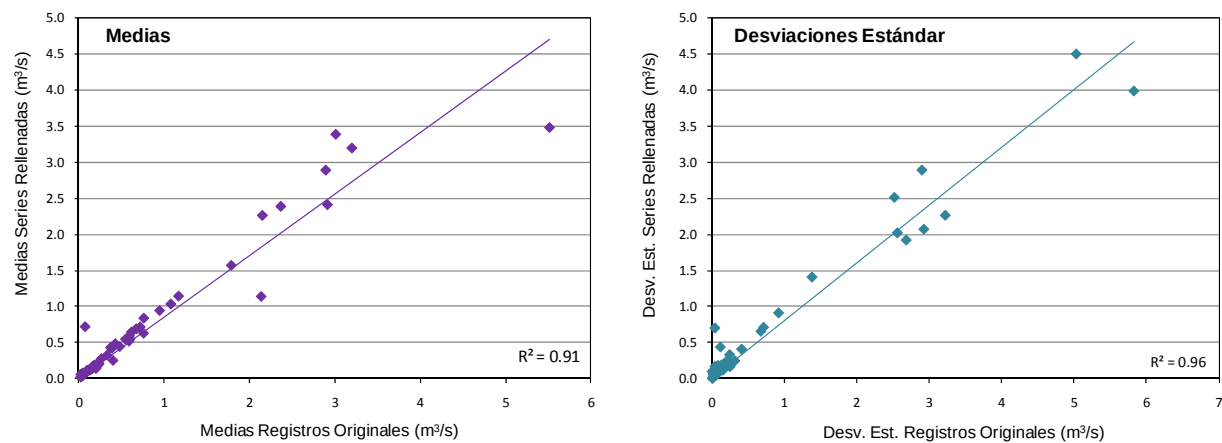


Figura 4-53: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Noviembre

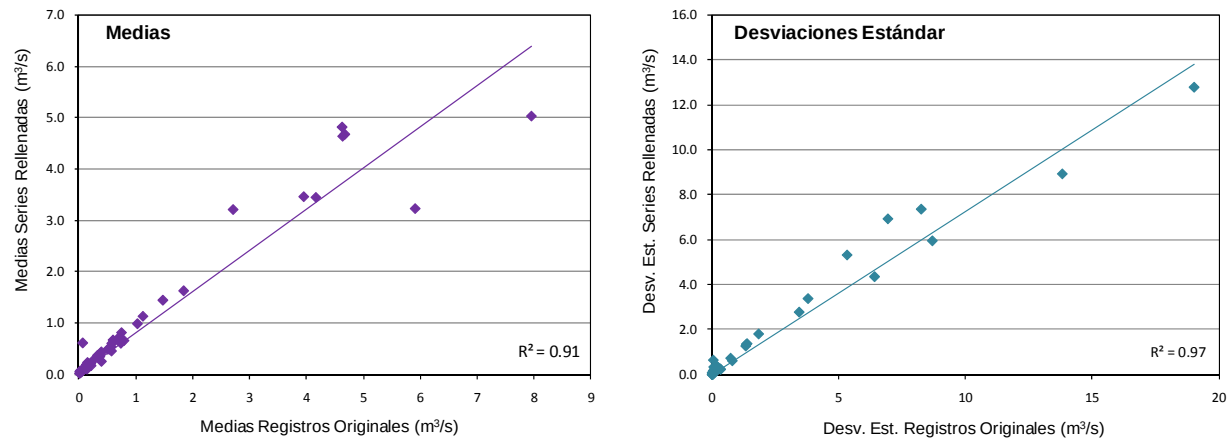


Figura 4-54: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Diciembre

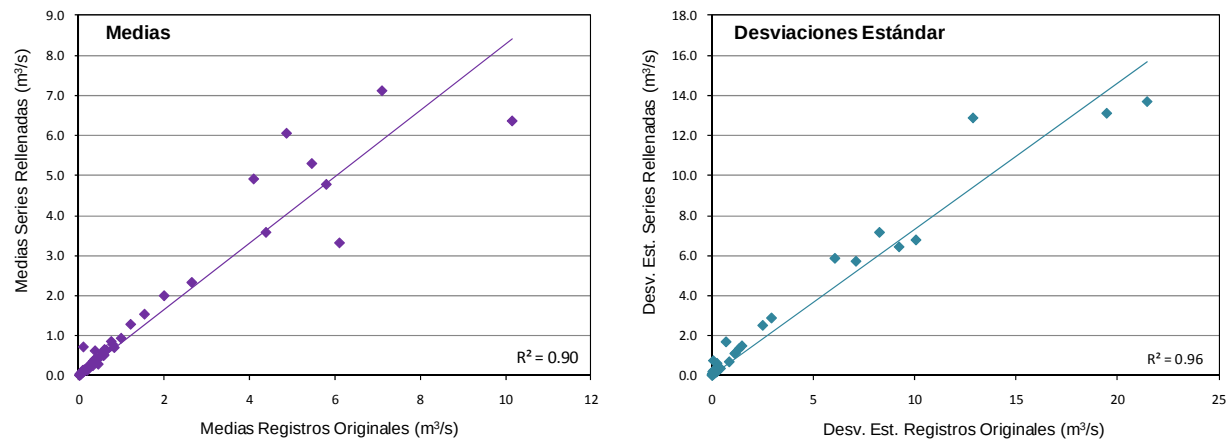


Figura 4-55: Correlaciones entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas – Caudales Anuales

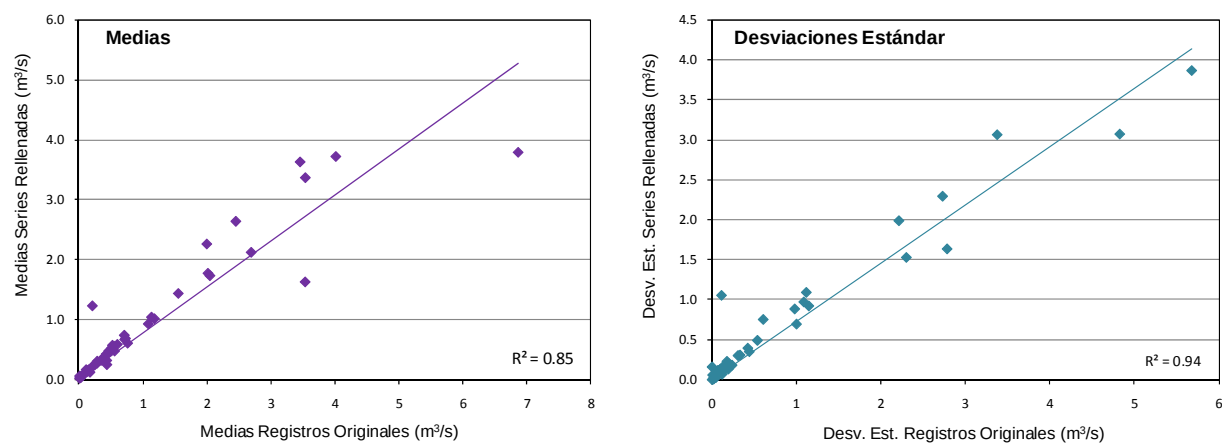


Tabla 4-13: Coeficientes de Correlación entre Estadísticos de Series Originales y Rellenadas

R^2	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	Promedio
μ	0.90	0.81	0.88	0.91	0.92	0.73	0.67	0.68	0.91	0.91	0.92	0.91	0.87	0.85
σ	0.95	0.82	0.92	0.94	0.94	0.92	0.78	0.84	0.96	0.96	0.97	0.96	0.95	0.92

Caudales Medios Mensuales Promedio Adoptados por Estaciones y Cuencas

Tabla 4-14: Caudales medios Mensuales Promedio (m³/s)

	Nº en Figura	Estación	Años	Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1	24	Río Caracarani en Humapalca	36	2	0.55	0.70	0.51	0.31	0.31	0.33	0.41	0.35	0.26	0.22	0.21	0.26	0.34
2	22	Río Caracarani en Alcerreca	8	-	0.84	1.27	1.10	0.78	0.66	0.71	0.79	0.92	0.98	0.52	0.49	0.52	0.73
3	21	Río Colpitas en Alcerreca	32	-	0.75	1.09	0.90	0.59	0.50	0.54	0.52	0.61	0.56	0.42	0.41	0.43	0.57
4	2	Río Caquena en Vertedero	36	3	1.62	1.98	1.71	1.02	0.88	0.98	1.00	1.03	0.81	0.55	0.53	0.94	1.01
5	23	Río Lluta en Alcerreca	33	1	2.84	4.40	3.37	1.73	1.36	1.48	1.57	1.51	1.24	1.03	0.98	1.28	1.77
6	3	Río Colpacagua en Desembocadura	20	-	2.16	3.82	2.09	1.16	0.93	0.95	0.91	0.93	0.74	0.72	0.61	0.72	1.23
7	1	Río Caquena en Nacimiento	20	-	0.42	0.61	0.50	0.34	0.28	0.30	0.31	0.28	0.25	0.25	0.25	0.29	0.31
8	8	Canal Lauca en Sifón N° 1 (Km. 3.3)	26	-	0.82	0.81	0.69	0.62	0.58	0.59	0.57	0.57	0.59	0.63	0.65	0.70	0.60
9	35	Río San José en Ausipar	23	-	1.21	1.69	1.38	0.88	0.87	0.98	0.84	0.82	0.75	0.83	0.81	0.86	0.92
10	37	Acueducto Azapa en Bocatoma	37	4	0.53	0.72	0.56	0.57	0.63	0.64	0.66	0.62	0.58	0.54	0.60	0.57	0.55
11	41	Río Codpa en Cala-Cala	27	5	0.17	0.28	0.27	0.15	0.18	0.15	0.15	0.10	0.08	0.07	0.07	0.08	0.14
12	44	Río Camarones en Conanoxa	23	6	1.56	1.18	0.88	0.39	0.34	0.34	0.33	0.27	0.21	0.16	0.16	0.25	0.47
13	47	Quebrada Camiña en Altusa	19	7	0.47	0.41	0.59	0.29	0.30	0.33	0.35	0.27	0.24	0.20	0.20	0.25	0.30
14	57	Q. Tarapaca en Sibaya	14	8	0.16	0.39	0.23	0.18	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.09	0.12	0.15
15	52	Río Tarapaca en Mina San Juan	18	-	0.54	0.92	0.49	0.32	0.25	0.27	0.28	0.24	0.22	0.16	0.15	0.21	0.32
16	60	Q. Tarapaca en Laonsana	7	-	0.43	0.46	0.47	0.23	0.20	0.23	0.28	0.22	0.22	0.16	0.18	0.13	0.25
17	53	Río Coscaya en Saitoco	23	-	0.21	0.20	0.30	0.11	0.16	0.21	0.23	0.18	0.13	0.11	0.10	0.13	0.16
18	51	Río Coscaya en Pampa Lirima	12	-	0.16	0.22	0.28	0.16	0.18	0.24	0.23	0.16	0.13	0.12	0.11	0.14	0.16
19	16	Río Batea en Confluencia	28	-	0.06	0.04	0.08	0.05	0.05	0.05	0.08	0.06	0.08	0.05	0.05	0.04	0.05
20	15	Río Piga en Collacagua	35	10	0.15	0.16	0.15	0.17	0.14	0.16	0.16	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13
21	17	Río Collacagua en Peñablanca	24	9	0.10	0.11	0.12	0.11	0.14	0.16	0.14	0.14	0.15	0.14	0.10	0.13	0.12
22	112	Río Huatacondo en Copaquire	31	11	0.01	0.06	0.07	0.14	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.04
23	61	Río Loa Antes Represa Lequena	38	12	0.56	0.65	0.49	0.44	0.48	0.50	0.51	0.50	0.50	0.54	0.49	0.44	0.47
24	87	Río Toconce Antes Represa Sendos	25	-	0.64	0.65	0.36	0.37	0.40	0.43	0.41	0.41	0.40	0.44	0.45	0.50	0.42
25	83	Río Salado A. J. Curti	35	14	0.45	1.07	0.40	0.19	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.08	0.60	0.10	0.27
26	84	Río Salado en Sifón Ayquina	31	-	0.58	0.74	0.61	0.33	0.48	0.48	0.47	0.45	0.45	0.43	0.37	0.37	0.45
27	86	Río Salado A. J. Loa	8	13	0.57	0.83	0.50	0.22	0.67	0.74	0.63	0.62	0.53	0.48	0.43	0.41	0.51
28	125	Río San Pedro en Cuchabrachi	35	15	0.79	0.89	0.97	0.70	0.68	0.72	0.71	0.71	0.67	0.64	0.67	0.65	0.68
29	117	Canal Vilama en Vilama	32	-	0.15	0.15	0.18	0.19	0.16	0.16	0.16	0.15	0.12	0.13	0.23	0.14	0.15
30	118	Canal Cuno en Socaire	21	16	0.10	0.11	0.21	0.11	0.19	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.14	0.15	0.15
31	126	Río La Ola en Vertedero	24	17	0.59	0.61	0.63	0.67	0.67	0.61	0.61	0.57	0.66	0.69	0.63	0.61	0.58

	Nº en Figura	Estación	Años	Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
32	131	Río Lamas en El Salto	29	18	0.26	0.25	0.25	0.25	0.26	0.24	0.24	0.25	0.27	0.27	0.27	0.27	0.24
33	130	Río Valle Ancho en La Barrera	25	-	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
34	128	Río Villalobos en Vertedero	29	-	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
35	129	Río Valle Ancho Antes Junta Barros Negros	28	-	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.04	0.06	0.05	0.17	0.11	0.05	0.04	0.06
36	127	Río Barros Negros Antes Junta Valle Ancho	29	-	0.06	0.04	0.05	0.06	0.09	0.06	0.09	0.11	0.05	0.07	0.06	0.08	0.06
37	132	Río Astaburuaga en Cono	23	-	0.18	0.17	0.17	0.21	0.37	0.20	0.10	-	0.23	0.32	0.34	0.62	0.24
38	138	Río Copiapó en Lautaro	41	-	1.74	1.49	1.27	0.95	0.74	0.68	0.70	0.74	0.94	1.14	1.44	1.53	1.04
39	140	Río Copiapó en Pastillo	35	-	2.69	2.08	1.70	1.60	1.70	1.79	1.87	1.76	1.63	1.57	1.63	2.33	1.73
40	133	Río Jorquera en Vertedero	41	19	0.72	0.64	0.60	0.64	0.69	0.76	0.75	0.79	0.76	0.71	0.71	0.79	0.66
41	134	Río Pulido en Vertedero	41	20	2.82	2.37	1.77	1.51	1.35	1.29	1.20	1.11	0.99	0.94	1.13	2.00	1.43
42	135	Río Manflas en Vertedero	36	21	0.65	0.65	0.50	0.46	0.46	0.54	0.52	0.52	0.48	0.59	0.71	0.64	0.52
43	162	Río Huasco en Algodones	17	-	6.22	4.58	3.64	4.05	3.77	2.56	2.87	2.86	3.38	3.48	5.03	6.35	3.79
44	160	Río Carmen en Ramadillas	30	24	3.04	1.66	1.65	1.88	1.83	2.03	1.77	1.83	2.38	2.41	3.45	3.58	2.12
45	156	Río Transito Antes Junta Río Carmen	40	22	5.74	4.16	3.37	3.52	3.55	3.47	3.38	3.28	2.82	2.89	4.64	7.11	3.72
46	161	Río Carmen en Pte. La Majada	17	-	3.59	1.55	1.16	1.22	1.16	1.30	0.99	1.03	1.30	1.14	3.23	3.31	1.63
47	153	Río Transito en Angostura Pinte	38	23	4.54	4.11	3.40	3.23	3.10	3.01	3.28	2.85	2.71	3.20	4.68	5.29	3.36
48	157	Río Carmen en San Felix	19	25	3.31	2.90	1.76	1.97	1.90	2.97	3.36	3.33	2.04	2.39	3.46	4.77	2.64
49	149	Río Conay en Las Lozas	23	-	2.91	2.71	1.96	1.90	1.64	2.19	1.90	1.90	1.64	2.26	3.21	4.91	2.26
50	159	Río Carmen en El Corral	19	-	4.63	4.05	3.17	3.10	2.62	2.59	4.55	5.13	2.75	3.39	4.82	6.05	3.63

3.3.3. Evaporación

Estaciones seleccionadas

Se seleccionaron 47 estaciones meteorológicas con al menos 10 años de registros evaporimétricos, calculándose para cada una de ellas los promedios de las evaporaciones mensuales que se consignan en la Tabla 4-15.

Evaporación Potencial Mensual Promedio Adoptada por Estaciones

Tabla 4-15: Evaporación Potencial Mensual Promedio (mm)

	Nombre	EPene	EPfeb	EPmar	EPabr	EPmay	EPjun	EPjul	EPago	Epsep	EPoct	EPnov	EPdic	EAnual
1	Chungará Ajata	73.9	88.7	103.3	119.1	117.3	104.9	98.7	110.7	129.4	145.4	148.7	129.2	1369.1
2	Cotacotani	109.4	101.2	109.6	146.6	149.8	140.7	140.8	155.5	165.0	204.7	201.5	158.4	1783.2
3	Parinacota Ex Endesa	95.1	94.6	104.4	119.4	97.0	102.8	101.6	123.5	120.3	151.5	148.7	111.3	1370.3
4	Putre	134.1	124.2	149.5	161.0	158.9	152.6	154.0	164.6	177.9	195.7	190.4	181.8	1944.6
5	Lluta	215.0	194.5	176.9	151.8	124.1	87.6	100.7	101.1	128.6	151.8	190.6	193.8	1816.5
6	Azapa	285.4	253.2	245.0	196.4	175.7	144.3	139.1	159.6	180.6	219.2	236.6	254.3	2489.4
7	El Buitre Aeródromo	280.7	263.8	250.8	194.8	170.0	139.3	133.9	142.7	164.6	196.8	224.8	268.2	2430.3
8	Codpa	170.8	149.8	156.4	133.0	117.1	103.3	113.3	134.0	155.9	189.4	191.6	194.7	1809.3
9	Coyacagua	171.3	154.7	179.7	164.0	128.2	119.1	130.1	128.6	151.4	210.2	221.5	219.6	1978.5
10	Huara en Fuerte Baquedano	288.2	264.3	303.4	276.5	246.6	234.3	238.9	221.9	243.0	282.6	297.0	255.9	3152.7
11	Cerro Colorado	184.7	157.3	167.7	171.4	172.6	169.2	179.4	216.9	227.7	253.2	245.0	251.5	2396.6
12	Cebollar	217.7	175.1	178.7	157.1	127.4	90.0	89.4	95.9	118.6	154.0	191.7	214.7	1810.2
13	Lequena	264.9	226.1	242.9	236.7	204.2	177.6	172.1	190.1	204.4	250.4	257.9	291.6	2718.8
14	San Pedro de Conchi	340.1	298.2	308.0	273.7	250.2	220.9	235.2	265.7	294.6	352.6	368.4	390.4	3597.7
15	Parshall N 2	366.3	324.8	341.9	309.4	256.0	210.8	216.3	256.7	321.6	377.6	402.8	428.0	3812.2
16	Ojos San Pedro	247.8	199.0	224.7	180.0	149.5	123.4	115.9	152.3	181.0	217.4	220.6	256.2	2267.6
17	Inacaliri	217.3	181.5	205.1	186.3	153.3	107.8	118.2	142.2	168.3	244.3	263.8	276.6	2264.7
18	Conchi Embalse	332.2	288.1	287.2	265.3	239.1	206.4	212.6	244.8	284.5	335.8	348.5	361.4	3406.1
19	Conchi Muro Embalse	290.1	242.4	241.2	220.5	199.9	173.7	182.4	222.1	265.0	296.4	296.3	310.1	2940.1
20	Chiu-Chiu	222.8	194.3	190.2	166.4	159.5	150.4	166.6	178.5	197.4	235.2	237.8	237.5	2336.5
21	Turi	280.1	225.0	218.2	192.2	173.0	146.6	151.6	189.4	203.6	282.5	271.4	291.9	2625.4
22	Linzor	190.1	162.4	171.0	149.6	107.1	80.6	100.6	108.3	130.7	186.5	213.7	221.0	1821.5
23	Toconce	219.9	186.5	190.9	180.0	161.0	140.5	144.6	166.4	203.4	242.5	251.1	260.7	2347.4
24	Ayquina	315.3	265.4	263.0	258.2	232.9	209.6	234.9	254.9	289.3	322.0	335.2	352.6	3333.4
25	Caspana	214.6	178.7	176.4	168.6	162.7	142.4	147.8	165.6	183.9	214.0	210.5	228.1	2193.2
26	El Tatio	165.9	138.0	152.3	124.3	99.8	72.8	91.0	90.0	127.3	169.5	168.4	183.2	1582.3
27	Calama	324.5	270.5	250.0	225.1	210.4	187.1	196.5	224.0	266.2	318.5	320.6	337.2	3130.4
28	Coya Sur	359.0	318.0	303.8	258.0	241.4	201.2	234.0	261.5	304.8	371.6	344.4	359.8	3557.5
29	Toconao Experimental	374.9	335.0	326.0	272.2	223.1	167.8	177.9	221.8	268.7	330.0	360.2	402.2	3459.8
30	Socaire	321.3	282.7	271.8	251.1	217.3	169.2	170.1	186.9	223.5	277.2	318.7	338.1	3027.8
31	Peine	364.1	322.8	325.3	266.8	213.9	170.0	179.7	207.7	244.3	313.2	340.2	369.6	3317.6
32	San Pedro de Atacama	332.8	281.1	280.6	213.2	163.3	133.8	144.8	189.3	243.8	309.1	333.6	355.6	2980.7

	Nombre	EPene	EPfeb	EPmar	EPabr	EPmay	EPjun	EPjul	EPago	Epsep	EPoct	EPnov	EPdic	EPanual
33	Baquedano	378.7	308.7	327.9	276.4	248.0	223.7	231.4	260.0	294.9	308.8	353.0	380.4	3591.9
34	Antofagasta	217.7	184.3	170.1	118.4	107.0	79.5	82.5	108.1	135.7	173.8	193.1	211.6	1781.7
35	Aguas Verdes	382.3	336.4	330.6	277.2	250.2	228.4	232.5	275.1	302.3	371.5	378.7	387.6	3752.8
36	Iglesia Colorada	367.1	354.5	341.6	298.9	261.9	246.8	227.5	283.1	291.7	347.8	378.6	397.8	3797.5
37	Lautaro Embalse	309.5	279.0	257.8	201.4	171.4	143.7	154.6	191.5	214.4	262.5	287.7	298.2	2771.6
38	Los Loros	327.6	289.2	273.2	199.9	155.6	127.6	137.8	166.8	203.8	267.3	298.7	327.4	2774.9
39	Copiapó	176.2	177.3	141.5	109.1	80.3	67.4	63.7	87.1	104.6	115.9	145.4	149.9	1418.4
40	Canto de Agua	199.1	184.5	164.5	140.1	88.7	60.1	57.8	74.0	101.5	134.0	151.2	168.0	1523.7
41	Conay	296.8	269.9	278.4	202.7	153.4	133.0	141.7	174.9	206.0	238.4	271.7	313.7	2680.6
42	Conay en Albaricoque	329.1	292.8	276.8	242.6	202.9	177.2	173.0	206.3	217.5	274.3	298.7	323.4	3014.6
43	El Transito	299.4	309.7	278.3	206.6	172.3	138.7	139.2	157.1	190.5	226.1	257.2	261.0	2636.1
44	San Felix	236.9	227.3	234.9	198.9	180.7	150.9	146.6	148.2	153.3	187.4	202.9	234.2	2302.2
45	Santa Juana	230.3	214.4	180.8	120.9	97.2	86.2	94.3	116.2	140.1	183.6	202.1	230.0	1896.1
46	La Compañía (Vallenar)	225.6	190.3	148.3	88.0	56.8	42.6	50.6	72.4	107.9	153.3	176.8	205.3	1517.8
47	Huasco Bajo	114.3	94.1	82.9	55.3	46.6	40.6	39.6	50.2	52.7	69.1	88.3	90.0	823.6

Evaporación Potencial por Cuenca

Se han calculado las evaporaciones potenciales representativas de cada zona (1, 2 y 3) de cada cuenca, para cada mes del año. Para estos efectos, se crearon rasters de evaporación potencial para cada mes, interpolando espacialmente los valores mensuales obtenidos para cada estación (valores presentados en la tabla anterior). Posteriormente, utilizando los polígonos correspondientes a todas las zonas (1, 2 y 3) de cada cuenca, se pudo estimar un valor de evaporación potencial promedio para cada una de ellas, como un promedio ponderado de todas las evaporaciones correspondientes a tales zonas.

Por simplicidad, se ha trabajado con los valores mensuales promedio de cada mes, despreciando la variabilidad anual de este parámetro a lo largo de los años.

3.3.4. Temperatura y Línea de Nieves

Estaciones seleccionadas

Se seleccionaron 56 estaciones meteorológicas que tuvieran al menos 10 años de registros termométricos, calculándose para cada una de ellas los promedios de las temperaturas mensuales promedio que se consignan en la Tabla 4-16.

Temperatura Promedio Mensual por Estaciones

Tabla 4-16: Temperatura Promedio Mensual (°C)

	Nombre	Tene	Tfeb	Tmar	Tabr	Tmay	Tjun	Tjul	Tago	Tsep	Toct	Tnov	Tdic	Tanual
1	CAQUENA	4.7	3.9	4.5	3.3	1.0	-0.2	-0.6	0.5	1.6	3.2	4.3	4.1	2.5
2	CHUNGARÁ AJATA	5.8	5.6	5.5	4.9	2.9	1.2	0.7	1.7	3.1	4.6	5.1	5.6	3.9
3	PARINACOTA EX ENDESA	5.8	5.3	5.0	3.9	1.0	0.0	-0.5	0.4	1.3	3.6	4.9	5.2	3.0
4	CHILCAYA	6.1	6.2	6.4	3.2	1.4	-0.3	-0.9	-0.7	0.4	3.0	4.0	5.8	2.9
5	PACOLLO	4.8	5.0	4.9	4.2	3.1	1.7	1.7	2.3	2.7	3.7	4.5	4.7	3.6
6	PUTRE	9.1	9.3	9.3	9.8	9.0	8.1	7.5	8.5	8.9	9.2	9.5	9.4	9.0
7	LLUTA	22.6	22.9	22.1	20.0	18.3	16.5	16.0	16.4	16.8	17.8	19.1	20.8	19.1
8	MURMUNTANE	9.5	9.4	10.3	9.8	8.8	7.9	7.9	8.0	7.7	8.5	9.5	9.8	8.9
9	AZAPA	22.6	23.0	21.9	19.6	17.4	16.0	15.3	15.7	16.5	17.7	19.0	20.6	18.8
10	U. DEL NORTE	23.0	23.3	22.8	21.2	19.3	17.8	16.9	17.0	17.6	18.5	20.1	21.5	19.9
11	EL BUITRE AERODROMO	23.2	23.5	22.5	20.7	18.5	17.0	16.2	16.7	16.9	18.2	19.6	21.4	19.5
12	CHACA	23.3	23.0	21.7	19.1	17.0	15.5	15.8	16.6	18.0	18.8	20.4	21.4	19.2
13	CODPA	17.0	17.2	17.0	16.0	15.3	15.1	15.0	15.4	15.5	15.7	15.8	16.4	15.9
14	CUYA	19.5	20.3	17.6	17.0	15.6	14.7	14.1	13.9	14.7	16.2	17.1	18.8	16.6
15	COYACAGUA	8.1	8.1	7.7	5.2	2.5	0.7	0.4	1.4	2.7	4.3	5.6	7.2	4.5
16	HUARA EN FUERTE BAQUEDANO	18.6	18.5	17.9	15.9	14.9	15.0	14.7	15.6	16.3	16.9	17.7	17.9	16.7
17	LAGUNILLAS (PAMPA LIRIMA)	6.6	6.6	6.2	3.5	1.1	-0.5	-1.0	0.1	1.1	2.7	3.7	5.3	2.9
18	CERRO COLORADO	15.6	15.8	16.0	15.6	15.1	14.6	14.5	14.9	15.4	15.8	15.8	15.6	15.4
19	GUATACONDO DGA	15.9	15.5	15.0	14.3	13.1	11.8	11.9	13.4	14.5	15.6	16.0	16.5	14.5
20	OLLAGUE	11.0	11.1	10.6	7.2	3.5	2.1	1.9	2.6	4.0	6.6	8.5	10.5	6.7
21	CEBOLLAR	10.8	10.2	9.7	7.2	4.5	2.2	2.2	3.6	5.3	6.3	8.4	9.6	6.7
22	LEQUENA	11.6	11.8	11.0	9.1	7.3	5.8	5.2	6.2	7.8	8.7	9.2	10.6	8.7
23	PARSHALL N 2	12.0	12.1	11.9	10.9	9.0	7.7	7.6	8.5	9.3	10.3	10.9	11.8	10.2
24	OJOS SAN PEDRO	6.3	6.8	6.1	3.9	0.9	0.5	-0.1	0.8	1.5	2.3	3.7	5.5	3.2
25	INACALIRI	8.3	8.4	8.6	6.4	3.9	2.1	1.8	2.7	3.7	5.3	6.6	7.9	5.5
26	CONCHI EMBALSE	12.9	12.9	12.3	10.4	8.2	7.1	6.8	7.6	8.7	10.2	11.1	12.1	10.0
27	CONCHI MURO EMBALSE	12.8	13.1	12.2	10.3	8.3	6.8	6.4	7.5	8.8	10.1	11.4	12.4	10.0
28	CHIU-CHIU	13.5	13.7	13.5	12.4	11.0	10.0	9.6	10.9	11.4	12.5	12.7	13.2	12.0
29	TURI	12.3	12.1	11.4	9.5	7.8	6.5	6.0	6.8	7.3	9.3	10.2	11.2	9.2
30	LINZOR	6.8	6.9	6.5	4.8	2.3	0.8	0.7	1.7	2.4	4.1	5.2	6.3	4.1
31	TOCONCE	12.7	12.7	12.5	11.6	9.9	9.1	8.2	9.7	10.5	11.0	11.5	12.3	11.0
32	AYQUINA	13.7	13.7	13.3	12.8	11.3	10.4	10.1	11.3	11.5	12.4	12.7	13.3	12.2

33	CASPANA	11.9	12.1	11.7	10.7	9.3	8.3	8.3	9.2	9.7	10.6	11.2	11.8	10.4
34	EL TATIO	5.2	5.2	5.3	3.6	0.9	-0.7	-0.5	-0.2	1.4	2.8	3.6	4.6	2.6
35	CALAMA	15.6	15.5	14.9	13.8	12.5	11.2	10.9	11.4	12.6	13.8	14.5	15.2	13.5
36	COYA SUR	21.7	22.0	21.8	20.6	19.2	17.9	17.4	18.0	18.7	20.0	20.5	21.2	19.9
37	TOCONAO EXPERIMENTAL	19.2	19.2	18.2	16.6	13.4	11.4	11.0	13.1	14.4	16.6	17.5	19.2	15.8
38	SOCAIRE	12.9	13.1	13.0	10.8	8.6	6.7	6.6	7.1	8.7	9.8	11.7	12.7	10.1
39	PEINE	20.4	20.1	19.1	16.9	14.0	11.8	11.4	13.3	14.7	17.1	18.7	19.8	16.4
40	SAN PEDRO DE ATACAMA	18.4	18.7	17.3	14.9	11.8	9.3	9.3	11.2	13.1	14.9	16.6	17.7	14.4
41	SIERRA GORDA	20.4	20.4	19.9	17.8	15.7	14.1	13.7	15.3	16.6	18.1	18.8	19.6	17.5
42	BAQUEDANO	18.7	18.4	18.2	16.6	14.8	13.7	13.2	13.9	15.3	16.2	17.4	18.0	16.2
43	ANTOFAGASTA	20.5	21.0	20.5	19.0	17.0	15.2	14.8	14.9	15.6	16.6	17.8	19.5	17.7
44	AGUAS VERDES	16.4	16.9	16.9	15.3	14.0	12.7	11.7	12.7	13.1	14.4	15.0	15.8	14.6
45	IGLESIA COLORADA	20.9	21.0	20.3	19.0	17.0	15.8	15.5	16.3	16.8	18.7	19.6	20.6	18.5
46	LAUTARO EMBALSE	22.1	22.0	21.4	19.7	18.0	16.6	16.7	17.7	18.3	19.6	20.7	21.7	19.5
47	LOS LOROS	21.6	21.0	20.1	18.0	15.9	15.4	14.8	16.0	16.5	18.1	19.7	20.5	18.1
48	COPIAPÓ	20.4	20.4	19.5	17.3	15.1	13.4	12.5	14.1	15.1	16.3	17.5	19.1	16.7
49	CANTO DE AGUA	20.5	20.2	19.7	17.3	15.0	13.0	12.8	14.2	15.4	16.4	17.9	19.3	16.8
50	CONAY	21.7	22.0	21.0	19.2	17.3	14.5	14.1	15.5	16.7	18.9	20.1	21.3	18.5
51	CONAY EN ALBARICOQUE	20.6	20.4	19.4	17.2	15.1	14.0	13.8	15.0	15.8	17.4	18.7	20.0	17.3
52	EL TRANSITO	20.7	20.6	19.8	17.8	15.7	14.5	13.8	15.0	15.8	17.8	19.1	20.0	17.6
53	SAN FELIX	21.5	21.3	20.5	18.1	15.7	14.3	13.9	14.9	16.3	18.1	19.7	20.9	17.9
54	SANTA JUANA	21.2	21.3	20.2	18.0	16.1	14.6	14.5	15.2	16.2	17.5	18.7	20.1	17.8
55	LA COMPAÑIA (VALLENAR)	19.5	19.5	18.3	15.6	13.9	12.3	11.9	12.6	13.9	15.3	16.4	17.7	15.6
56	HUASCO BAJO	18.3	18.5	17.5	15.3	13.4	12.1	11.5	12.2	12.9	14.3	15.7	17.0	14.9

Línea de Nieves por Cuenca

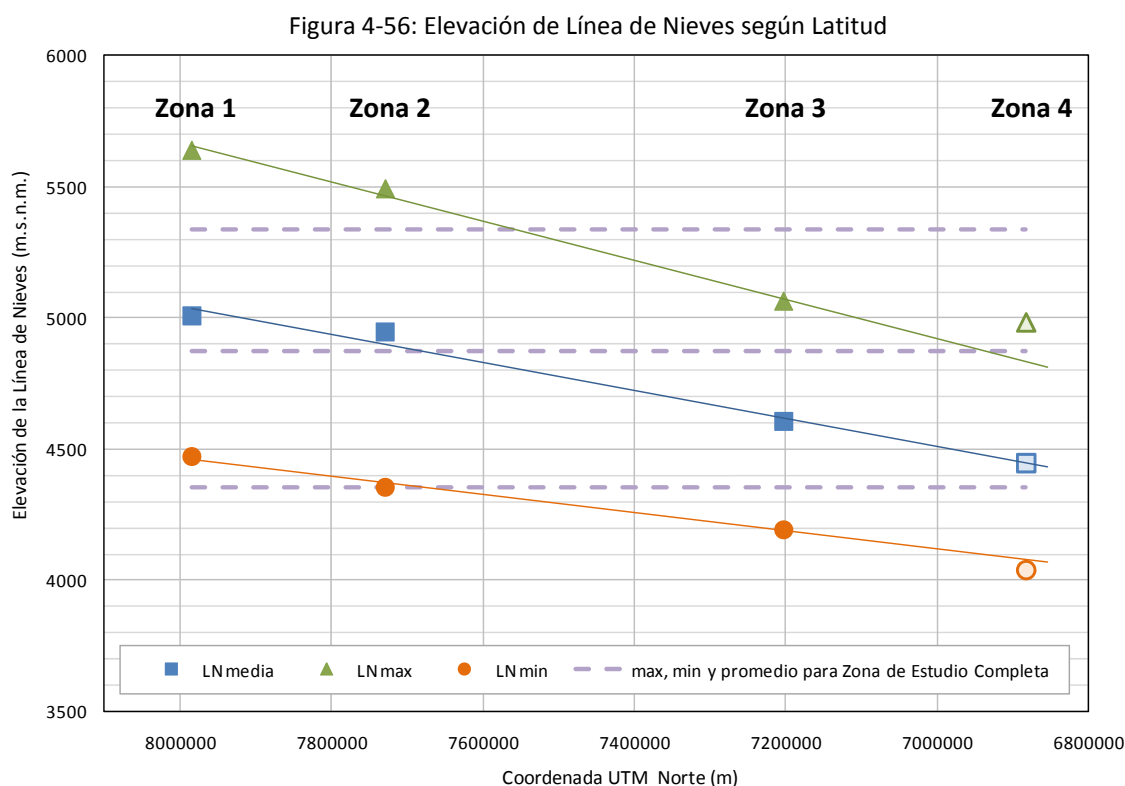
Al analizar los valores medios mensuales obtenidos para las temperaturas en distintas estaciones se buscaron gradientes de temperatura representativos del área de interés, de modo de estimar la elevación de la línea de nieves en cada cuenca a lo largo del año.

Con este propósito, se graficó inicialmente la temperatura en las distintas estaciones en función de sus respectivas elevaciones. Al incluir todas las estaciones termométricas se obtuvieron gradientes de temperatura muy bajos en magnitud, del orden de $-0,0036$ $^{\circ}\text{C}/\text{m}$, lo cual es irreal, y llevaría a líneas de nieve demasiado altas, sobre los 5800 m.s.n.m.

Se decidió usar para efectos de este cálculo las estaciones ubicadas sobre 2400 m.s.n.m., con las cuales se obtienen gradientes del orden de los $-0,0061$ $^{\circ}\text{C}/\text{m}$, lo que lleva a líneas de nieve en el entorno de los 4800 m.s.n.m. para los distintos meses del año.

Adicionalmente, se observó un aumento del gradiente de temperatura hacia latitudes mayores, por lo cual se estimaron gradientes de temperatura independientes para cada una de las zonas definidas en función de la relación entre la precipitación y la elevación de las cuencas (ver Tabla 4-10).

En la Figura 4-56 se puede observar los valores máximos, mínimos y promedio de las alturas de la línea de nieves, de entre aquéllos obtenidos para todos los meses del año, para cada zona y para el área de estudio completa.



En el caso de la zona 4, no se contó con estaciones sobre los 2400 m.s.n.m. por lo cual se extrapolaron los valores de las elevaciones de las líneas de nieve en las otras zonas, hacia la latitud media de la zona 4. Es necesario notar que la extrapolación se realizó mes a mes, por lo cual el máximo, mínimo y promedio final asociado a la zona 4 no caen exactamente sobre la extrapolación de las curvas mencionadas.

En la Tabla 4-17 se presentan los gradientes de temperatura obtenidos y en la Tabla 4-18, las alturas de la línea de nieves adoptadas para cada mes.

Tabla 4-17: Gradientes Lineales de Temperatura (°C/m)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Zona Estudio Completa	-0.0060	-0.0061	-0.0057	-0.0059	-0.0061	-0.0061	-0.0061	-0.0064	-0.0064	-0.0063	-0.0062	-0.0062	-0.0061
Zona 1	-0.0045	-0.0051	-0.0056	-0.0068	-0.0085	-0.0090	-0.0092	-0.0087	-0.0075	-0.0060	-0.0056	-0.0054	-0.0068
Zona 2	-0.0054	-0.0055	-0.0052	-0.0055	-0.0059	-0.0061	-0.0061	-0.0064	-0.0063	-0.0060	-0.0057	-0.0055	-0.0058
Zona 3	-0.0088	-0.0084	-0.0073	-0.0076	-0.0065	-0.0062	-0.0059	-0.0078	-0.0075	-0.0090	-0.0081	-0.0086	-0.0076
Zona 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 4-18: Altura de la Línea de Nieves (m.s.n.m.)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Zona Estudio Completa	5308	5280	5339	5025	4631	4404	4354	4461	4612	4856	5044	5198	4871
Zona 1	5637	5428	5338	5054	4671	4514	4473	4579	4732	5084	5287	5354	4923
Zona 2	5474	5450	5491	5105	4654	4406	4356	4467	4625	4906	5122	5350	4926
Zona 3	4751	4839	5065	4693	4609	4378	4397	4194	4446	4380	4730	4756	4611
Zona 4*	4402	4624	4982	4564	4583	4315	4355	4038	4326	4098	4504	4533	4496

*Valores extrapolados

Una vez obtenidas las elevaciones de la línea de nieves para cada cuenca se estimaron las áreas pluviales de cada una de ellas, para cada mes del año. Al aplicar el modelo de recargas, la escorrentía directa se asoció a las áreas pluviales, mientras que la acumulación de nieve se asoció a las áreas nivales.

3.4. Análisis de Variables Hidrogeológicas

3.4.1. Geología y Geomorfología de Cuencas

Se ha analizado la geología y geomorfología de las cuencas en estudio, principalmente en base al Mapa Geológico de Chile elaborado por el SERNAGEOMIN en escala 1:1.000.000, al uso del programa Google Earth y del modelo digital de elevación (DEM) obtenido del SRTM para la zona de interés.

Como se ha descrito en la sección 3.2, se desea reconocer para cada cuenca zonas 1, 2 y 3 que permitan jerarquizar las permeabilidades en cada unidad. Por simplicidad se ha supuesto que la proporción entre las superficies de zonas de alta, media y baja

permeabilidad en cada cuenca, son similares a aquéllas que se pueden deducir a partir del Mapa Geológico de Chile de escala 1:1.000.000.

Tras efectuar la intersección del mapa geológico con cada una de las cuencas, se han agrupado dentro de cada una de ellas las unidades geológicas pertenecientes a las zonas 1, 2 y 3, según el criterio de este Consultor.

Se han considerado pertenecientes a la zona 1, aquellas secuencias sedimentarias del cuaternario, especialmente depósitos fluviales, aluviales y en algunos casos, eólicos o glaciales, que se encuentran bajo y en las cercanías del cauce principal de la cuenca. De no haber depósitos cuaternarios, se consideró como zona 1 la roca sedimentaria un poco más antigua del Plioceno o Pleistoceno.

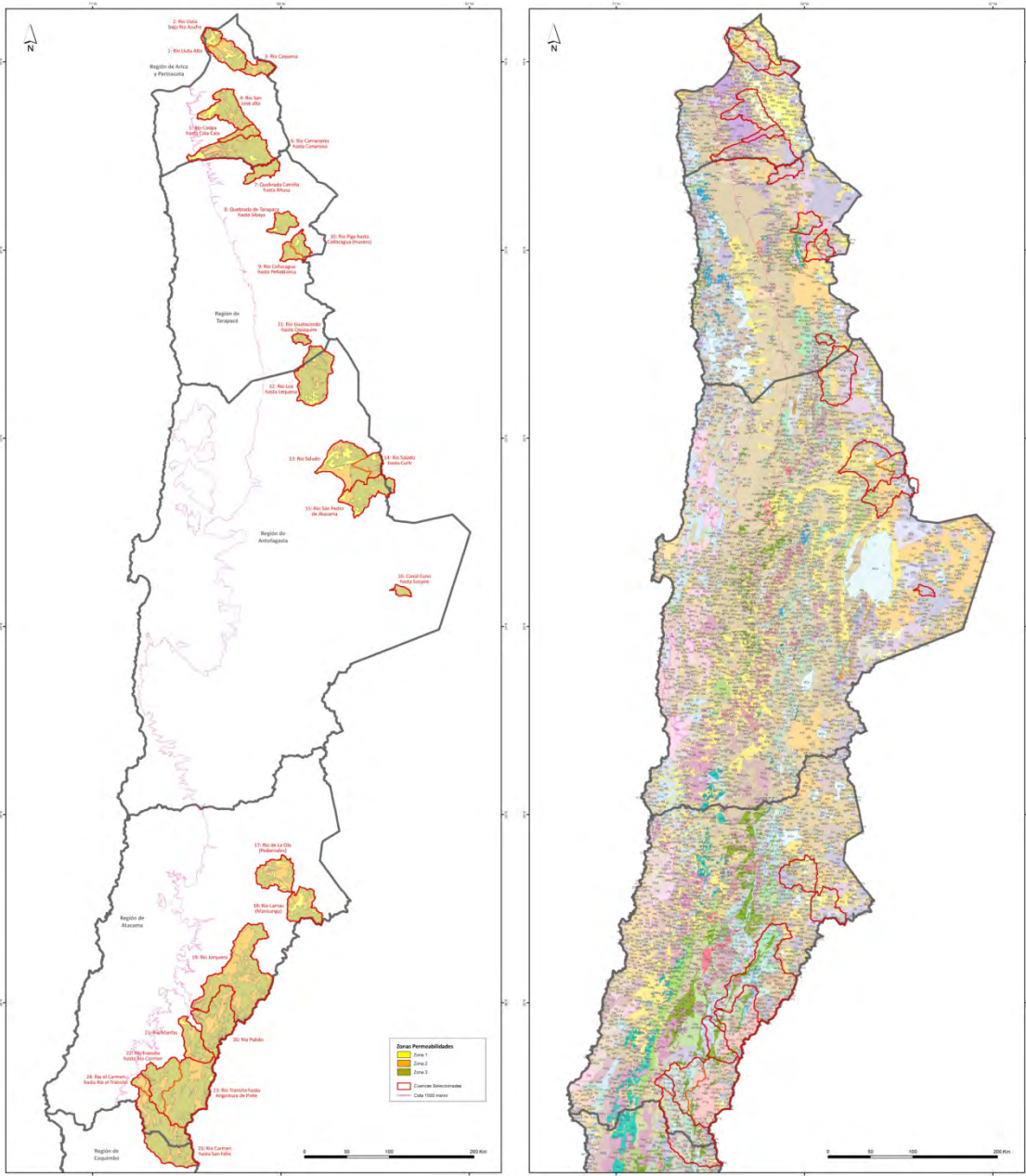
En la zona 2 se incluyeron las secuencias sedimentarias y volcano-sedimentarias encontradas en las laderas, en que se observan quebradas y abanicos aluviales esporádicos.

La zona 3 enmarca a las secuencias volcánicas, rocas intrusivas y metamórficas que presentan una baja permeabilidad.

En la Figura 4-57 se presentan en paralelo el Mapa Geológico de Chile en la zona de estudio y las zonas 1, 2 y 3 delimitadas para cada cuenca.

Se incluye además, en el Anexo C de este informe, una figura del detalle de las unidades geológicas incluidas en cada una de las zonas 1, 2 y 3, para cada cuenca.

(Se adjunta Figura en tamaño completo)



3.4.2. Permeabilidades

Para estimar las permeabilidades correspondientes a cada zona de cada cuenca, se ha asignado una permeabilidad a cada unidad geológica, para luego calcular un promedio ponderado de la permeabilidad según la superficie que ocupa cada unidad dentro de la zona de interés.

En la Tabla 4-19 a continuación, se presentan las permeabilidades obtenidas para cada zona de cada cuenca.

Tabla 4-19: Permeabilidades según Zonas por Cuencas

	Nombre cuenca	K Zona 1 (m/s)	K Zona 2 (m/s)	K Zona 3 (m/s)
1	Río Lluta Alto	1.0.E-05	8.5.E-06	1.3.E-07
2	Río Lluta bajo Río Azufre	1.0.E-05	1.0.E-05	1.0.E-07
3	Río Caquena	1.0.E-05	7.6.E-06	9.8.E-08
4	Río San José alto	1.0.E-05	1.0.E-05	3.4.E-07
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	1.0.E-05	5.0.E-07	1.8.E-07
6	Río Camarones hasta Conanoxa	1.0.E-05	9.9.E-06	1.1.E-07
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	1.0.E-05	-	1.0.E-07
8	Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya	7.5.E-06	-	1.0.E-07
9	Río Collacagua hasta Peñablanca	1.0.E-05	1.0.E-05	1.0.E-07
10	Río Piga hasta Collacagua (Huasco)	1.0.E-05	-	1.0.E-07
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	1.0.E-05	1.0.E-05	1.0.E-07
12	Río Loa hasta Lequena	1.0.E-05	9.5.E-06	9.4.E-08
13	Río Salado	1.0.E-05	8.5.E-06	9.9.E-08
14	Río Salado hasta Curti	1.0.E-05	9.5.E-06	1.0.E-07
15	Río San Pedro de Atacama	1.0.E-05	9.8.E-06	1.0.E-07
16	Canal Cuno hasta Socaire	1.0.E-05	-	1.0.E-07
17	Río de La Ola (Pedernales)	1.0.E-05	9.0.E-06	1.3.E-07
18	Río Lamas (Maricunga)	1.0.E-05	5.8.E-06	9.9.E-08
19	Río Astaburuaga hasta Cono (Maricunga)	1.0.E-05	2.6.E-06	7.9.E-08
20	Río Jorquera	1.0.E-05	5.2.E-06	1.7.E-07
21	Río Pulido	1.0.E-05	3.4.E-06	3.9.E-08
22	Río Manflas	1.0.E-05	1.6.E-06	7.1.E-08
23	Río Tránsito hasta Río Carmen	1.0.E-05	6.0.E-06	4.3.E-08
24	Río Tránsito hasta Angostura de Pinte	1.0.E-05	4.6.E-06	6.9.E-08
25	Río el Carmen hasta Río el Tránsito	1.0.E-05	3.6.E-06	4.9.E-08
26	Río Carmen hasta San Félix	1.0.E-05	2.8.E-06	4.7.E-08

4. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO

4.1. Aplicación del Modelo

La aplicación del modelo para las 25 cuencas seleccionadas, ante el escenario promedio, es decir, en un equilibrio de largo plazo, se efectuó tomando en consideración que las variaciones de almacenamiento son nulas. Esto es, no hay cambios en los volúmenes acumulados en el embalse subterráneo y el proceso de derretimiento de nieves no participa de los balances.

El ajuste de los coeficientes de evaporación y permeabilidad para el escenario promedio se realizó de manera iterativa, hasta reproducir los caudales promedios medidos en las salidas de cada cuenca. Existen varias combinaciones de coeficientes que satisfacen dicha condición.

En la Tabla 5-1 se presentan las principales características geográficas e hidrológicas de las cuencas elegidas.

Tabla 5-1: Características Geográficas e Hidrológicas de Cuencas

	Nombre de la cuenca	UTM E (m)	UTM N (m)	Elev. media cuenca (msnm)	Área zona 1 (km ²)	Área zona 2 (km ²)	Área zona 3 (km ²)	Área total (km ²)	P anual promedio (mm)	Q _{salida} (l/s)
1	Río Lluta Alto	436092	8023749	4345	246	467	614	1326	287	1921
2	Río Lluta bajo Río Azufre	421865	8038066	4448	113	98	170	381	294	371
3	Río Caquena	474867	8002060	4672	18	170	260	448	380	1097
4	Río San José alto	439148	7952919	3386	157	221	980	1358	120	599
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	457079	7925348	3901	25	19	326	370	131	146
6	Río Camarones hasta Conanoxa	451277	7904671	3177	202	369	1435	2006	103	517
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	480062	7880957	4084	13	0	506	519	157	324
8	Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya	502993	7819950	4214	40	0	508	548	124	155
9	Río Collacagua hasta Peñablanca	516829	7789862	4294	65	16	640	722	109	129
10	Río Piga hasta Collacagua (Hiasco)	521931	7793980	4292	65	0	333	399	112	143
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	522308	7683722	4347	13	20	156	189	97	39
12	Río Loa hasta Lequena	537009	7640075	4102	182	392	1522	2096	110	512
13	Río Salado	577205	7536476	3602	469	672	1210	2351	105	558
14	Río Salado hasta Curti	598591	7535382	4285	38	77	432	547	133	285
15	Río San Pedro de Atacama	593650	7502542	4027	158	166	1068	1391	82	739
16	Canal Cuno hasta Socaire	631015	7386620	4727	13	0	125	138	54	165
17	Río de La Ola (Pedernales)	495396	7053685	4026	108	538	573	1219	46	629
18	Río Lamas (Maricunga)	523360	7015706	4919	204	215	637	1056	50	258
19	Río Jorquera	457227	6933311	3799	105	1436	2558	4099	50	725
20	Río Pulido	433203	6882437	3569	19	543	1343	1905	58	1567
21	Río Manflas	410018	6855012	3566	110	235	602	946	57	572
22	Río Tránsito hasta Río Carmen	395840	6801726	3361	182	861	2935	3978	72	4079
23	Río Tránsito hasta Angostura de Pinte	404827	6797681	3709	145	635	1875	2654	81	3681
24	Río el Carmen hasta Río el Tránsito	377615	6752104	3471	97	790	2105	2992	71	2325
25	Río Carmen hasta San Félix	379781	6746525	3632	87	631	1990	2708	71	2836

Q_{salida}=caudal superficial promedio a la salida de la cuenca (medido y rellenado)

Se calcularon los coeficientes de evaporación mínimos que satisfacen las ecuaciones de balance y los coeficientes de permeabilidad asociados a éstos. Luego, se determinaron los valores máximos de los coeficientes de evaporación y los respectivos coeficientes de permeabilidad (ver Tabla 5-2).

Los menores valores de C_{EV} determinan caudales de evaporación real más pequeños y mayores recargas. A la inversa, crece la evaporación y se reduce la recarga.

Tabla 5-2: Coeficientes calculados con Modelo de Escenario Promedio

Cuenca N°	Q_{pp} (l/s)	Q_{salida} (l/s)	C_{EV}^{min} (10^{-9})·(l/s) ⁻¹	$C_k(C_{EV}^{min})$ (10^{-9})·(l/s) ⁻¹	$EV(C_{EV}^{min})$ (%)	$R(C_{EV}^{min})$ (l/s)	C_{EV}^{max} (10^{-9})·(l/s) ⁻¹	$C_k(C_{EV}^{max})$ (10^{-9})·(l/s) ⁻¹	$EV(C_{EV}^{max})$ (%)	$R(C_{EV}^{max})$ (l/s)
1	12452	1921	5.000	162.200	20.0	7573	26.600	1.000	80.5	29
2	3690	371	5.000	576.000	5.9	2803	92.000	1.000	82.1	3
3	5474	1097	5.000	530.000	7.6	3147	56.000	1.000	65.1	3
4	5287	599	1.000	311.800	5.2	3893	15.200	100.000	68.1	568
5	1588	146	5.000	3520.000	8.2	1302	56.300	600.000	85.4	77
6	6728	517	1.000	243.000	7.4	5580	10.000	164.100	42.9	3186
7	2623	324	5.000	6110.000	13.6	1933	32.400	1.000	87.4	0
8	2226	155	1.000	3065.000	3.1	1998	31.800	1.000	93.0	0
9	2526	129	5.000	1165.000	19.3	1628	23.100	1.000	83.7	0
10	1430	143	5.000	1050.000	10.2	858	38.700	1.000	70.2	0
11	599	39	5.000	4520.000	5.5	525	74.000	3000.000	74.4	111
12	7573	512	1.000	246.000	10.6	6182	7.300	180.000	66.9	1929
13	8009	558	1.000	149.000	9.6	6613	10.000	61.400	50.4	3348
14	2374	285	1.000	1134.003	2.4	2010	37.600	400.000	78.7	201
15	3725	739	1.000	345.400	6.7	2685	13.800	1.000	78.6	3
16	242	165	5.000	1980.000	5.9	63	28.000	1.000	32.1	0
17	1785	629	1.000	109.000	8.2	902	8.300	1.000	58.3	6
18	1677	258	1.000	269.000	7.4	1043	12.000	1.000	69.2	2
19	6506	725	1.000	96.500	29.2	3862	2.790	50.000	68.9	1277
20	3484	1567	1.000	169.000	17.1	1035	2.980	1.000	46.8	5
21	1705	572	1.000	498.000	7.3	1007	11.500	1.000	66.2	1
22	9135	4079	1.000	55.000	27.0	2474	2.140	1.000	53.7	34
23	6811	3681	1.000	66.000	18.7	1835	2.618	1.000	45.4	22
24	6723	2325	1.000	169.000	17.0	3232	4.449	1.000	65.0	11
25	6128	2836	1.000	185.000	16.0	2305	3.600	7.900	53.6	9

Q_{pp} =caudal de lluvia; Q_{salida} =caudal superficial de salida (medido y rellenado); R =caudal de recarga; EV =caudal de evaporación con respecto al caudal de lluvia (%)

El criterio usado para determinar los coeficientes más representativos de cada cuenca consistió en adoptar los coeficientes de evaporación obtenidos con los modelos mensuales; éstos tienen asociada la variabilidad histórica de los caudales medidos y son compatibles con las variaciones de los acuíferos, afloramientos, acumulación nival y deshielos. Por lo tanto, fueron calculados bajo condiciones más restrictivas y representativas del funcionamiento real de cada sistema; por ello, esos valores permiten reproducir un historial mensual de manera consistente.

Usando los coeficientes de evaporación (C_{EV}) de los modelos mensuales, se iteró hasta obtener los coeficientes de permeabilidad (C_k) que posibilitan igualar los caudales de escorrentía superficial a la salida de la cuenca, calculados y medidos. En algunos casos fue necesario modificar levemente los coeficientes de evaporación (C_{EV}) de los modelos

mensuales, dado que éstos, al usarse en las expresiones simplificadas de los escenarios promedios (sin deshielo y sin almacenamiento acuífero), generaban inconsistencias en las ecuaciones (flujos negativos). En la Tabla 5-3 se presentan los coeficientes finalmente obtenidos para los modelos mensuales y anuales.

Tabla 5-3: Coeficientes Finales

	Cuenca	Q_{pp} (l/s)	Q_{salida} (l/s)	$C_{EV}^{mensual}$ $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$	$C_K^{mensual}$ $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$	C_{EV}^{anual} $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$	C_K^{anual} $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$
1	Río Lluta Alto	12452	1921	16.522	109.400	16.522	78.363
2	Río Lluta bajo Río Azufre	3690	371	59.131	399.100	59.131	224.657
3	Río Caquena	5474	1097	55.000	241.000	45.000	136.321
4	Río San José alto	5287	599	13.000	219.000	13.000	150.034
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	1588	146	37.000	2725.000	37.000	2601.246
6	Río Camarones hasta Conanoxa	6728	517	9.000	188.100	9.000	175.065
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	2623	324	23.000	3380.000	23.000	3248.093
8	Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya	2226	155	21.000	2450.000	21.000	2335.627
9	Río Collacagua hasta Peñablanca	2526	129	17.000	1140.000	17.000	1143.848
10	Río Piga hasta Collacagua (Huasco)	1430	143	34.000	950.000	34.000	933.029
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	599	39	39.661	4095.000	60.000	3543.239
12	Río Loa hasta Lequena	7573	512	6.600	180.000	6.600	190.678
13	Río Salado	8009	558	8.500	70.000	8.500	76.190
14	Río Salado hasta Curti	2374	285	18.060	1061.000	30.000	694.776
15	Río San Pedro de Atacama	3725	739	10.500	137.700	11.000	130.540
16	Canal Cuno hasta Socaire	242	165	22.000	108.000	22.000	483.887
17	Río de La Ola (Pedernales)	1785	629	10.000	38.000	8.100	13.798
18	Río Lamas (Maricunga)	1677	258	2.800	409.000	9.500	200.159
19	Río Jorquera	6506	725	2.000	80.000	2.050	70.419
20	Río Pulido	3484	1567	3.300	131.000	2.980	53.151
21	Río Manflas	1705	572	6.039	405.000	7.200	248.866
22	Río Tránsito hasta Río Carmen	9135	4079	2.000	41.200	1.700	27.267
23	Río Tránsito hasta Angostura de Pinte	6811	3681	3.600	8.900	2.300	15.459
24	Río el Carmen hasta Río el Tránsito	6723	2325	4.000	91.500	3.400	64.414
25	Río Carmen hasta San Félix	6128	2836	4.100	68.900	3.300	32.539

Q_{pp} =caudal de lluvia; Q_{salida} =caudal superficial de salida (medido y rellenado); $C_{EV}^{mensual}$: Coeficiente de evaporación obtenido con modelo mensual; C_{EV}^{anual} : Coeficiente de evaporación obtenido con modelo promedio (o anual), partiendo del valor del modelo mensual; $C_K^{mensual}$: Coeficiente de permeabilidad obtenido con modelo mensual; C_K^{anual} : Coeficiente de permeabilidad obtenido con modelo promedio (o anual), partiendo del valor del modelo mensual.

Se han adoptado como coeficientes finales los valores aplicables al modelo anual, presentados en las dos últimas columnas de la Tabla 5-3. Al promediar éstos sobre cada una de las cuatro zonas en que ha sido subdividida el área de estudio, se tienen los coeficientes entregados en la Tabla 5-4, dentro de los respectivos rangos obtenidos de la aplicación mensual del método de recargas (el mínimo de cada zona corresponde al menor de los mínimos de entre las cuencas de la respectiva zona, así como el máximo de cada zona es el mayor de los máximos).

Tabla 5-4: Coeficientes de Evaporación promedio Adoptados por Zona

	C_{EV}^{min} $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$	C_{EV}^{max} $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$	$C_{EV}^{adoptado\ promedio}$ $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$
Zona 1	5.0	92.0	40.2
Zona 2	1.0	74.0	22.5
Zona 3	1.0	28.0	13.2
Zona 4	1.0	11.5	3.3

Tabla 5-5: Coeficientes de Recarga promedio Adoptados por Zona

	$C_K(C_{EV}^{min})$ $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$	$C_K(C_{EV}^{max})$ $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$	$C_K^{adoptado\ promedio}$ $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$
Zona 1	162.2	1.0	146.4
Zona 2	149.0	3000.0	1268.5
Zona 3	109.0	1.0	232.6
Zona 4	55.0	50.0	73.2

En la Tabla 5-6 se presentan los resultados obtenidos con los coeficientes adoptados para los escenarios promedio; entre éstos se cuentan la recarga efectiva total, la evaporación real, las extracciones superficiales y los caudales superficiales de salida de cada cuenca. Todos los flujos anteriores se expresaron como porcentajes del caudal de lluvia total.

Tabla 5-6: Resultados obtenidos para Escenario Promedio

Cuenca	C_{EV} $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$	C_K $(10^{-9}) \cdot (l/s)^{-1}$	Q_{pp} (l/s)	R (l/s)	Ev (l/s)	Ex (l/s)	Q_{salida} (l/s)	Q_{pp} (%)	R (%)	Ev (%)	Ex (%)	Q_{salida} (%)
1	16.5	78.4	12452	2904	7155	470.8	1921	100	23.3	57.5	3.8	15.4
2	59.1	224.7	3690	838	2190	291.5	371	100	22.7	59.3	7.9	10.1
3	45.0	136.3	5474	510	3049	817.9	1097	100	9.3	55.7	14.9	20.0
4	13.0	150.0	5287	1013	3160	514.9	599	100	19.2	59.8	9.7	11.3
5	37.0	2601.2	1588	519	914	9.1	146	100	32.7	57.6	0.6	9.2
6	9.0	175.1	6728	2152	3924	135.5	517	100	32.0	58.3	2.0	7.7
7	23.0	3248.1	2623	659	1631	9.5	324	100	25.1	62.2	0.4	12.3
8	21.0	2335.6	2226	677	1391	3.0	155	100	30.4	62.5	0.1	7.0
9	17.0	1143.8	2526	807	1588	1.3	129	100	32.0	62.9	0.0	5.1
10	34.0	933.0	1430	381	903	3.2	143	100	26.6	63.2	0.2	10.0
11	60.0	3543.2	599	189	369	3.2	39	100	31.5	61.5	0.5	6.4
12	6.6	190.7	7573	2387	4673	0.0	512	100	31.5	61.7	0.0	6.8
13	8.5	76.2	8009	2150	5236	65.2	558	100	26.8	65.4	0.8	7.0
14	30.0	694.8	2374	532	1538	18.8	285	100	22.4	64.8	0.8	12.0
15	11.0	130.5	3725	504	2432	50.2	739	100	13.5	65.3	1.3	19.8
16	22.0	483.9	242	13	61	3.0	165	100	5.3	25.4	1.2	68.1
17	8.1	13.8	1785	89	1015	51.3	629	100	5.0	56.9	2.9	35.3
18	9.5	200.2	1677	457	962	0.0	258	100	27.3	57.4	0.0	15.4
19	2.1	70.4	6506	2219	3544	18.6	725	100	34.1	54.5	0.3	11.1
20	3.0	53.2	3484	247	1626	43.7	1567	100	7.1	46.7	1.3	45.0
21	7.2	248.9	1705	349	783	1.1	572	100	20.5	45.9	0.1	33.5
22	1.7	27.3	9135	1033	4009	14.3	4079	100	11.3	43.9	0.2	44.6
23	2.3	15.5	6811	358	2758	14.3	3681	100	5.3	40.5	0.2	54.0
24	3.4	64.4	6723	883	3503	12.5	2325	100	13.1	52.1	0.2	34.6
25	3.3	32.5	6128	305	2974	12.3	2836	100	5.0	48.5	0.2	46.3
Mínimo	1.7	13.8	242	13	61	0.0	39	100	5.0	40.5 (25.4)	0.0	5.1
Máximo	60.0	3543.2	12452	2904	7155	817.9	4079	100	34.1	65.4	14.9	54.0 (68.1)

Q_{pp} =caudal de lluvia; R=caudal de recarga; Ev=caudal de evaporación; Ex=caudal de extracciones de agua superficial; Q_{salida} =caudal superficial de salida (medido, rellenado).

Se supuso que sólo las extracciones de agua superficial, como una de las formas de intervención externa en la cuenca, alteran el balance promedio. La explotación de agua subterránea podría reducir los afloramientos, pero su incorporación requiere necesariamente incluir la variación temporal y el volumen de almacenamiento acuífero; lo

que no es posible, al representar el estado promedio anual del sistema o régimen permanente.

Además, en muchos casos, la extracción de agua subterránea sólo afecta el volumen almacenado y a flujos subsuperficiales intermedios de la cuenca; sin influir mayormente en la recarga o la escorrentía superficial saliente de la cuenca. Es por ello que se despreció su influencia en los escenarios promedio. Las extracciones, según su ubicación, se incorporaron en los balances a las salidas de las zonas 1, 2 y 3, como caudales restados al balance.

De la Tabla 5-6 se puede apreciar que la recarga efectiva varía entre un 5% y un 34% de la precipitación. La evaporación real, entre un 40% y un 65%, salvo el caso de la cuenca N°16 (Canal Cuno hasta Socaire) que se comporta de manera anómala (con un 25%). El caudal de escorrentía superficial varía entre un 5% y un 54%. Las extracciones de agua superficial alcanzan un máximo de un 14%.

La cuenca N°16 (Canal Cuno hasta Socaire) presenta probablemente un error en el caudal medido; éste resulta muy alto, con relación al caudal de lluvia (es un 68 % de éste). Por ello, sólo se dispone de un 32% de la precipitación para las componentes de recarga y evaporación.

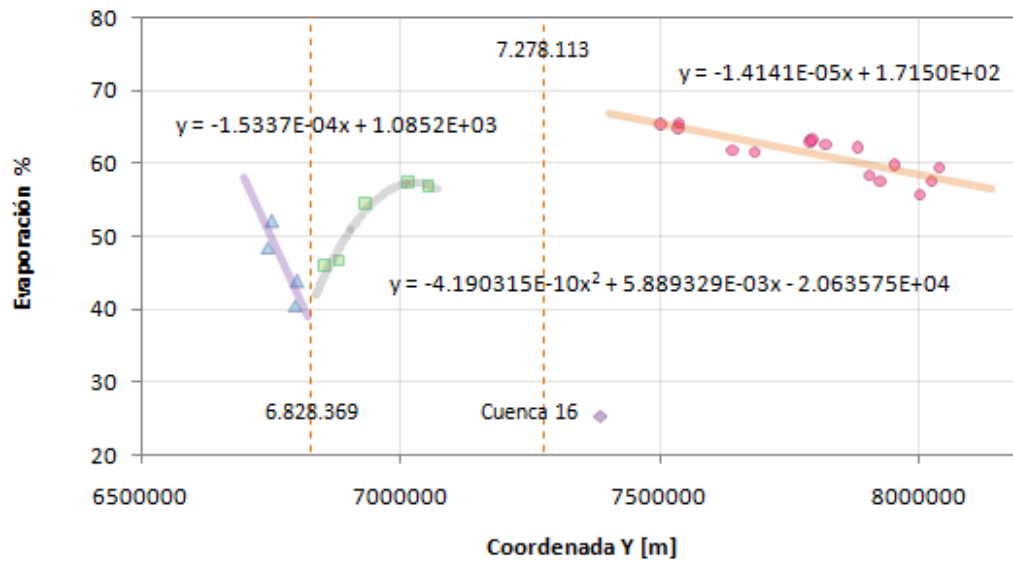
Aplicación de la metodología desarrollada

A partir de los resultados obtenidos, se intentó relacionar los coeficientes de evaporación (C_{EV}) y permeabilidad (C_k) con variables como la latitud, longitud, elevación, áreas totales, áreas de zonas 1, 2 y 3, precipitación promedio anual, entre otras, además de combinaciones de ellas. No obstante, las relaciones obtenidas no resultaron satisfactorias.

Como se indicó anteriormente, los coeficientes obtenidos no obedecen a un patrón definido, ni dependen, de manera clara de las variables que permiten caracterizar cada cuenca. Sin embargo, con el objetivo de poder aplicar la metodología a cuencas sin control fluviométrico, se buscaron relaciones que permitiesen obtener coeficientes de partida para evaluar dichas cuencas.

En la Figura 5-1 se puede observar que el porcentaje de evaporación se puede calcular según 3 expresiones, dependientes de la coordenada norte del centro de gravedad de la cuenca.

Figura 5-1: Evaporación Porcentual en Función de la Coordenada UTM Norte
(Datos en Tabla 5-6)



En la Figura 5-2 se muestran las expresiones que permiten calcular los coeficientes C_k en función de los coeficientes C_{EV} .

En la Figura 5-3 se incluyen las curvas que posibilitan el cálculo de C_k en función de C_{EV} .

Figura 5-2: C_{EV} en Función de Parámetro

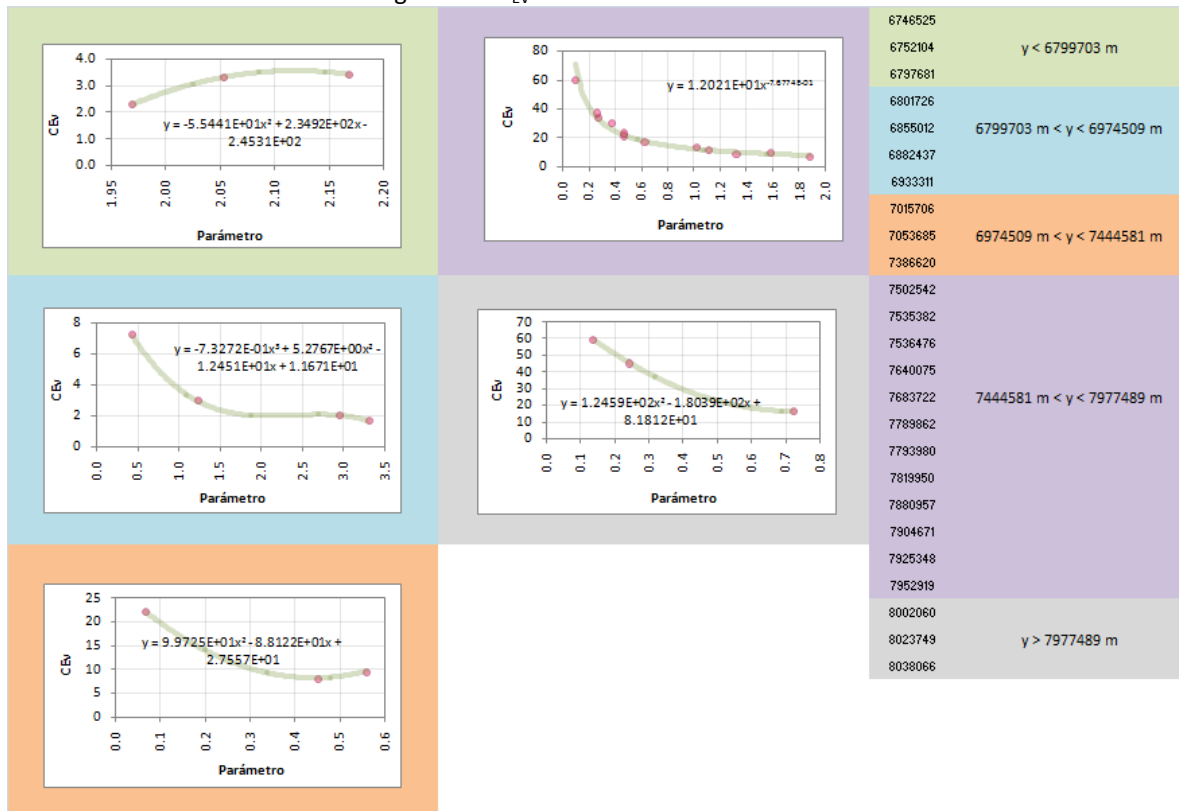
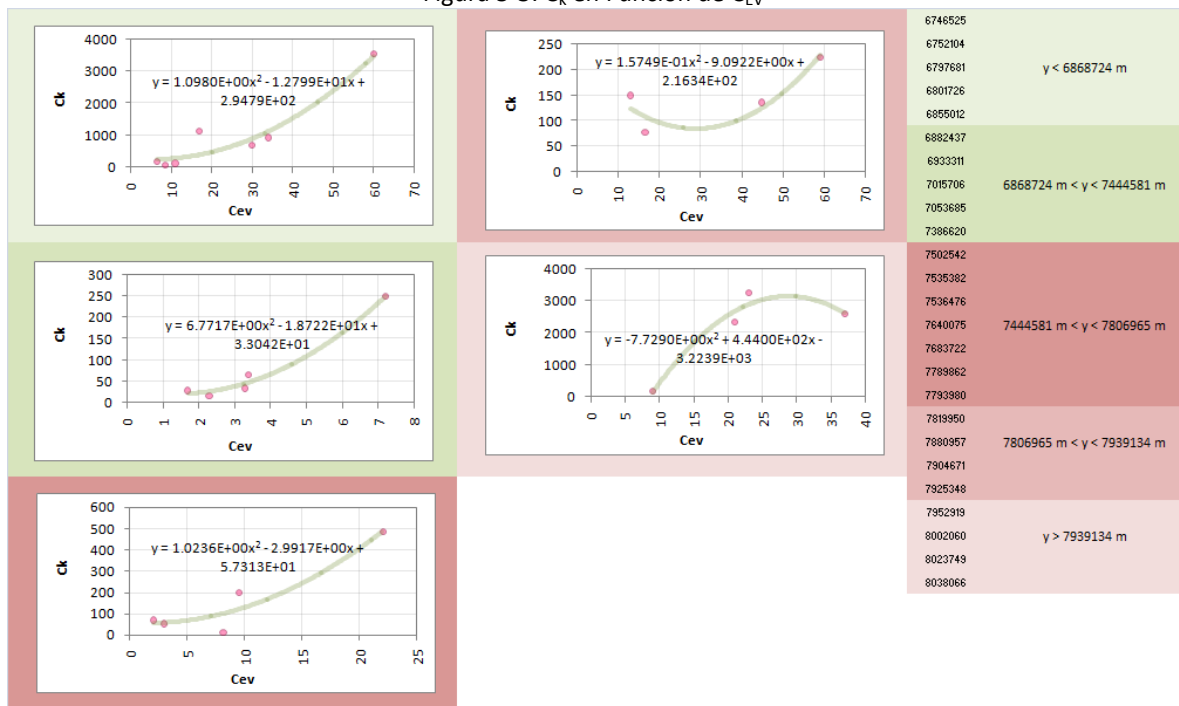


Figura 5-3: C_k en Función de C_{EV}



El procedimiento consiste en calcular la evaporación porcentual en función de la coordenada norte del centro de gravedad de la cuenca, según las ecuaciones de la Figura 5-1.

Luego se calcula el parámetro α :

$$\alpha = 10^{-14} \cdot A_3^{1.2} \cdot y^{1.2} \cdot Q_{pp}^{0.1} \cdot z^{0.5}$$

Donde,

A_3 =área zona 3 en km²

y =coordenada UTM norte en m

Q_{pp} = caudal de lluvia en l/s

z =elevación promedio de la cuenca en m.s.n.m.

Con el parámetro α como variable de entrada se calcula C_{EV} con las ecuaciones de la Figura 5-2.

Finalmente, se calcula C_k en función de C_{EV} , con las ecuaciones de la Figura 5-3.

Con $EV\%$, C_{EV} y C_k , se ingresa al modelo. Si aparecen flujos negativos, se reduce gradualmente C_k hasta llegar a una recarga intermedia de 20%. Luego se modifica C_{EV} hasta igualar el porcentaje de evaporación dado ($EV\%$). Si persisten los flujos negativos, se repite el proceso.

4.2. VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. Aplicación del Método a 11 Cuencas no Controladas

En primer lugar se aplicó la metodología desarrollada a 11 cuencas sin un control fluviométrico a nivel mensual en el período de modelación considerado. Se calcularon los porcentajes de evaporación ($EV\%$), en función de la coordenada UTM Norte, y los coeficientes iniciales C_{EV} , que dependen del parámetro α , el que es función de la coordenada UTM Norte, el área de la zona 3, la lluvia promedio anual y la elevación promedio de la cuenca. Finalmente se calculó C_k en función de C_{EV} . No se consideró intervenciones sobre los caudales medios mensuales que pudieran existir en la actualidad.

Con la evaporación y los coeficientes iniciales, se operó la planilla del modelo desarrollado. Al aparecer flujos negativos, se redujo gradualmente C_k hasta llegar a una recarga intermedia de 20 %. Luego se modificó C_{EV} hasta igualar el porcentaje de evaporación dado. En los casos en que persistieron los flujos negativos, se repitió el proceso antes descrito. De esa forma, se obtuvieron los coeficientes y resultados que se presentan en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7: Resultados Obtenidos en Cuencas de Validación de la Metodología

	Cuenca	CEv inicial	Ck inicial	CEv final	Ck final	Qpp l/s	R l/s	Ev l/s	Q _{salida} l/s	Qpp %	R %	Ev %	Q _{salida} %
1	Río Lauca	12.1	129	8.1	20	20378	4019	12035	4324	100.0	19.7	59.1	21.2
2	Quebrada del Aroma	8.6	446	7.6	53	5658	1241	3421	996	100.0	21.9	60.5	17.6
3	Quebrada de Quipisca	20.7	501	15.8	140	1081	257	663	160	100.0	23.8	61.4	14.8
4	Quebrada de Quisma	57.3	3171	38.6	770	293	103	182	8	100.0	35.3	62.0	2.7
5	Quebrada de Chacarilla	14.4	339	9.6	71	1934	522	1207	204	100.0	27.0	62.4	10.6
6	Quebrada Caracoles	18.6	355	2.2	9	329	67	215	47	100.0	20.2	65.5	14.3
7	Llano de la Paciencia	140.5	4000	9.0	10	806	84	535	188	100.0	10.4	66.3	23.3
8	Quebrada de Tal Tal	683.3	4000	2.1	16	2268	524	1510	234	100.0	23.1	66.6	10.3
9	Quebrada del Chañaral	24.6	603	11.0	10	3405	259	1984	1162	100.0	7.6	58.3	34.1
10	Río Astaburuaga hasta Cono	11.1	150	41.5	610	346	49	181	117	100.0	14.0	52.2	33.7
11	Río Figueroa hasta Río Turbio	2.0	55	2.4	35	5346	946	2765	1635	100.0	17.7	51.7	30.6
Mínimo		2.0	55	2.1	9	293	49	181	8	100.0	7.6	51.7	2.7
Máximo		683.3	4000	41.5	770	20378	7276	11980	1635	100.0	35.7	66.6	34.1

Q_{pp}=caudal de lluvia; R=caudal de recarga; Ev=caudal de evaporación; Q_{salida}=caudal superficial de salida (medido, rellenado).

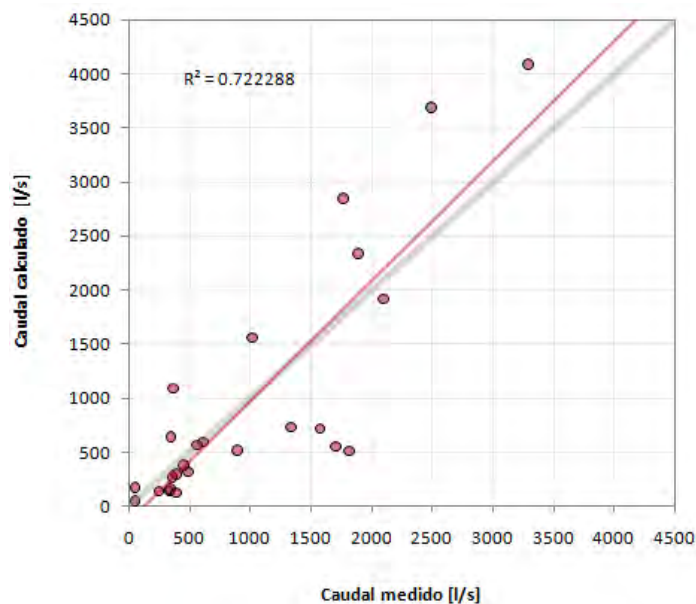
4.2.2. Verificación del Método con las 25 Cuencas Estudiadas

Se realizó una verificación de la metodología para las mismas 25 cuencas, pero suponiendo desconocido el caudal de escorrentía superficial de salida. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5-8. En la Figura 5-4 se muestra la correlación entre los caudales calculados aplicando el método y los caudales medidos.

Tabla 5-8: Aplicación del Método a las 25 Cuencas Estudiadas, sin usar el Caudal de Salida en el Cálculo

Cuenca	C _{EV} inicial	C _K inicial	EV inicial (%)	C _{EV} calc.	C _K calc.	Q _{pp} l/s	R l/s	EV l/s	Q _{salida} ^{calc} l/s	Q _{salida} ^{med} l/s	Qpp%	R %	EV %	Q _{salida} %
1	16.5	109	58.0	16.587	70.537	12452	2646	7226	2109	1921	100.0	21.2	58.0	16.9
2	59.1	229	57.8	56.558	207.981	3690	801	2134	464	371	100.0	21.7	57.8	12.6
3	45.0	126	58.3	48.769	321.577	5474	1087	3194	376	1097	100.0	19.8	58.3	6.9
4	11.9	131	59.0	12.799	149.600	5287	1031	3121	620	599	100.0	19.5	59.0	11.7
5	34.0	3121	59.4	37.937	1390.689	1588	304	944	331	146	100.0	19.2	59.4	20.8
6	8.5	413	59.7	8.825	48.549	6728	752	4018	1823	517	100.0	11.2	59.7	27.1
7	21.6	2236	60.1	22.182	2430.932	2623	544	1575	495	324	100.0	20.7	60.1	18.9
8	21.7	2246	60.9	20.375	1572.934	2226	512	1356	355	155	100.0	23.0	60.9	15.9
9	17.3	402	61.3	16.463	703.732	2526	574	1549	401	129	100.0	22.7	61.3	15.9
10	33.0	1065	61.3	32.803	704.826	1430	305	877	245	143	100.0	21.4	61.3	17.1
11	71.3	4967	62.8	61.212	3169.166	599	171	377	48	39	100.0	28.5	62.8	8.1
12	7.4	260	63.5	6.733	140.671	7573	1862	4806	905	512	100.0	24.6	63.5	12.0
13	9.7	274	64.9	7.595	28.657	8009	1027	5200	1717	558	100.0	12.8	64.9	21.4
14	25.8	694	64.9	29.878	498.929	2374	412	1542	402	285	100.0	17.3	64.9	16.9
15	11.1	288	11.2	1.632	227.609	3725	1915	417	1343	739	100.0	51.4	11.2	36.1
16	22.0	487	67.0	60.905	1983.830	242	25	162	51	165	100.0	10.5	67.0	21.2
17	8.1	100	57.0	8.428	61.353	1785	372	1018	344	629	100.0	20.8	57.0	19.3
18	9.5	121	57.3	9.342	149.341	1677	360	960	356	258	100.0	21.5	57.3	21.2
19	2.1	56	53.6	1.986	42.779	6506	1426	3489	1573	725	100.0	21.9	53.6	24.2
20	3.0	58	48.5	3.133	163.380	3484	721	1691	1028	1567	100.0	20.7	48.5	29.5
21	7.2	249	44.9	7.003	258.439	1705	367	765	572	572	100.0	21.5	44.9	33.5
22	1.7	21	42.1	1.632	53.214	9135	1981	3844	3296	4079	100.0	21.7	42.1	36.1
23	2.3	26	42.7	2.477	66.212	6811	1391	2908	2497	3681	100.0	20.4	42.7	36.7
24	3.4	48	49.7	3.231	108.125	6723	1477	3341	1894	2325	100.0	22.0	49.7	28.2
25	3.3	45	50.5	3.496	151.240	6128	1247	3097	1771	2836	100.0	20.4	50.5	28.9

Figura 5-4: Caudales Medidos versus Caudales Calculados en las 25 Cuencas Estudiadas



5. CONCLUSIONES

En este estudio se ha tenido como objetivo principal desarrollar una metodología que permita la estimación de recargas en cuencas con influencia altiplánica de la zona norte de Chile, comprendidas entre las Regiones XV y III.

El método elaborado se basa en un balance hídrico, que considera, además de la recarga, las variables precipitación líquida y sólida, almacenamiento de nieves y derretimiento de ésta, evaporación desde cada cuenca, acumulación en acuíferos y afloramientos, y caudales superficiales. Para estos efectos se ha hecho depender el balance hídrico de ciertos coeficientes de evaporación y de permeabilidad o recarga, característicos de cada cuenca, los cuales varían espacialmente, habiéndose calibrado éstos al aplicar la metodología a un total de 25 cuencas a lo largo de la zona de estudio.

Objetivos secundarios de este estudio han sido realizar un análisis de la información hidrometeorológica e hidrogeológica disponible para la zona de estudio, además de la sectorización espacial de ésta de acuerdo con la variación de sus características, para definir zonas homogéneas con distinto comportamiento en cuanto a recargas. En cuanto a lo primero, se trabajó con un período de 40 años entre 1970 y 2009.

Dado que entre las variables que forman parte del sistema hídrico en la zona de interés, la precipitación es de la mayor importancia para la estimación de recargas, se ha efectuado el análisis de esta variable aplicando métodos que se prestan para representar el comportamiento de variables en que la componente aleatoria es relevante. En efecto, se ha aplicado un método estocástico multivariado, el cual permitió rellenar y extender las estadísticas mensuales de precipitaciones en 102 estaciones pluviométricas, manteniendo la correlación espacial entre las lluvias en las distintas estaciones, así como las características históricas de las precipitaciones en cada estación. Dada las dificultades que presenta el manejo de precipitaciones en cuencas con influencia altiplánica, se considera que las estadísticas obtenidas son confiables y representativos de la precipitación real en la zona.

A partir de los resultados del análisis pluviométrico, se sectorizó el área de estudio en cuatro zonas homogéneas, caracterizadas por la cantidad de precipitación promedio anual sobre cada una de ellas y por su cota media sobre el nivel medio del mar. Los límites de esta sectorización resultaron ser los siguientes:

- Zona 1: Entre el extremo norte de Chile y hasta antes del extremo norte de la cuenca del Río San José.
- Zona 2: Entre la cuenca del Río San José y la cuenca del Río San Pedro de Atacama.
- Zona 3: Entre el Salar de Atacama y el Salar de Maricunga.
- Zona 4: Entre la cuenca del Río Jorquera y el extremo sur de la III Región.

Además de las precipitaciones, como variables necesarias para el desarrollo del trabajo, se han analizado la evaporación potencial y la temperatura; esta última para la estimación de

la isoterma cero que define la línea de nieves y diferencia mes a mes las componentes nival y pluvial de la precipitación en cada cuenca. Ambas variables cuentan con registros bastante incompletos y en pocas estaciones, los cuales se han considerado insuficientes dado las diferencias que presentan al analizar valores de un mismo mes en diferentes años de una cierta estación. Esa variabilidad que no ocurre con estas variables en la zona central y sur de nuestro país, donde la estabilidad meteorológica es mayor, obligó a utilizar los valores mensuales promedio, estimados de la información disponible, para todo el período en que se aplicó la metodología. Lamentablemente, al hacer esto se pierde la variabilidad interanual que influye sobre la generación de recargas año a año; no obstante, permite una buena estimación de la condición de equilibrio de largo plazo.

El análisis efectuado de las características geológicas y geomorfológicas de las cuencas estudiadas permitió representar adecuadamente las condiciones de permeabilidad, ya que entregó valores consistente en términos comparativos entre cuencas, al basarse en el mapa geológico de Chile en escala 1:1.000.000, disponible para todo el territorio nacional, eliminando además con ello la necesidad de contar con información geológica de detalle. Se ha concluido que la información obtenida con esta resolución ha sido suficientemente precisa como para cumplir con los objetivos del estudio.

La obtención de series de caudales medios mensuales confiables fue una de las limitantes en el desarrollo del trabajo, principalmente por no contar con información detallada de las intervenciones efectivas que se llevan a cabo dentro de cada sistema y de su efecto sobre estos caudales. Al no ser posible llevar los caudales registrados a un régimen homogéneo único, el uso de los caudales registrados o el uso de cualquier método de relleno de las estadísticas pudo introducir errores en los resultados. No obstante, dado que la parte más relevante de esas intervenciones proviene de los usos ancestrales de aguas por parte de las comunidades indígenas, al considerar el período histórico a partir de 1970, ese efecto ha quedado incorporado en las evaluaciones.

En cuanto al balance mismo, los caudales de salida de las cuencas han sido el resultado de las diferencias entre entradas y salidas que interactúan en cada sistema, y constituyen los valores que pueden ser comparados con los caudales observados para la calibración del modelo, para definir los valores de los coeficientes de evaporación y de permeabilidad o recarga en cada cuenca.

Inicialmente, se aplicó la metodología ante un escenario de equilibrio de largo plazo, usando valores promedio anuales de cada variable y despreciando así la acumulación nival y la variación en los niveles de los acuíferos y, por ende, los volúmenes de acumulación en los embalses subterráneos. Para esta condición se obtuvieron los rangos de variación dentro de los cuales se ubican los valores de los coeficientes de evaporación y permeabilidad o recarga para las distintas cuencas.

Al aplicar la metodología a nivel mensual para el período estadístico de 40 años, en que se incluyó todas las variables, los caudales medios mensuales generados presentan un ajuste

de inferior calidad a los obtenidos para el largo plazo, aunque se mantienen dentro del mismo orden de magnitud. Ante este escenario mensual, el cual integra más variables al balance al considerar las variaciones en los almacenamientos nival y acuífero, se contó con más restricciones que permitieron acotar los coeficientes de evaporación y recarga a valores fijos dentro de los rangos previamente obtenidos.

En efecto, si se revisa los resultados de cada una de las 4 zonas en que se sectorizó el área de estudio, se puede apreciar lo siguiente respecto a los coeficientes determinados:

La variación entre los valores mínimos y los máximos es bastante grande; esto se debe a que las condiciones locales de cada cuenca, en cuanto a la geomorfología, capacidad de infiltración, permeabilidad de rellenos, entre otras, determinan escenarios de precipitación-recarga-escorrentía muy diferentes, incluso en cuencas cercanas. Por ejemplo, una cuenca con predominancia rocosa que presenta escorrentía superficial permanente, puede estar cercana a otra que posee rellenos más importantes y una escorrentía superficial esporádica. La cuenca más impermeable presentará coeficientes de recarga menores y coeficientes de evaporación mayores. A la inversa, las cuencas con más capacidad de infiltración, tendrán coeficientes de recarga mayores y coeficiente de evaporación menores.

Dentro de una misma cuenca incluso, los rangos de variación entre los coeficientes mínimos y máximos también resultaron grandes; esto se debe a que existen múltiples soluciones para los caudales de recarga y evaporación que satisfacen las ecuaciones que permiten calcular el caudal de salida e igualarlo con el medido. Si se reduce la evaporación a un mínimo (5 %), la recarga se debe aumentar y vice versa; dichos cambios involucran cambios grandes en los valores de los coeficientes, puesto que las variables resultan muy sensibles a éstos. Es por ello que se recurrió a los coeficientes de los modelos mensuales, puesto que estos involucran mayores restricciones y permiten limitar la variación de los coeficientes en un rango menor. Para el caso de modelos promedio (o anuales), se debe buscar algunos valores de referencia para reducir la incertidumbre, por ejemplo adoptar un caudal promedio de recarga según la capacidad de conducción del acuífero.

En cuanto a los caudales de salida de las cuencas entregados por el modelo, los resultados obtenidos conducen a concluir, finalmente, que el método desarrollado para la estimación de recargas permite obtener caudales del orden de magnitud de los medidos, aunque algunos valores difieren bastante. Lo recomendable es ubicar geográficamente la cuenca a evaluar y analizar los resultados de las cuencas ubicadas en su entorno más cercano para obtener un rango de resultados, en función de los coeficientes de las cuencas más cercanas. La aplicación directa del método, si bien puede resultar adecuada en algunos casos, en otros, sólo podría ser considerada como una referencia del orden magnitud del caudal medido.

Para los efectos de aplicaciones posteriores y a fin de disminuir la incertidumbre en los valores de algunas de las variables utilizadas, sería recomendable determinar con una

razonable aproximación en cada cuenca el flujo subterráneo pasante en la salida, el cual en el largo plazo representa la recarga subterránea neta, entendiéndola como el promedio en el tiempo de ese flujo, suponiendo que no hay variación del almacenamiento subterráneo en ese período.

Puesto que en este trabajo se consideró cuencas que disponen de control fluviométrico, en aplicaciones posteriores, en especial a cuencas no controladas, se recomienda contar con mediciones de caudales superficiales, obtenidas por ejemplo de la instalación y operación, al menos por un tiempo, de estaciones fluviométricas, o bien de corridas de aforo en el tiempo, que pudieran apoyar la validación del método al ser aplicado.

Santiago, Diciembre de 2010

ANEXOS

ANEXO A
INFORMACIÓN DIGITAL

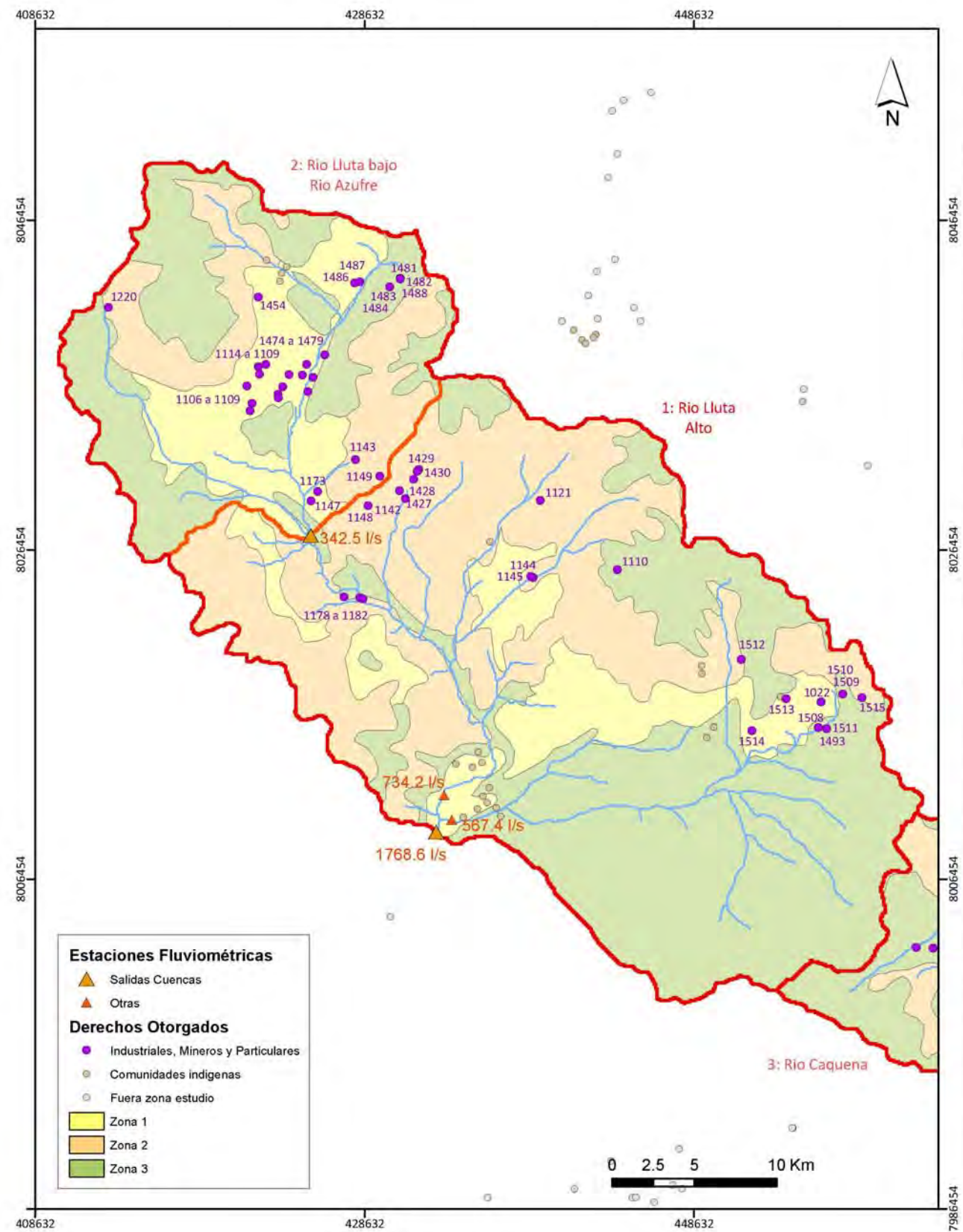
ANEXO B
INTERVENCIONES EN CUENCAS

B.1. INTERVENCIONES HIDROLÓGICAS EN CUENCAS

Como se ha explicado en el cuerpo de este informe, se distinguen dos tipos de intervenciones de las cuencas en estudio. La primera corresponde a usos ancestrales del recurso hídrico para fines de riego y consumo humano en diversas comunidades. Esta intervención se efectúa desde mucho tiempo atrás, antes que se empezara a llevar un control fluviométrico en la zona, por lo cual se acepta que los registros de caudales en las estaciones están afectados de manera similar en toda su extensión. Por ello, se ha decidido considerarlas como parte de la “condición natural” de funcionamiento de las cuencas y no tomarlas en cuenta para los efectos de los balances.

El segundo tipo de intervención corresponde a usos de agua con fines principalmente industriales y mineros. Estos usos son más recientes que los anteriores y crean, en muchos casos, puntos de inflexión en las estadísticas fluviométricas. Éstas últimas son las intervenciones de mayor interés para este estudio, y se resumen para cada cuenca en las figuras a continuación.

Figura A-1: Intervenciones en Cuenca 1



Nº	Fecha Ingreso	Fecha Resolución	Peticionario	Q (l/s)	Naturaleza de las aguas	Tipo Derecho	Ejercicio
1022	13-07-95	22-04-03	MARIANO MARIO HUAYLLA HUANCA	10	Superficial y Corriente	No Consuntivo	Permanente y Continuo
1106	22-01-96		WENCESLAO CHURA ALBERTO	21*		Consuntivo	Permanente y Continuo*
1107	22-01-96			63*			
1108	22-01-96			80*			
1109	22-01-96			27*			
1110	22-01-96		ALEJANDRO BLAS ALAVE Y OTROS	169*			
1114	22-01-96		ADANTO NINA CHURA Y OTROS	58*			
1115	22-01-96			59*			
1116	22-01-96			140*			
1117	22-01-96			152*			
1118	22-01-96			135*			
1119	22-01-96			60*			
1121	25-01-96		MARCELINO ZARZURI SILVESTRE	204*			
1142	07-11-96		PEDRO E. FLORES FLORES	35.1		Consuntivo	Permanente y Continuo
1143	07-11-96		VENTURA CHURA CHURA	27.2*			
1144	07-11-96		REMIGIO ALAVE CONDORI	34*			
1145	07-11-96			43.8*			
1147	25-11-96			2.6*			
1148	25-11-96		FILEMON BLAS HUAYLLA	4.4*			
1149	25-11-96			6.7*			
1173	19-11-97		SANTIAGO CANO RAMOS	8*			
1178	16-03-98		GENARO BLAS MAMANI	1.5*			
1179	16-03-98			6*			
1180	16-03-98			2*			
1181	16-03-98			2*			
1182	16-03-98			2*	Superficial y Corriente	No Consuntivo	Permanente y Continuo
1220	13-01-99	10-01-03	RODRIGO SAAVEDRA NENADOVICH	4		Consuntivo	Permanente y Continuo*
1427	31-10-02		DOMINGO MANUEL BLAS HUAYLLAS Y OTROS	1.5*			
1428	31-10-02			38.1*			
1429	31-10-02			4.6*			
1430	31-10-02			0.8*			
1454	06-09-04		BERNARDO FLORES BLAS	0.6		Consuntivo	Permanente y Continuo
1474	29-03-05		WENCESLAO CHURA ALBERTO	12.5			
1475	29-03-05			9.3			
1476	29-03-05			12.5			
1477	29-03-05		CIRIACO MARCELINO CHURA VILLALOBOS Y OTROS	9			
1478	29-03-05			22.6			
1479	29-03-05			3.9			
1481	29-03-05		JOAQUIN FLORES QUELCA	1.8*			
1482	29-03-05			1.8*			
1483	29-03-05			2.6*			
1484	29-03-05			4.6*			
1486	29-03-05		LUCAS VARAS CHURA Y OTROS	6.6			
1487	29-03-05			2.6			
1488	29-03-05			6.6			
1493	22-10-05		EUSEBIO HUAYLLA PACO Y OTROS	2.4*		Consuntivo	Permanente y Continuo*
1508	22-11-05			6.35*			
1509	22-11-05		TOMAS HUAYLLA TANCARA Y OTROS	10.4*			
1510	22-11-05			0.9*			
1511	22-11-05		EUSEBIO HUAYLLA PACO Y OTROS	6.35*			
1512	22-11-05			18.8*			
1513	22-11-05		EUSEBIO HUAYLLA PACO	1.6*			
1514	22-11-05			2.5*			
1515	22-11-05		EUSEBIO HUAYLLA PACO Y OTROS	0.9*			

Total	1549.5 l/s
Zona 1	899.3 l/s
Zona 2	438.3 l/s
Zona 3	211.9 l/s

Figura A-2: Intervenciones en Cuenca 2

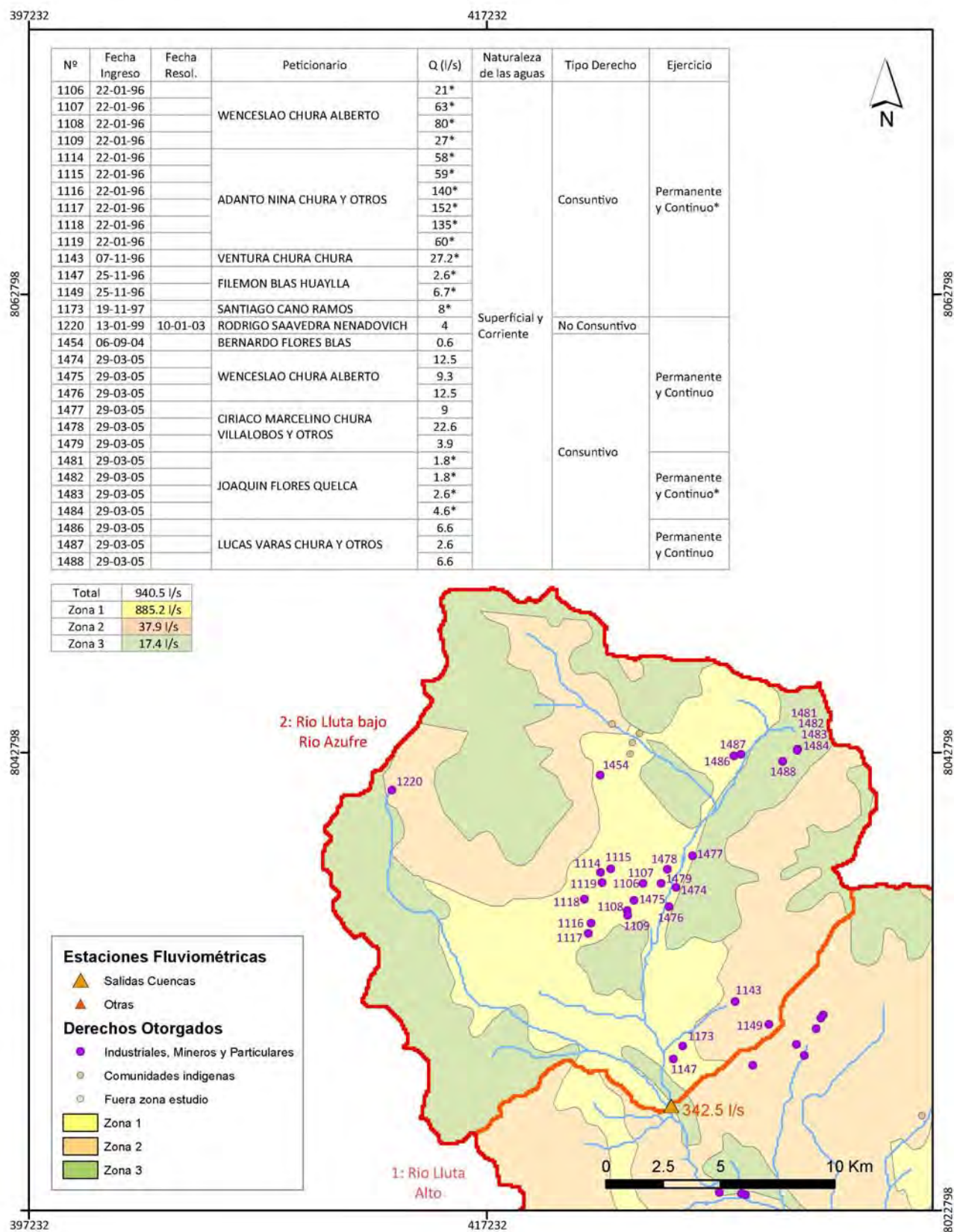


Figura A-3: Intervenciones en Cuenca 3

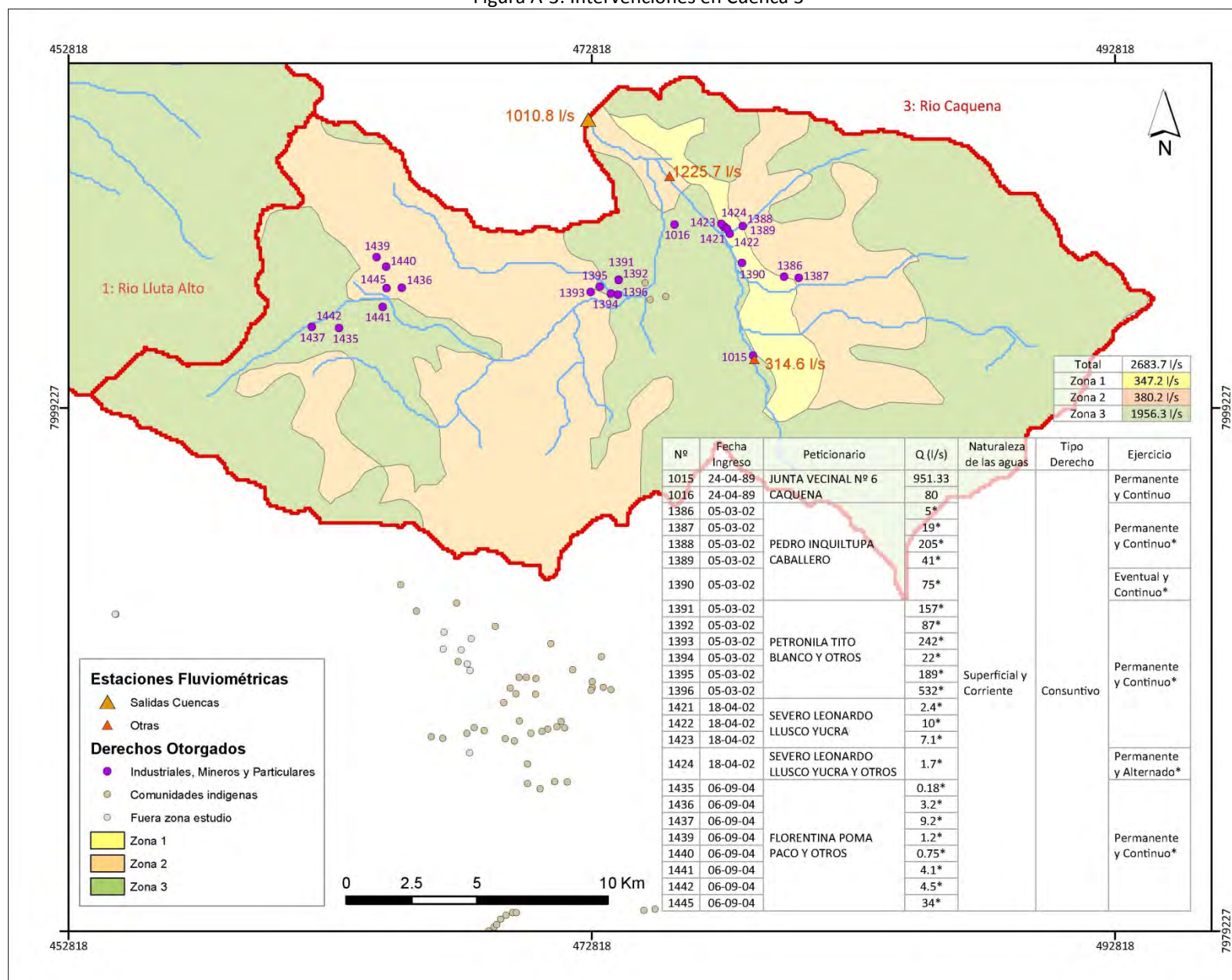
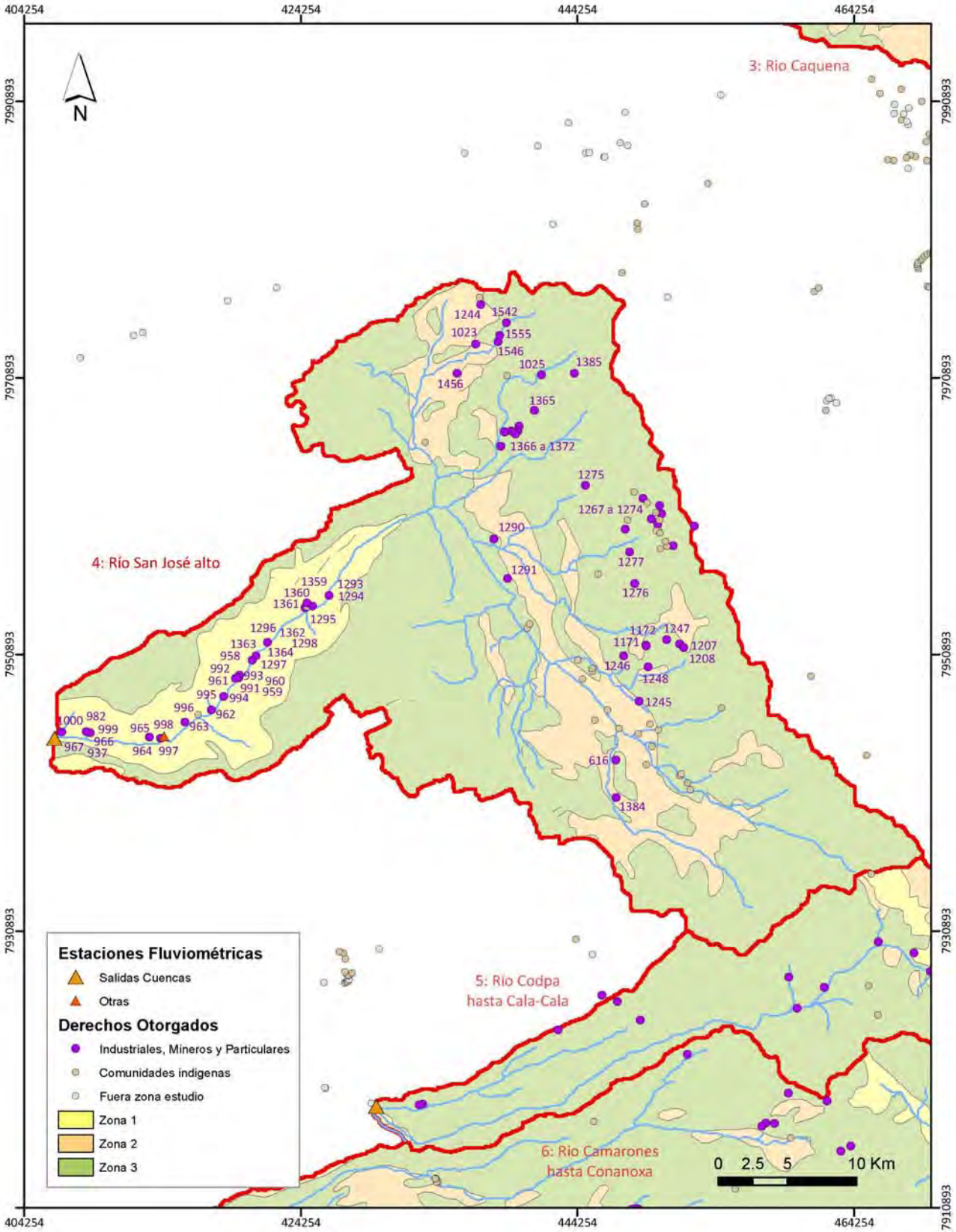


Figura A-4: Intervenciones en Cuenca 4



Nº	Fecha Ingreso	Fecha Resolución	Peticionario	Q (l/s)	Naturaleza de las aguas	Tipo Derecho	Ejercicio
616	22-04-86		CARLOS MANUEL INFANTE MONTEALEGRE	8*	Subterránea		Permanente y Continuo*
937	13-03-01	09-07-02	AGUSTINA GUTIERREZ PACASI Y OTROS	0.28			Eventual y Discontinuo
958	03-10-01			50*			
959	03-10-01			50*			
960	03-10-01			50*			
961	03-10-01			50*			
962	03-10-01		COMUNIDAD DE AGUAS CANAL AZAPA	50*			
963	03-10-01			50*			
964	03-10-01			50*			
965	03-10-01			50*			
966	03-10-01			50*			
967	03-10-01			1000*			
982	26-11-01		SERGIO AJATA DIAZ Y OTROS	257.02*			Eventual y Continuo*
991	16-01-02			0*			
992	16-01-02			0*			
993	16-01-02			0*			
994	16-01-02			0*			
995	16-01-02		COMUNIDAD DE AGUAS CANAL AZAPA	0*			
996	16-01-02			0*			
997	16-01-02			0*			
998	16-01-02			0*			
999	16-01-02			0*			
1000	16-01-02			0*			
1023	12-12-95		FROILAN CARRASCO MANILLA	2.3			
1025	12-12-95		ANDRES HUANCA MAMANI	24			Permanente y Continuo
1171	10-11-97		ALBERTO BENITES BENITES	2*	Superficial y Corriente	Consuntivo	Permanente y Continuo*
1172	10-11-97			3*			
1207	27-04-98		IRMA BENITEZ VELIZ	0.25			Permanente y Continuo
1208	27-04-98			1.5			
1244	06-12-99		FELIX FLORES F Y OTROS	3*			
1245	06-12-99			6.8*			
1246	06-12-99		ANGEL CUSTODIO DELGADO Y OTROS	17*			
1247	06-12-99			50.9*			
1248	06-12-99			2*			
1267	04-10-00			8.8*			
1268	04-10-00			14.4*			
1269	04-10-00			46.8*			
1270	04-10-00			5.5*			
1271	04-10-00		ISAC OCAÑA LARBA Y OTROS	21*			Permanente y Continuo*
1272	04-10-00			12*			
1273	04-10-00			1.7*			
1274	04-10-00			6.9*			
1275	04-10-00			1.4*			
1276	04-10-00			5.2*			
1277	04-10-00			0.7*			
1290	08-03-01	07-05-02	FISCO, DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS	0.07			Eventual y Discontinuo
1291	08-03-01	07-05-02		0.24			
1293	03-10-01			50*			
1294	03-10-01			50*			
1295	03-10-01			50*			
1296	03-10-01		COMUNIDAD DE AGUAS CANAL AZAPA	50*			Eventual y Continuo*
1297	03-10-01			50*			
1298	03-10-01			50*			
1359	16-01-02			0*			
1360	16-01-02			0*			
1361	16-01-02			0*			
1362	16-01-02			0*			
1363	16-01-02			0*			
1364	16-01-02			0*			
1365	22-01-02			50*			
1366	22-01-02			50*			
1367	22-01-02			50*			
1368	22-01-02			50*			
1369	22-01-02			50*			
1370	22-01-02			50*			
1371	22-01-02			50*			
1372	22-01-02			50*			
1384	05-03-02		EULOGIO LOAYZA APAS Y OTROS	0.37*			
1385	05-03-02		BERNABE MAMANI MAMANI Y OTROS	6*			
1456	06-09-04		EMILIO MAMANI ALEJANDRO	0.5*			
1542	09-05-07		MARIA SOLEDAD HUMIRE PINTO	13*			Permanente y Continuo*
1546	09-05-07		JUAN DE DIOS HUMIRE ALEJANDRO Y OTROS	6.9*			
1555	09-05-07		FELICIDAD VASQUEZ FLORES Y OTROS	13*			
Total		2692.5 l/s					
Zona 1		1450.3 l/s					
Zona 2		13.0 l/s					
Zona 3		1229.3 l/s					

Figura A-5: Intervenciones en Cuenca 5

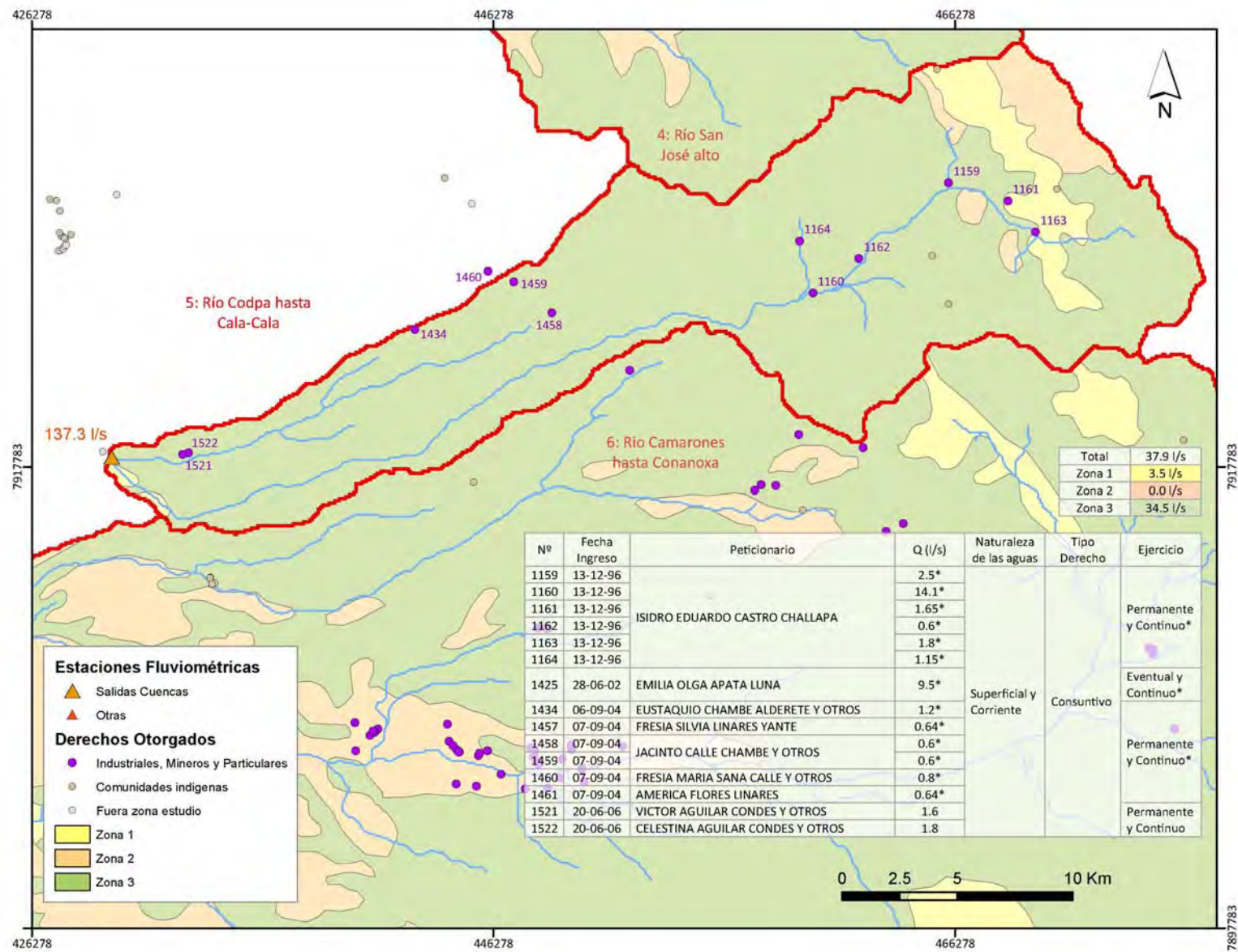
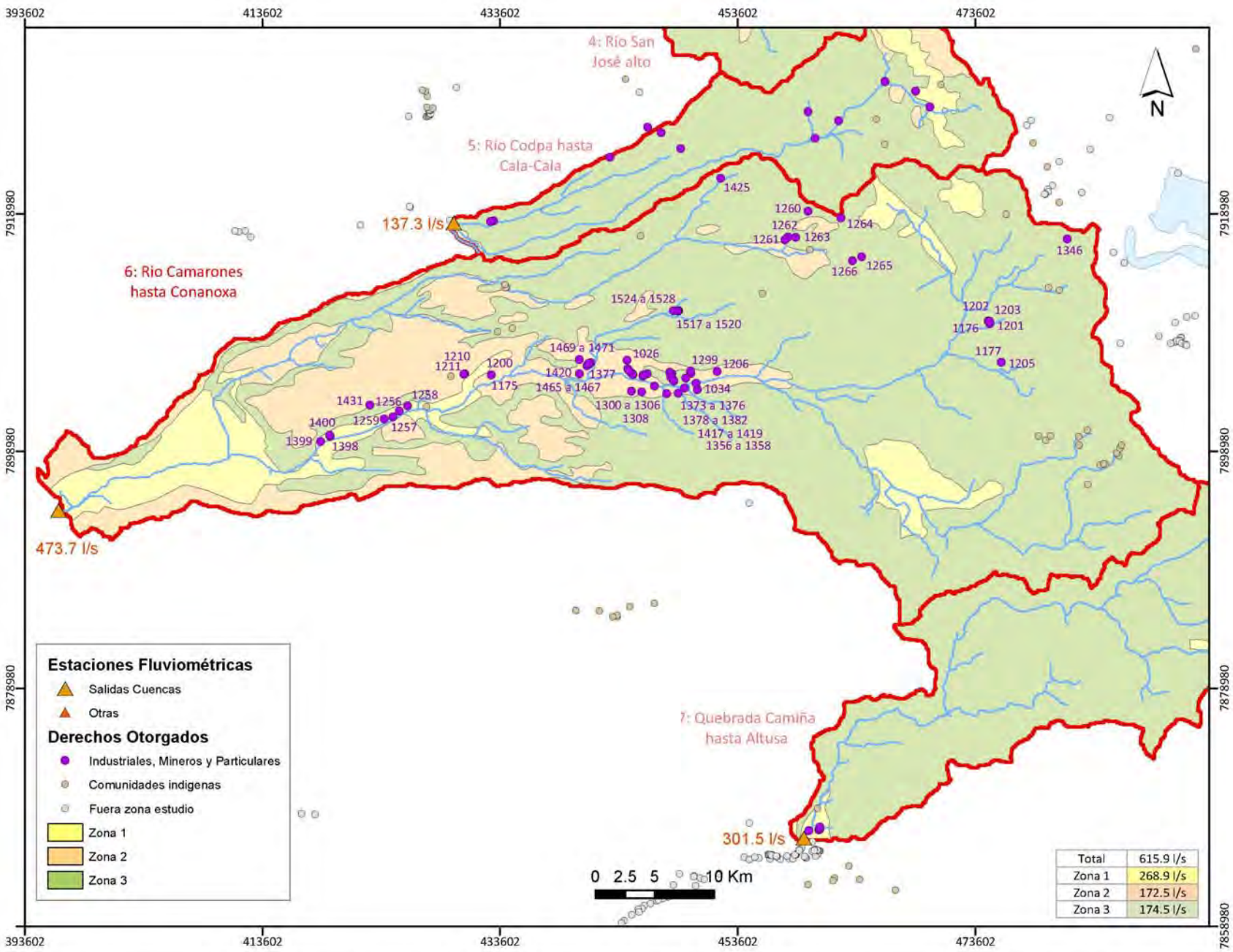


Figura A-6: Intervenciones en Cuenca 6



Nº	Fecha Ingreso	Peticionario	Q (l/s)	Naturaleza de las aguas	Tipo Derecho	Ejercicio	Nº	Fecha Ingreso	Peticionario	Q (l/s)	Naturaleza de las aguas	Tipo Derecho	Ejercicio				
1026	19-12-95	JUNTA DE VECINOS Nº 7 DE ILLAPATA	0.01*	Superficial y Corriente	Consuntivo	Permanente y Continuo*	1357	13-11-01	LUIS ADRIAN MAMANI MAMANI	0.014*			Permanente y Continuo*				
1034	02-01-96	JUNTA DE VECINOS Nº 5 DE ESQUINA	1.1*				1358	17-12-01	HILARIO CHALLAPA MAMANI	0.023*							
1175	16-03-98	NIDIA IRLANDA ALTINA HERRERA Y OTROS	5*				1373	27-02-02	YOLANDA INES CHALLAPA MAMANI	0.029*							
1176	16-03-98	ANGEL CUSTODIO NORIEGA GABIÑO Y OTROS	28*				1374	27-02-02		0.038*							
1177	16-03-98	HIPOLITO CASTRO MAMANI Y OTROS	42*				1375	27-02-02	JULIA RAIMUNDA CHOQUE CASTRO	0.0013*							
1200	20-04-98	HELIA ALTINA HERRERA	5*				1376	27-02-02		1.21*							
1201	20-04-98		3*				1377	27-02-02	CEFERINO GARCIA FLORES	4.4*							
1202	20-04-98	DAVID ISIDORO NORIEGA GABIÑO	11*				1378	27-02-02	CORNELIO MAMANI CHOQUE	0.52*							
1203	20-04-98		0*				1379	27-02-02	PEDRO MAMANI MAMANI	0*							
1205	20-04-98	HIPOLITO CASTRO MAMANI Y OTROS	42*				1380	27-02-02	ABEL NAVES APATA	0*							
1206	23-04-98	MANUEL VIZA APATA	50*				1381	27-02-02		0*							
1210	02-06-98	BORGA FRANCISCA CALIZAYA CALLEJAS	2			Permanente y Continuo	1382	27-02-02	LUIS ADRIAN MAMANI MAMANI	0*							
1211	02-06-98		2*			Permanente y Continuo*	1398	20-03-02	OSVALDO CALLE GONZALEZ Y OTROS	50*		Permanente y Alternado*					
1256	23-06-00		52*				1399	20-03-02	SANTIAGO CALLE GONZALEZ	35*							
1257	23-06-00	ROBELIO AMADO ANDIA PORTU	15.9*				1400	20-03-02	SANTIAGO CALLE GONZALEZ Y OTROS	35*							
1258	23-06-00		25.8*				1417	16-04-02	LUIS ADRIAN MAMANI MAMANI	30*							
1259	23-06-00		55.2*				1418	16-04-02		30*							
1260	08-09-00	IDALIA MODESTA VISA APATA	0.5					Permanente y Continuo	1419	16-04-02		JULIA RAIMUNDA CHOQUE CASTRO	30*		Eventual y Continuo*		
1261	08-09-00		0.4						1420	17-04-02		DANIEL GARCIA FLORES	30*				
1262	08-09-00		0.9						1425	28-06-02		EMILIA OLGA APATA LUNA	9.5*				
1263	08-09-00		0.6						1431	28-02-03		ROBELIO AMADO ANDIA PORTU	0.04*		Permanente y Continuo*		
1264	08-09-00		0.02						1465	29-03-05			0.03*				
1265	08-09-00	0.03	1466					29-03-05		0.02*							
1266	08-09-00	0.2	1467					29-03-05	HERMINIA SOTO FLORES	0.12*							
1299	08-10-01		0.178*					1469	29-03-05			0.1*					
1300	08-10-01	HILDA MAMANI GAVIÑO Y OTROS	0.167*					1470	29-03-05			0.38*					
1301	08-10-01	TOMAS ANGEL FLORES FLORES	0.32*					Permanente y Continuo*	1471	29-03-05			0.05*				Permanente y Continuo*
1302	08-10-01	YOLANDA INES CHALLAPA MAMANI	0.075*						1517	12-01-06			0.51*				
1303	08-10-01		0.011*						1518	12-01-06			0.64*				
1304	08-10-01	PEDRO MAMANI MAMANI	0.017*						1519	12-01-06			0.38*				
1305	08-10-01		0.008*						1520	12-01-06			0.7*				
1306	08-10-01		0.01*						1524	26-09-06		FELIPE FLORES VISA Y OTROS	0.51*				
1308	08-10-01	HILDA VIZA MAMANI	0.0027*						1525	01-12-06			0.51*				
1346	09-10-01	TEODORA CASTRO FERNANDEZ	10.31*	1526	01-12-06				0.64*								
1356	13-11-01	MANUEL HUMBERTO VIZA APATA Y OTROS	0.11*	1527	01-12-06				0.7*								
				1528	01-12-06				0.971*								

Figura A-7: Intervenciones en Cuenca 7

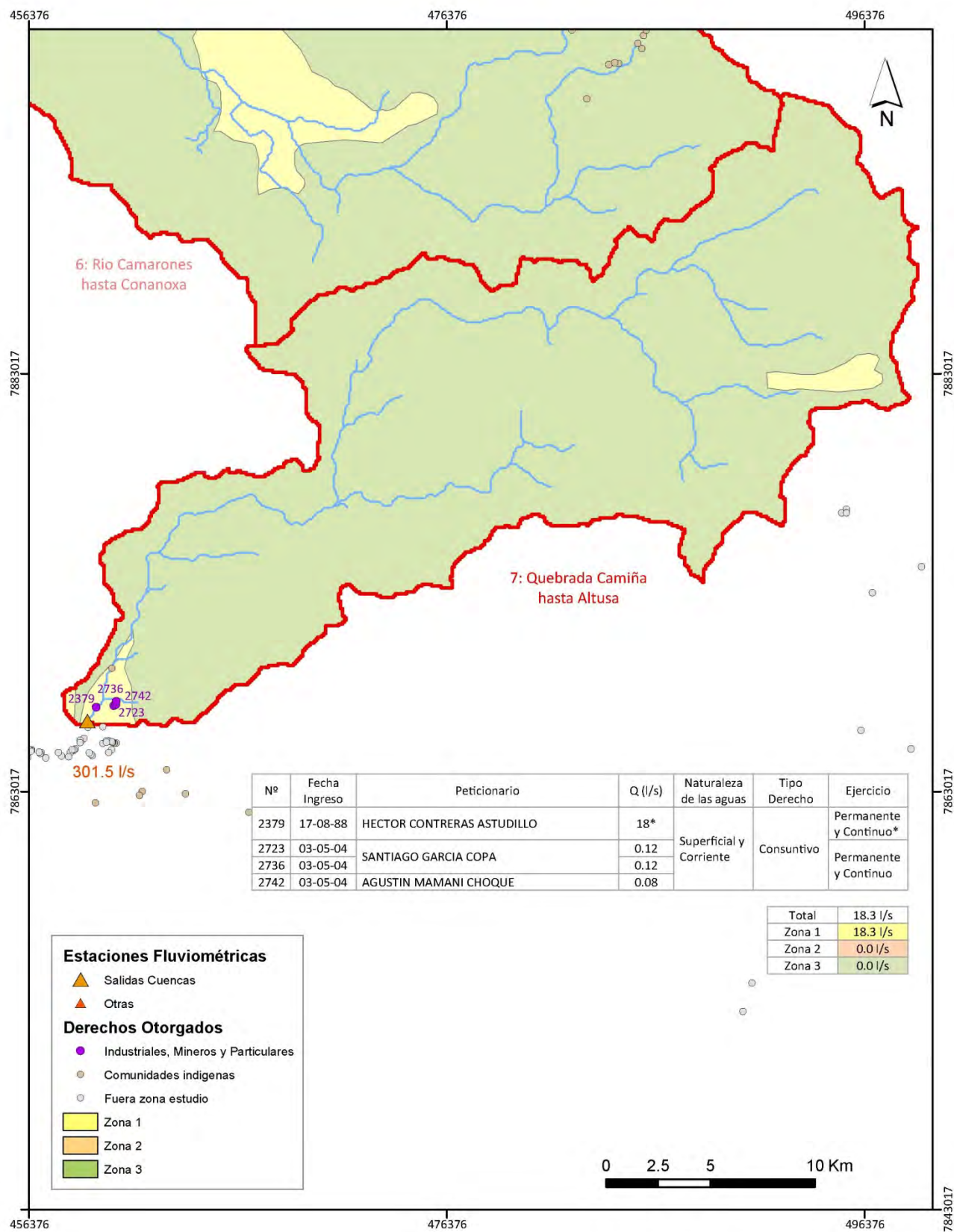


Figura A-8: Intervenciones en Cuenca 8

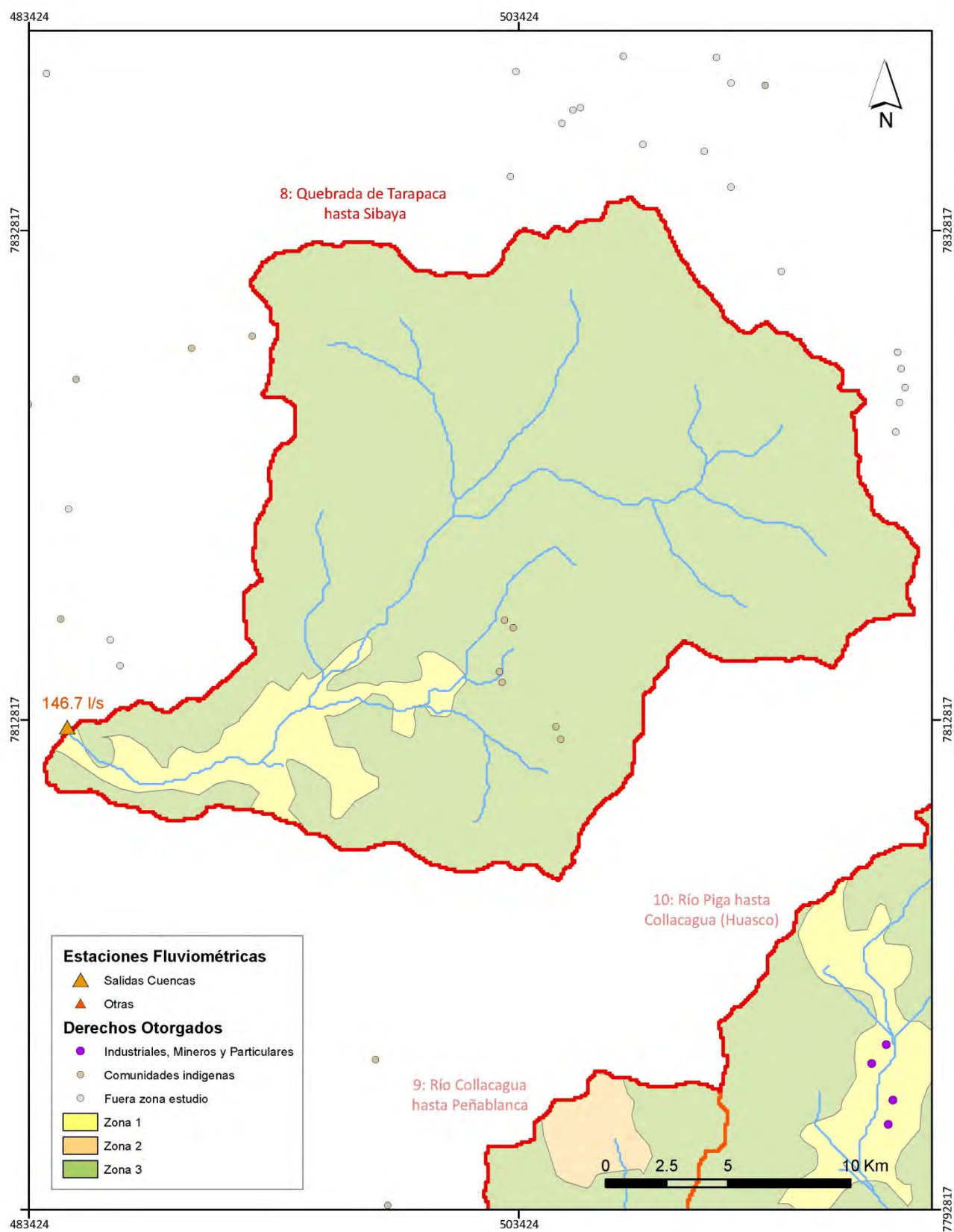


Figura A-9: Intervenciones en Cuenca 9

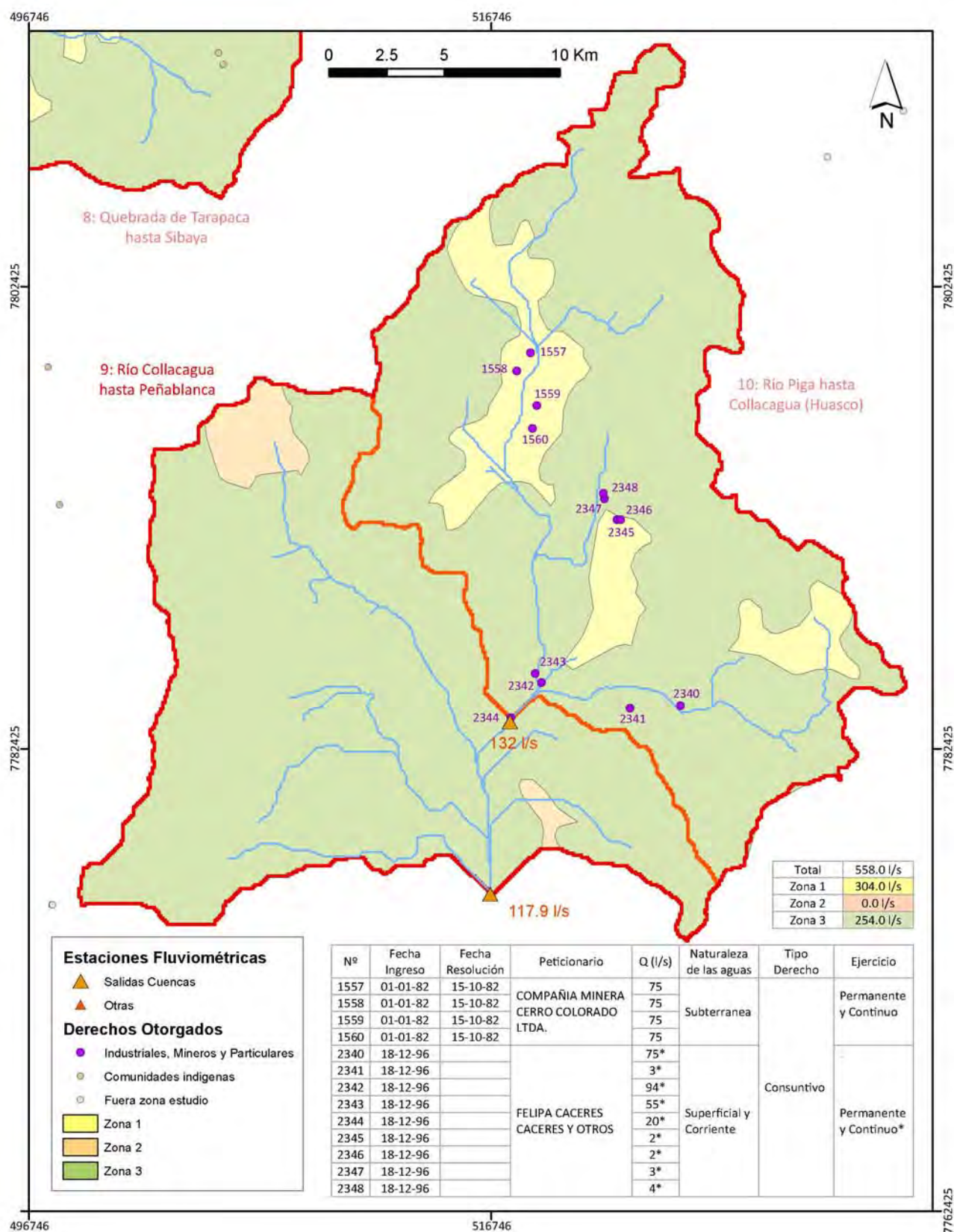


Figura A-10: Intervenciones en Cuenca 10

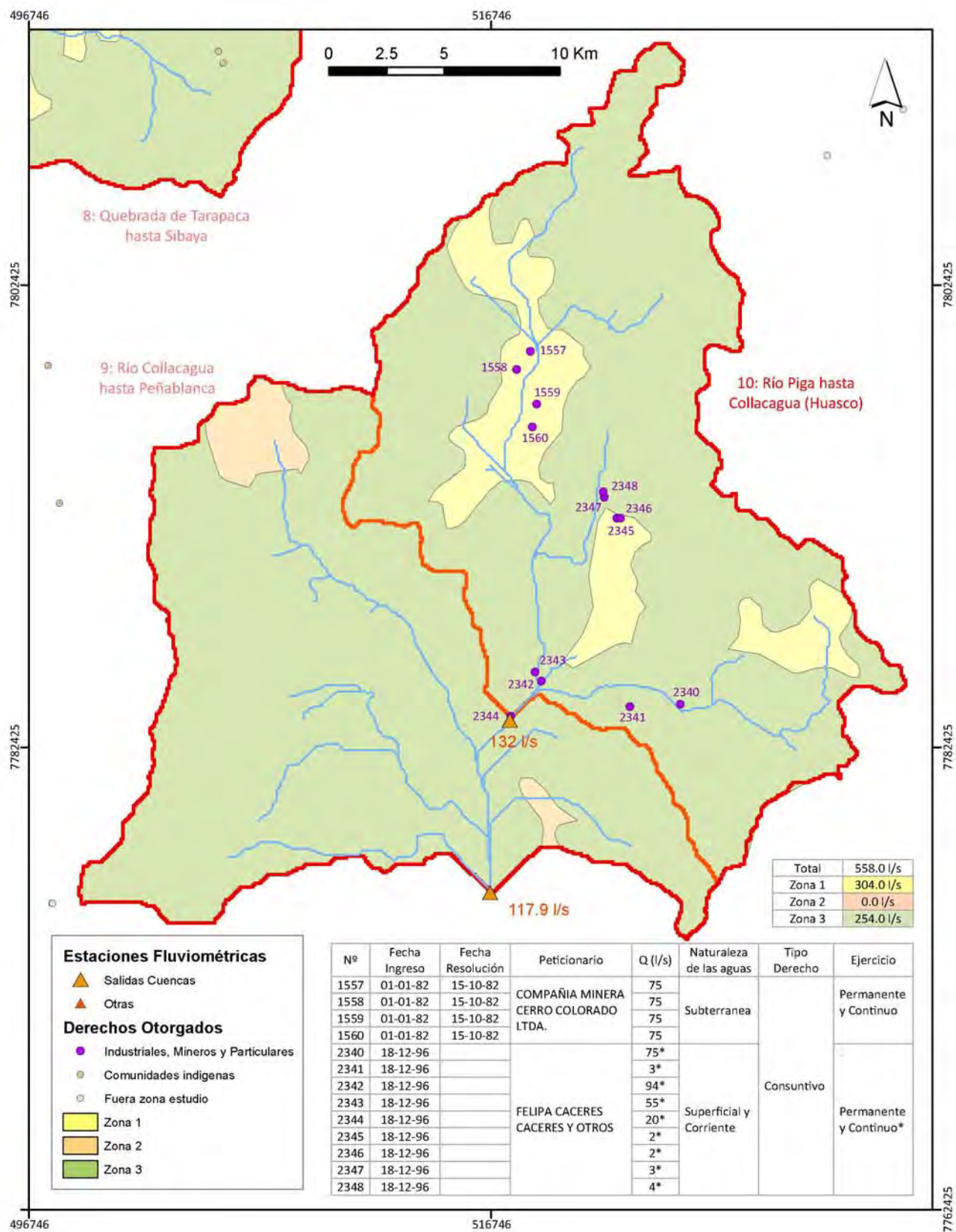


Figura A-11: Intervenciones en Cuenca 11

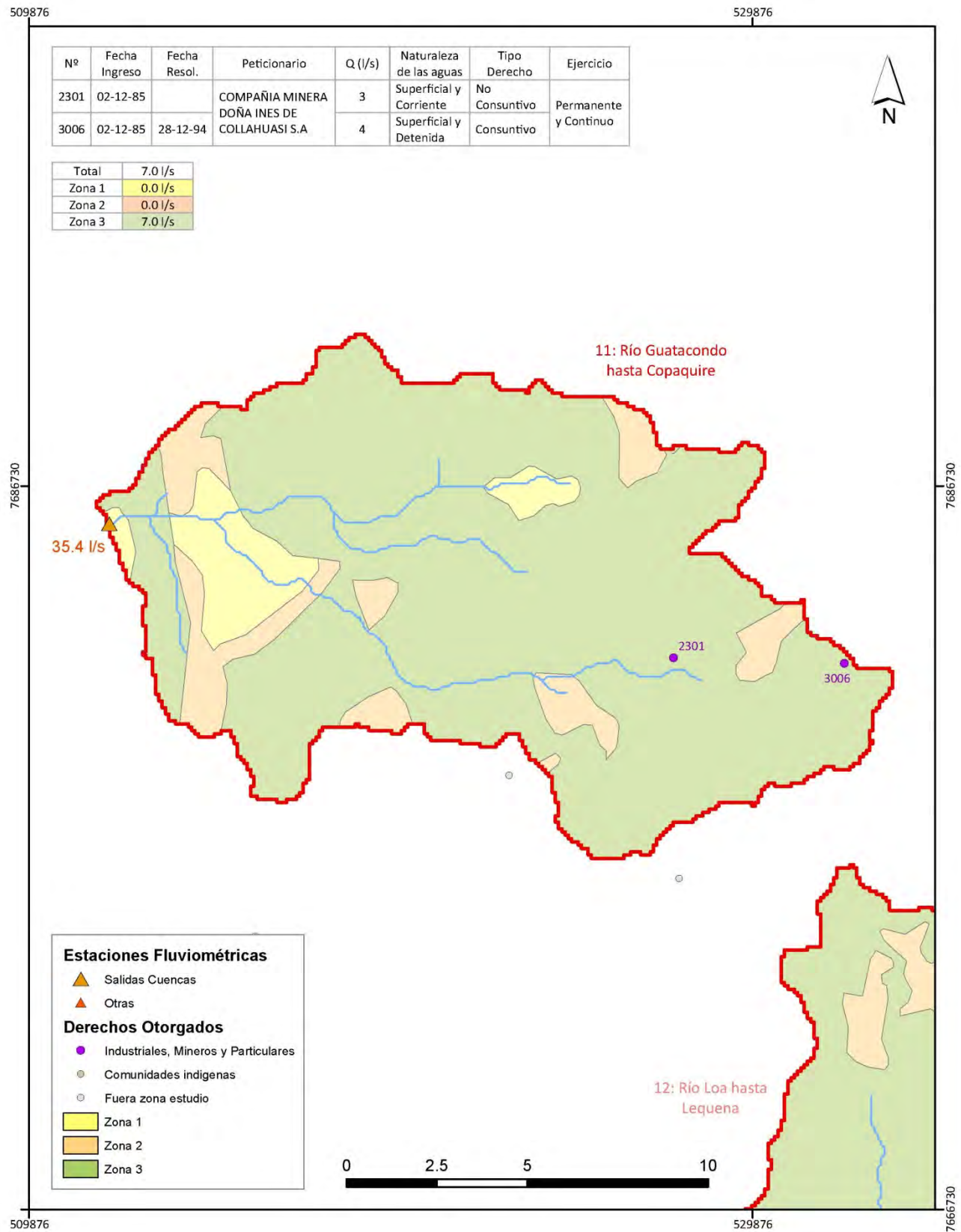


Figura A-12: Intervenciones en Cuenca 12

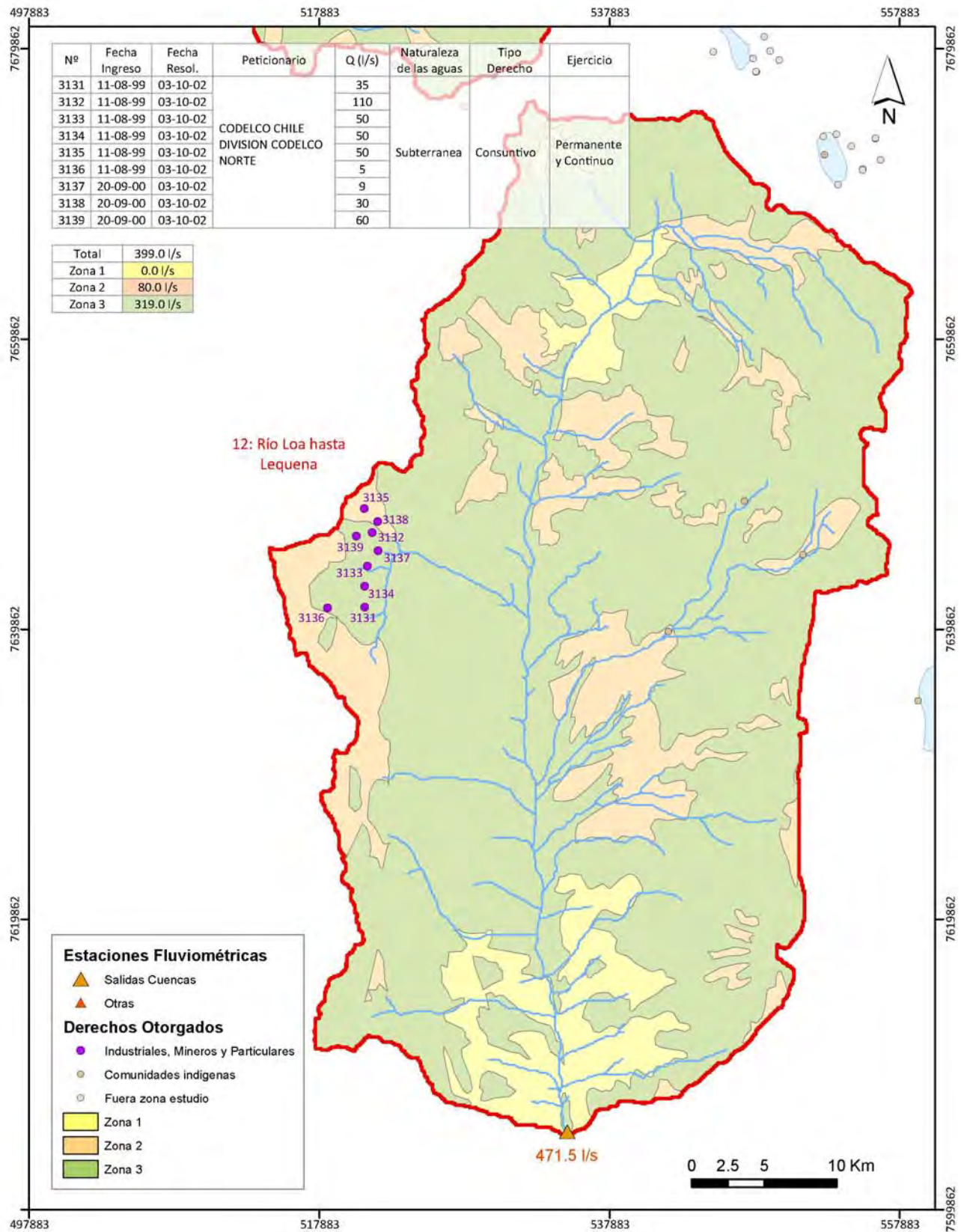


Figura A-13: Intervenciones en Cuenca 13

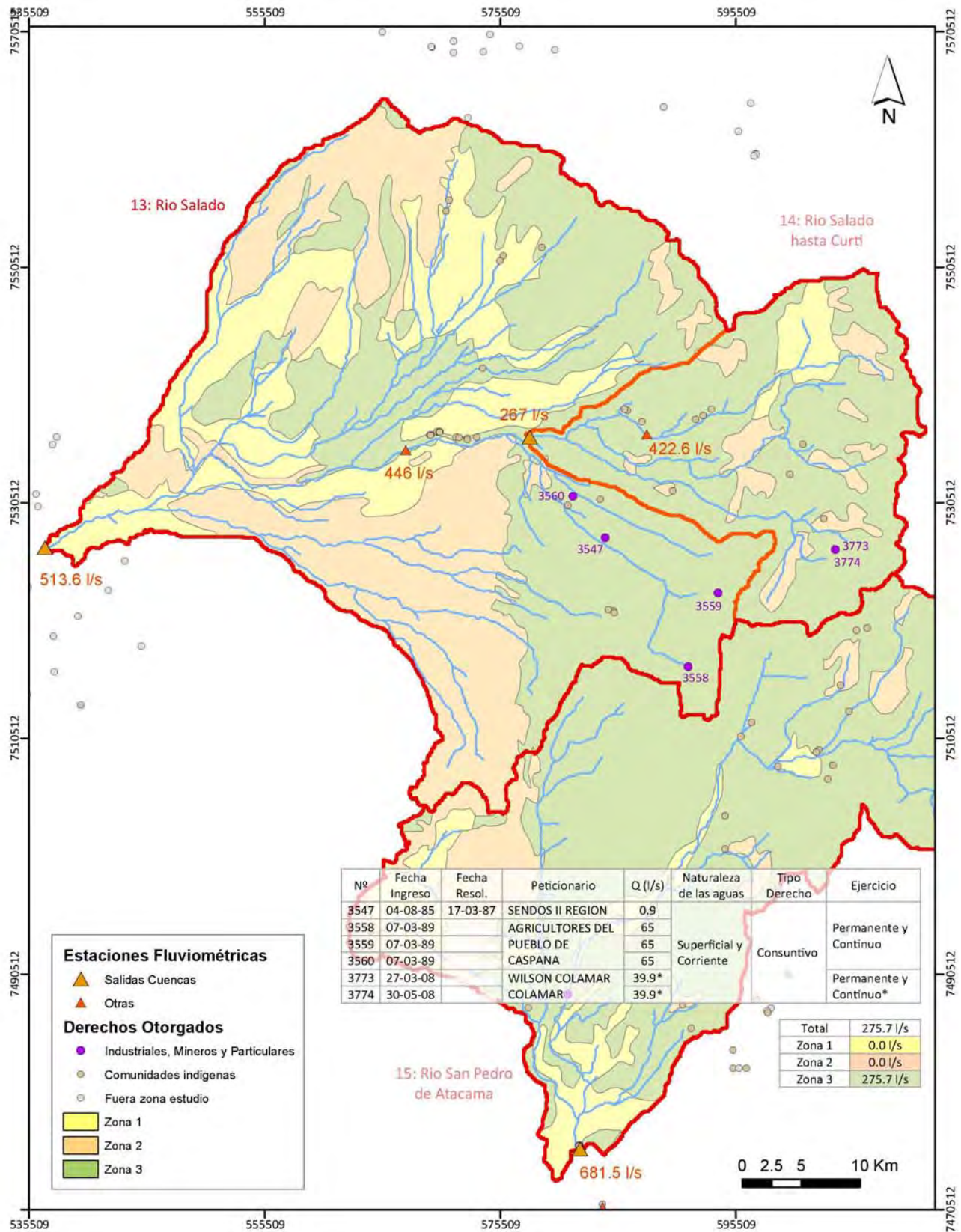


Figura A-14: Intervenciones en Cuenca 14

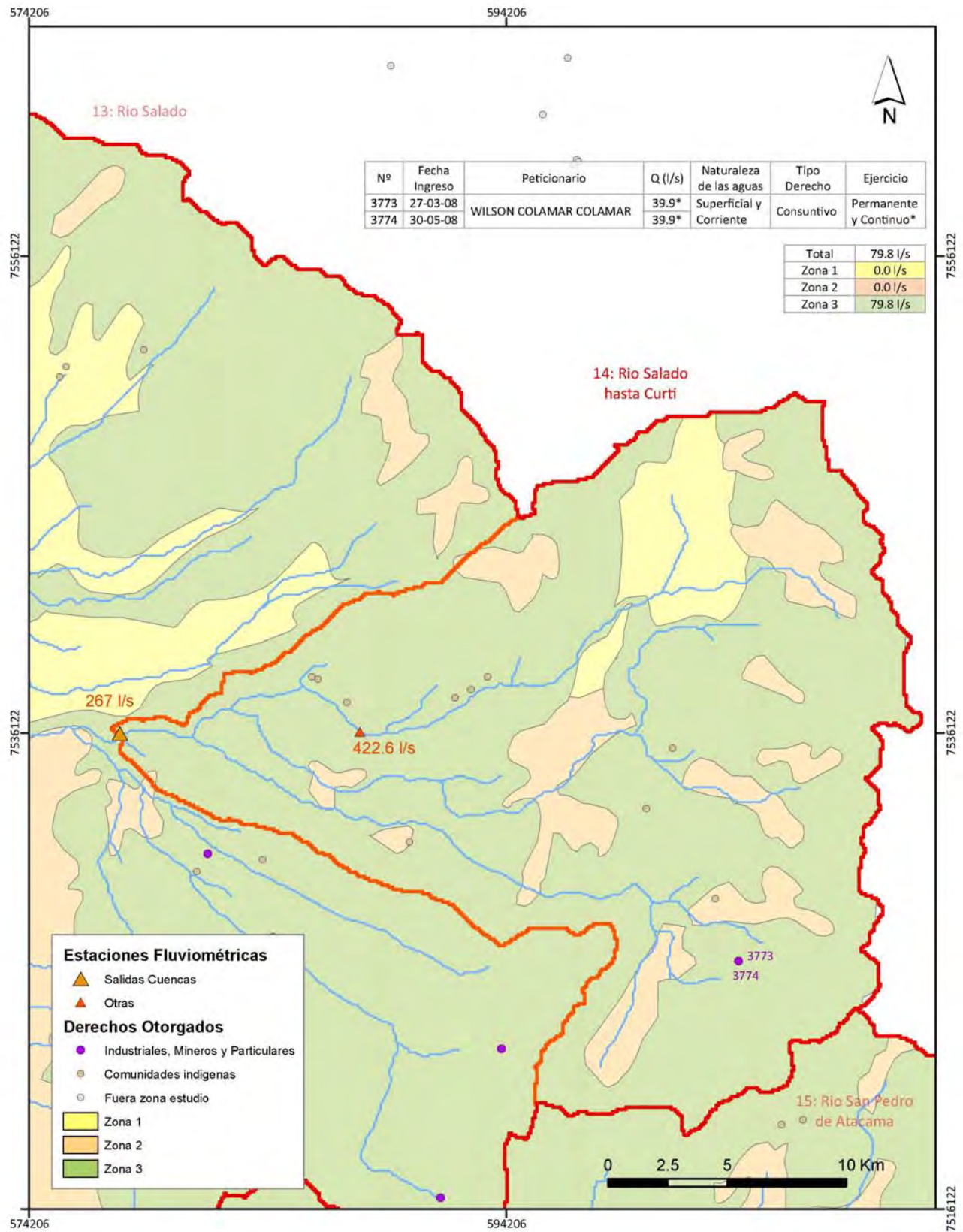


Figura A-15: Intervenciones en Cuenca 15

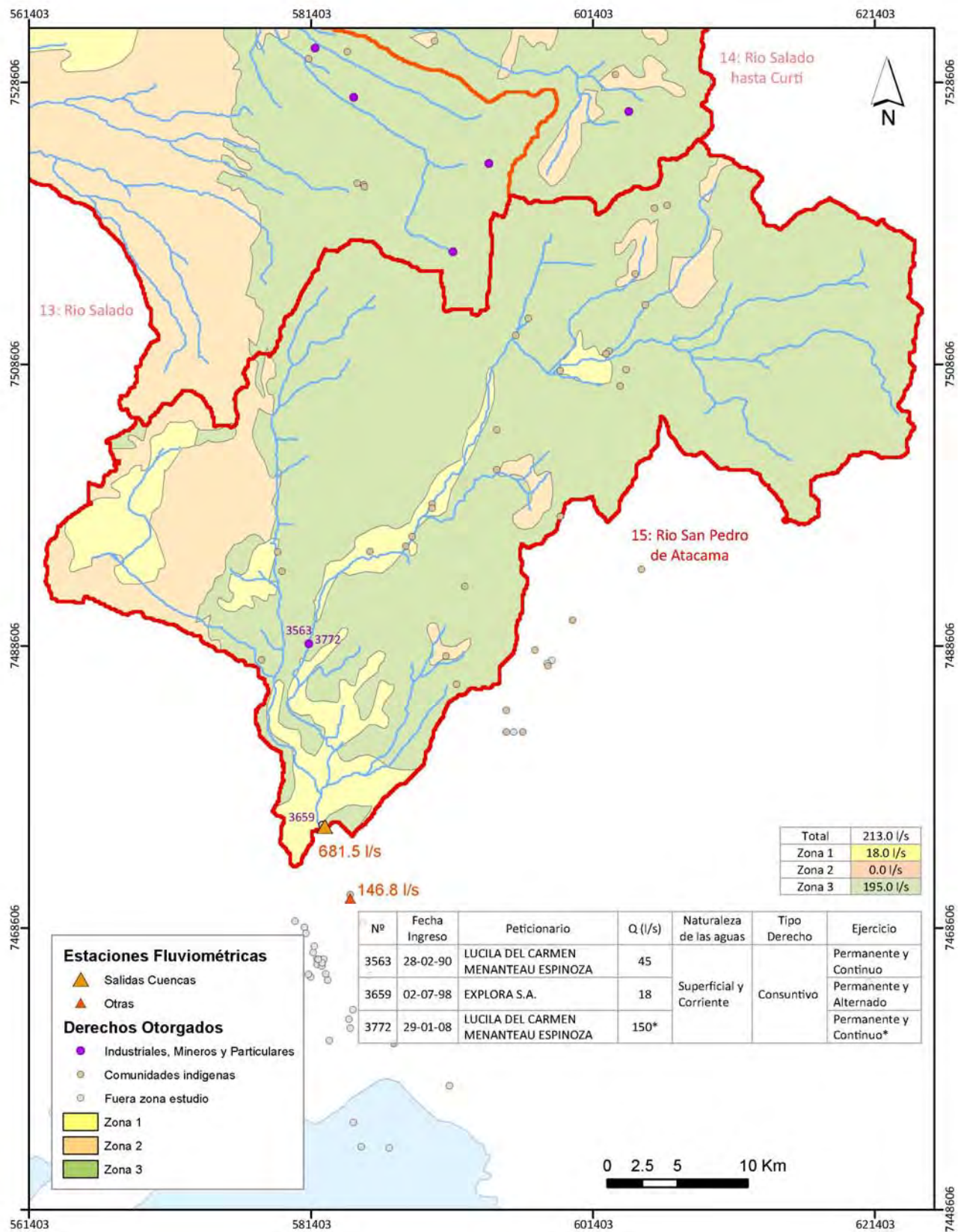


Figura A-16: Intervenciones en Cuenca 16

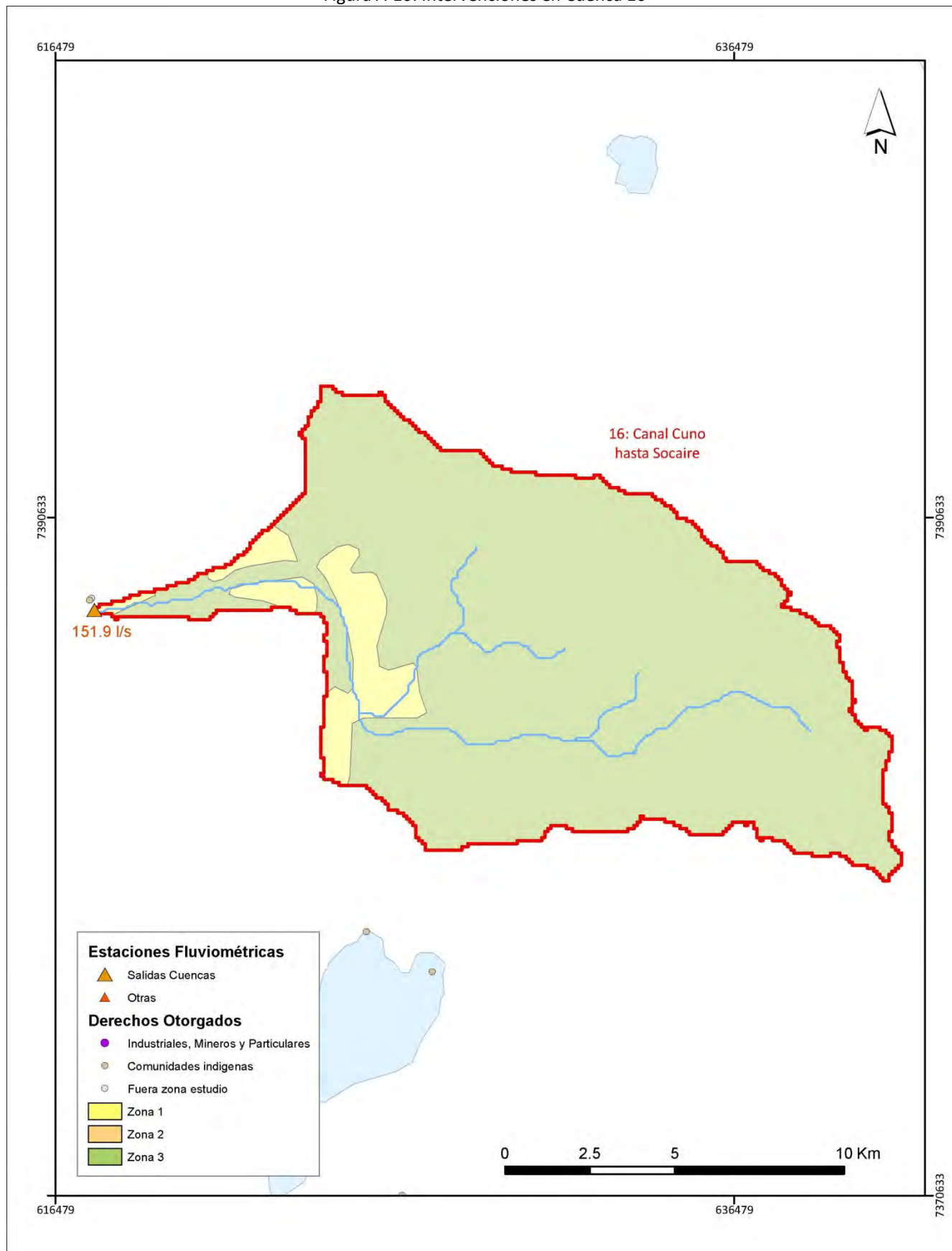


Figura A-17: Intervenciones en Cuenca 17

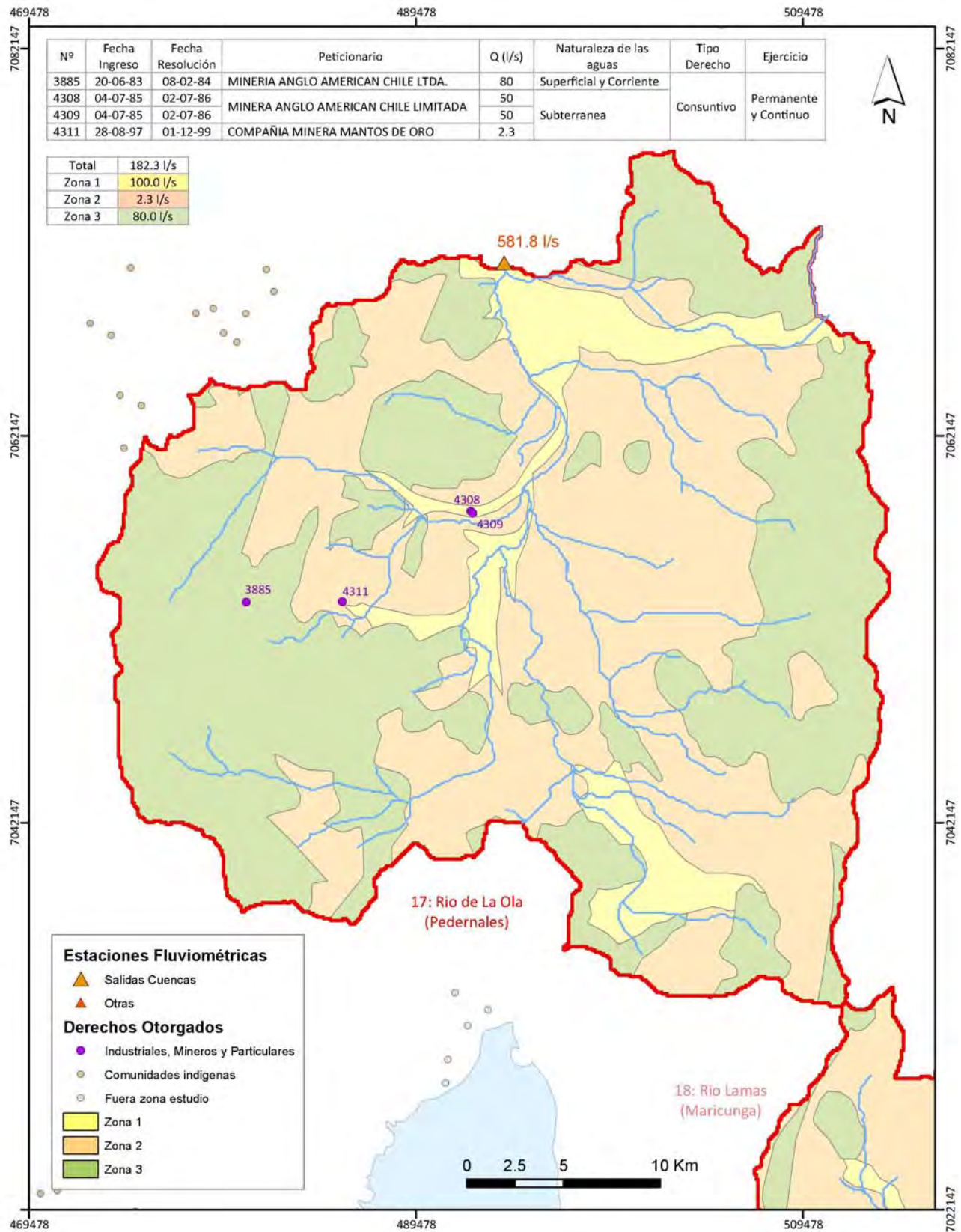


Figura A-18: Intervenciones en Cuenca 18

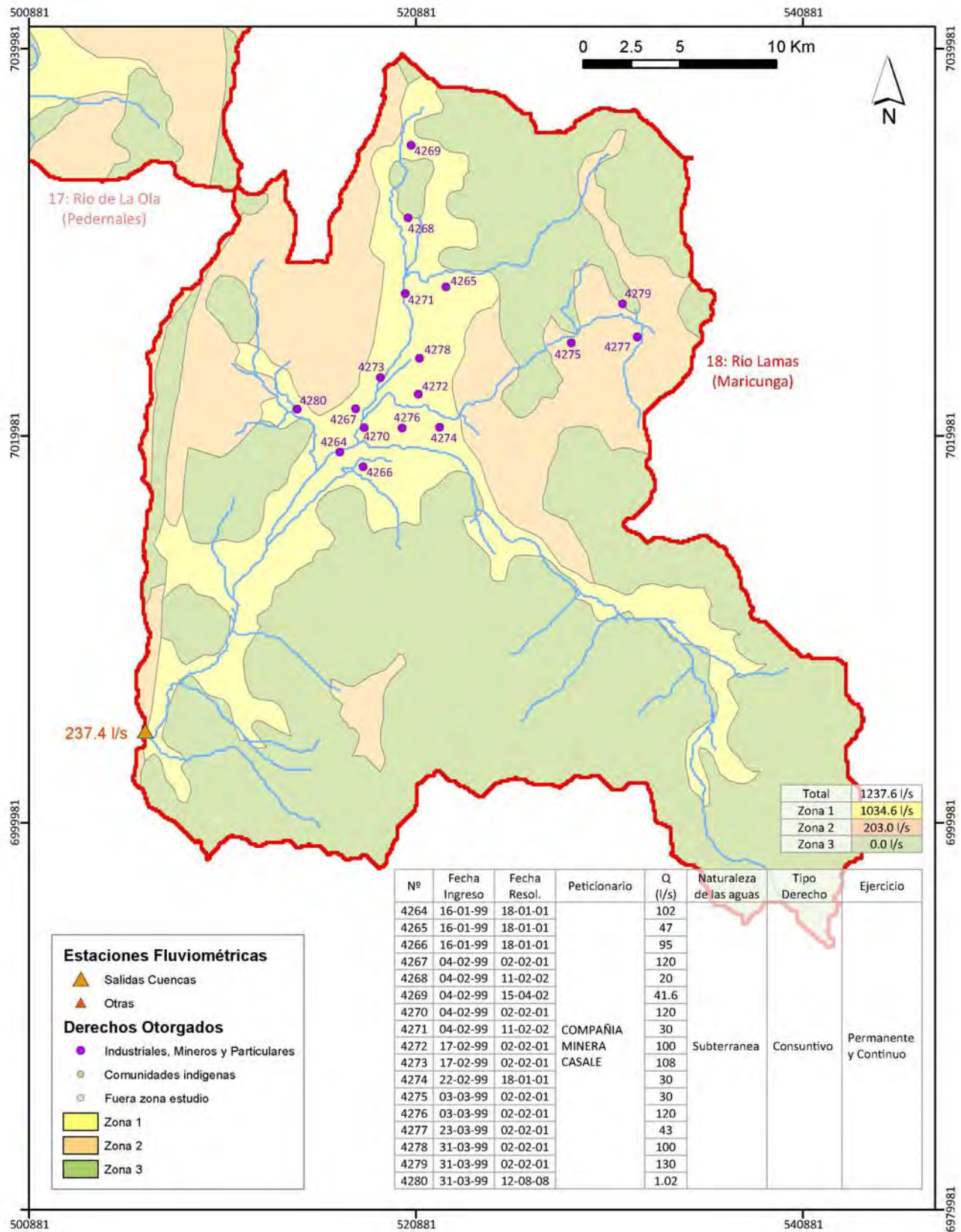


Figura A-19: Intervenciones en Cuenca 19

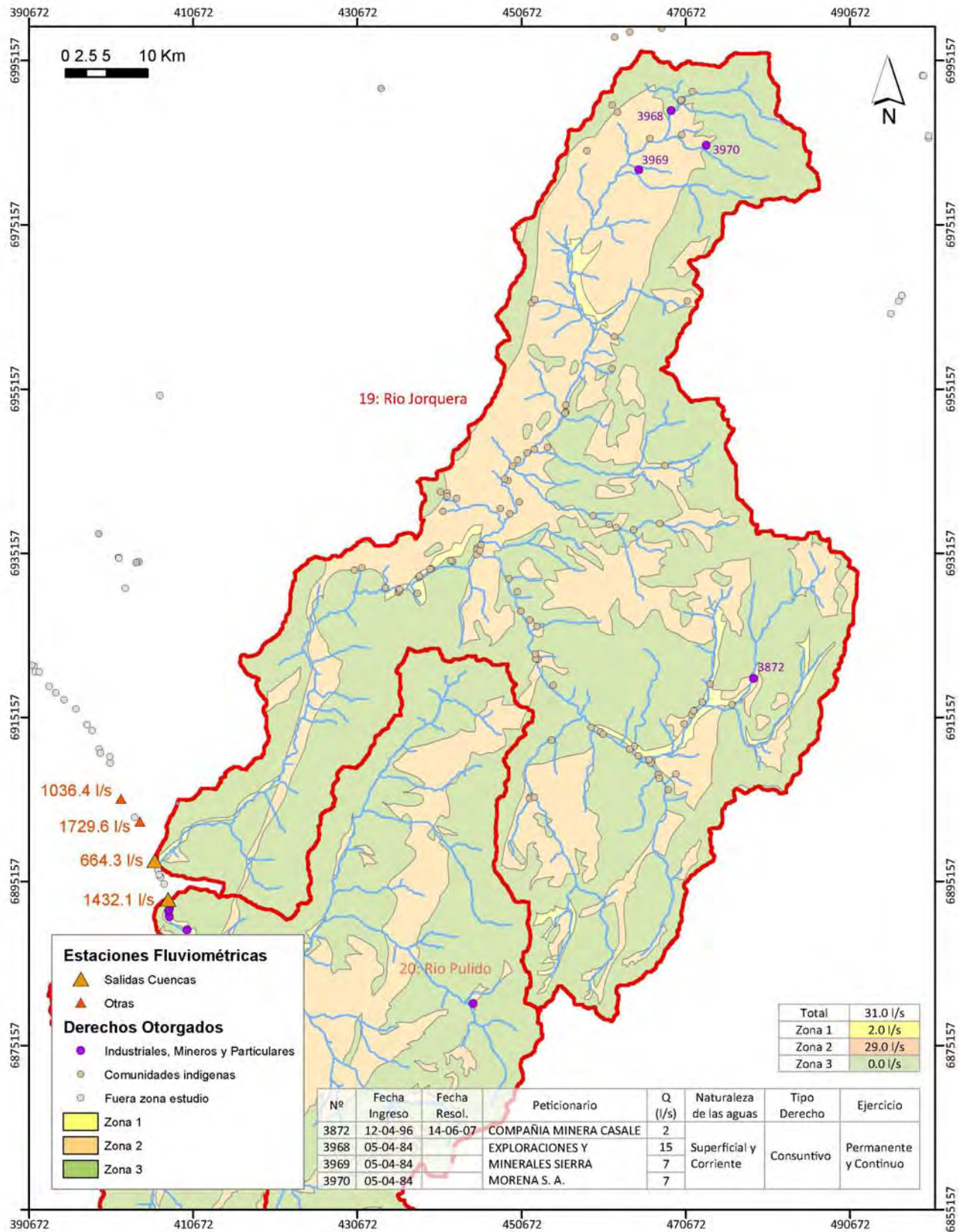


Figura A-20: Intervenciones en Cuenca 20

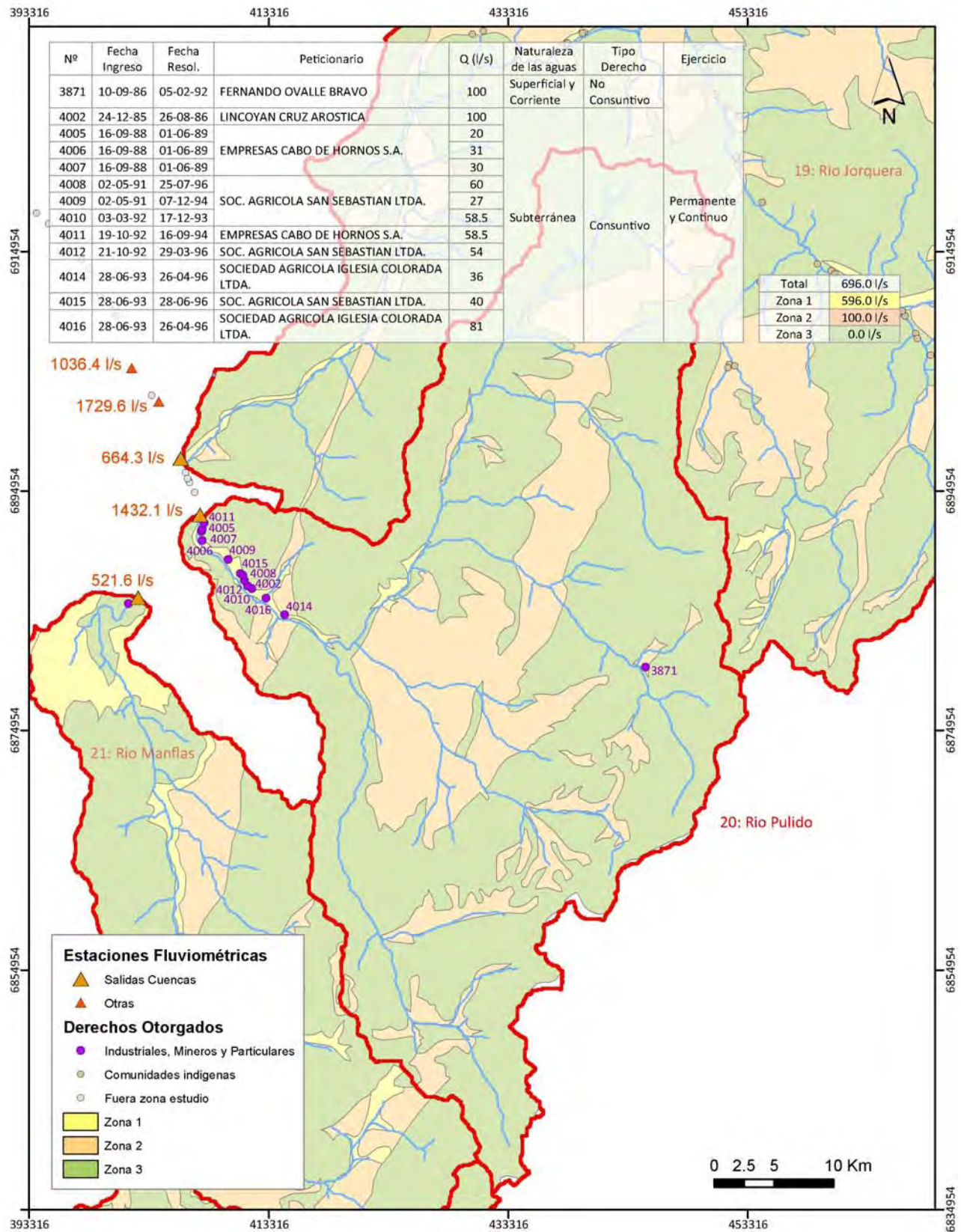


Figura A-21: Intervenciones en Cuenca 21

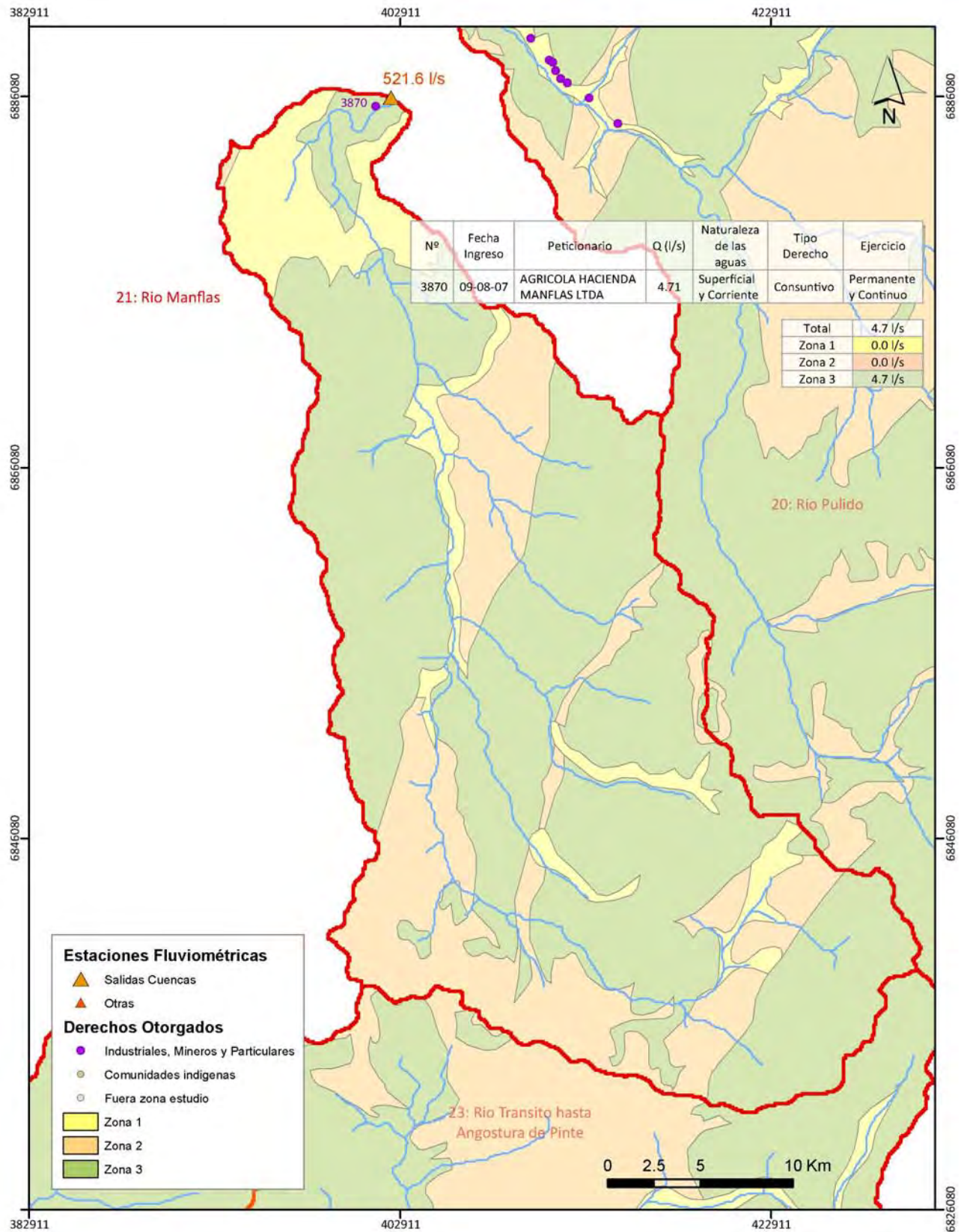


Figura A-22: Intervenciones en Cuenca 22

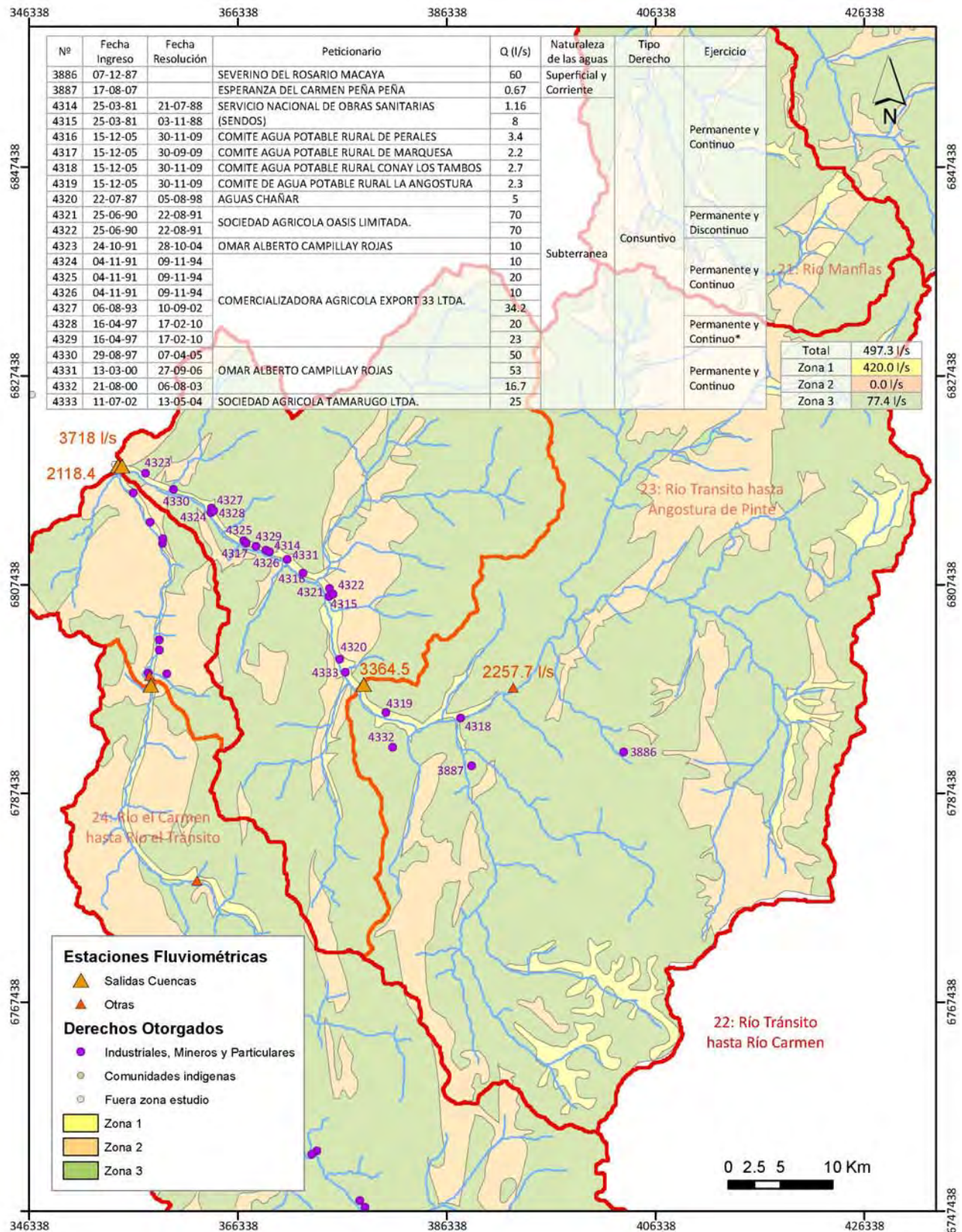


Figura A-23: Intervenciones en Cuenca 23

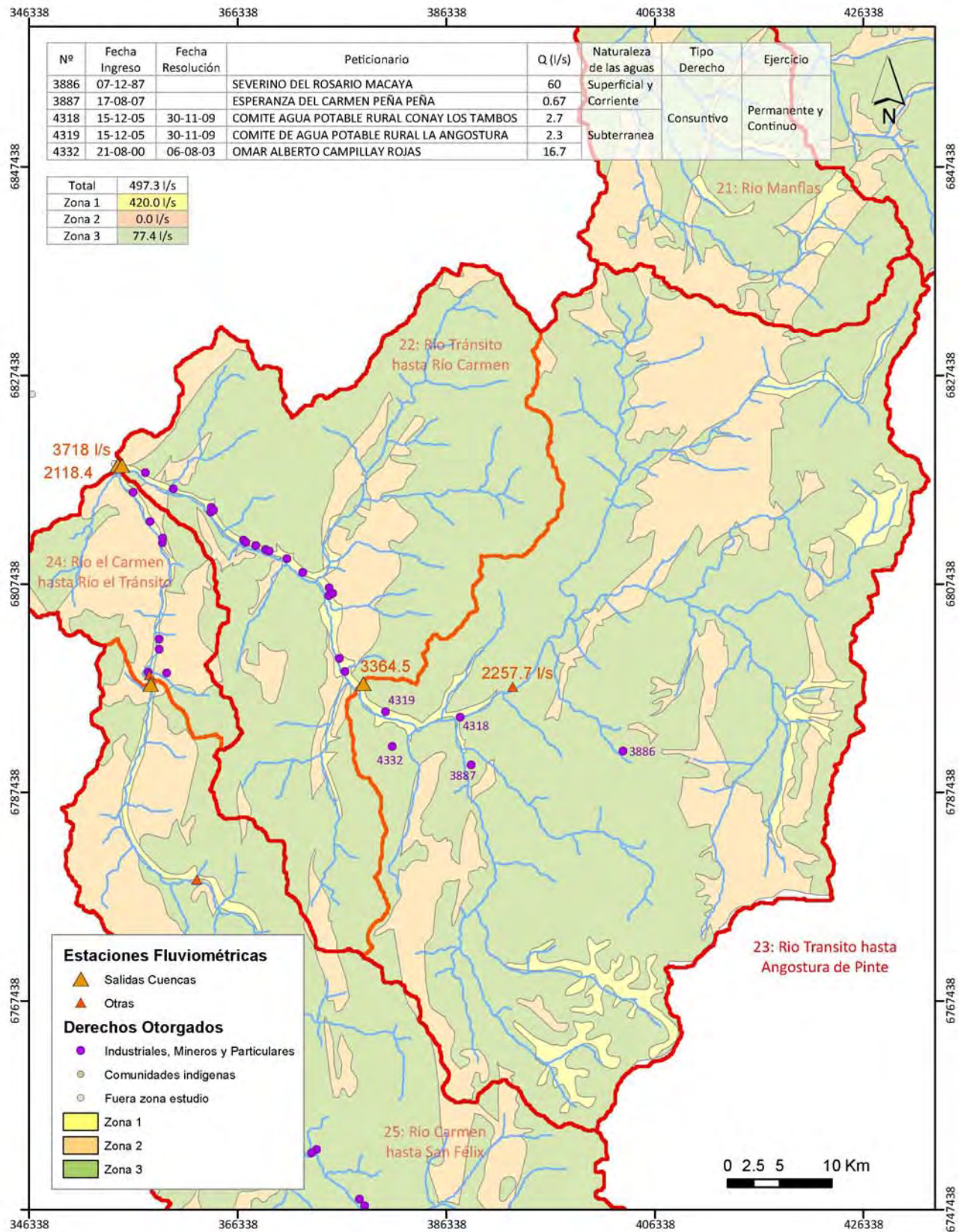


Figura A-24: Intervenciones en Cuenca 24

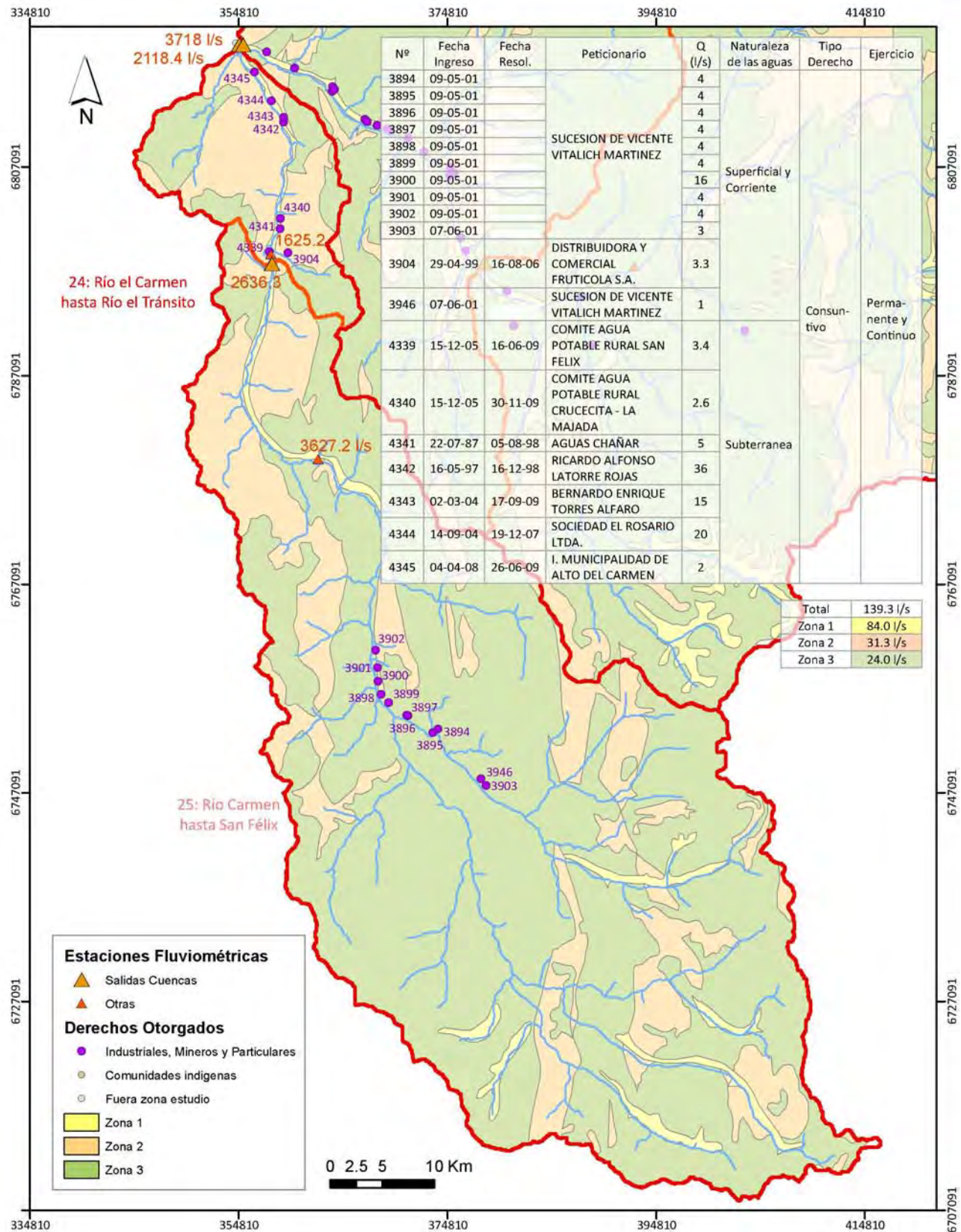
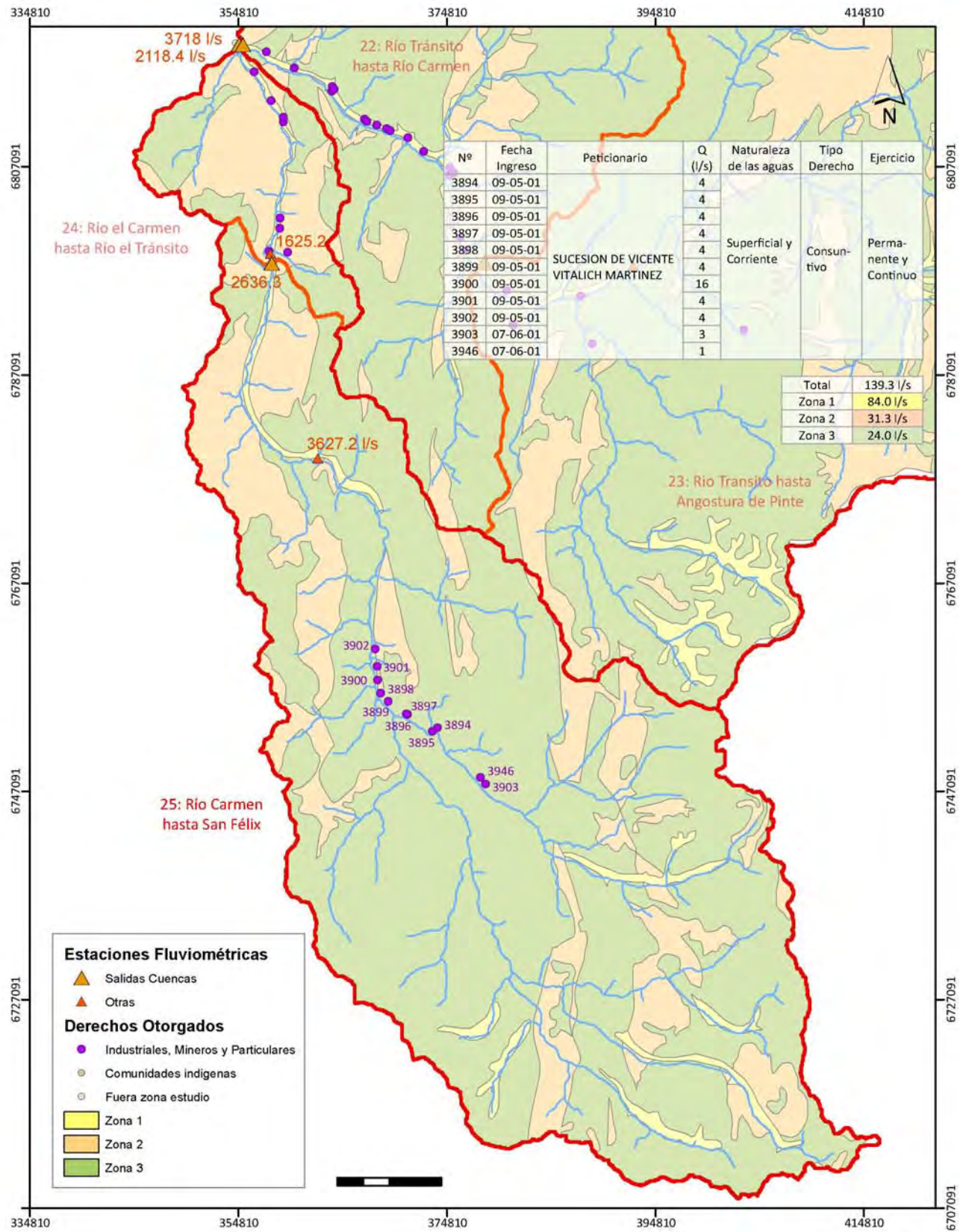


Figura A-25: Intervenciones en Cuenca 25



ANEXO C
ZONAS DE PERMEABILIDAD HOMOGÉNEA
SEGÚN GEOLOGÍA

Figura C-1: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 1

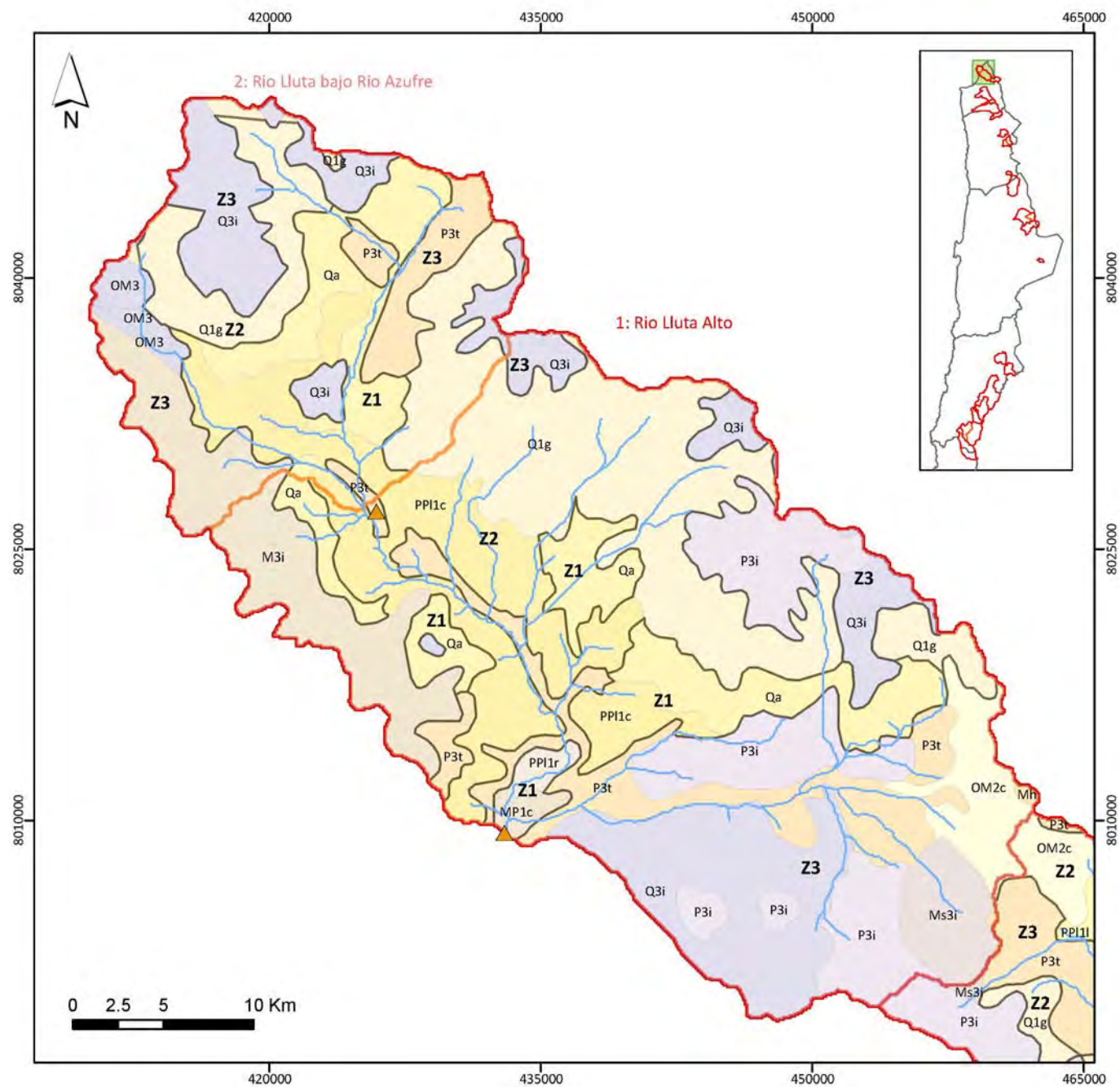


Figura C-2: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 2

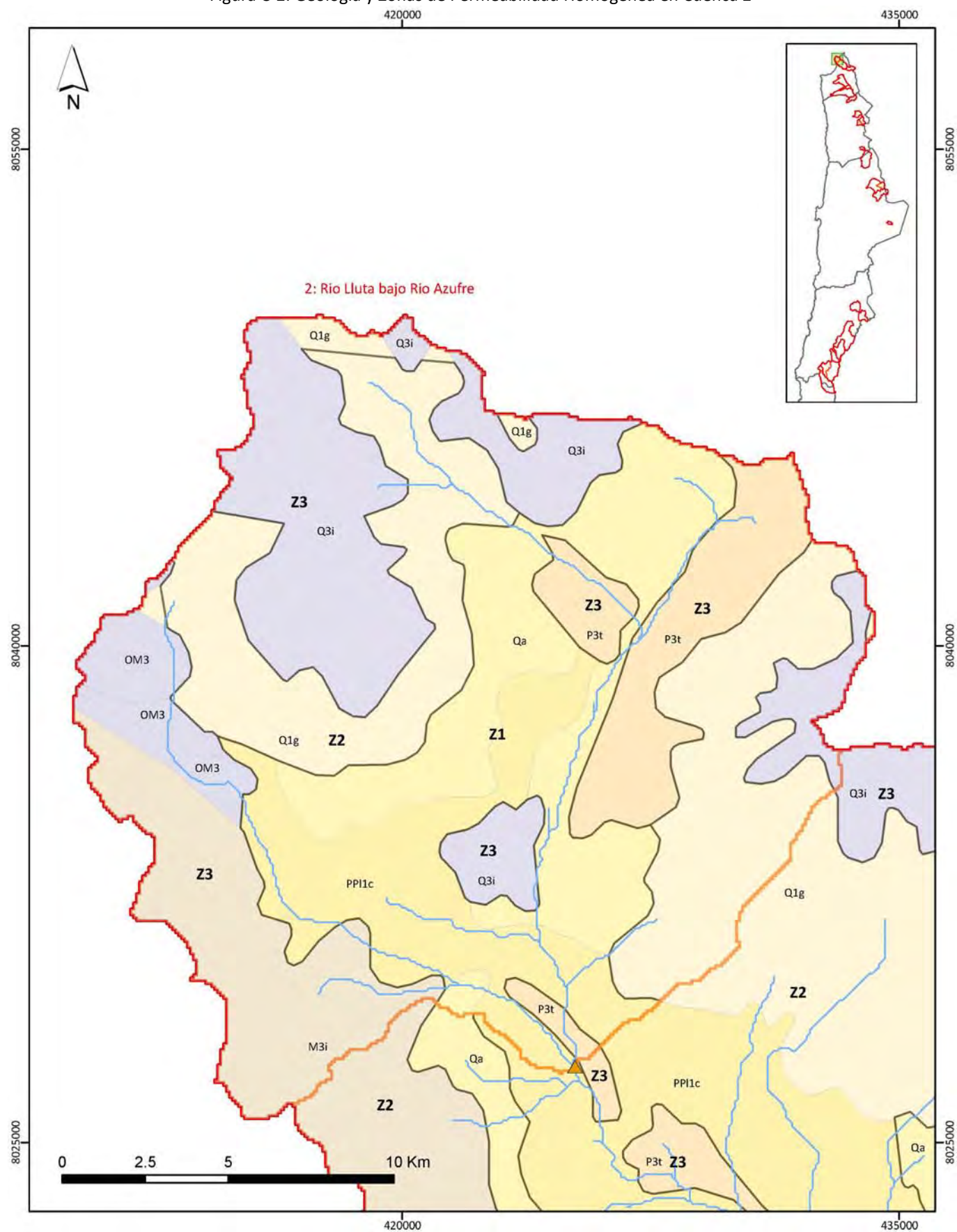


Figura C-3: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 3

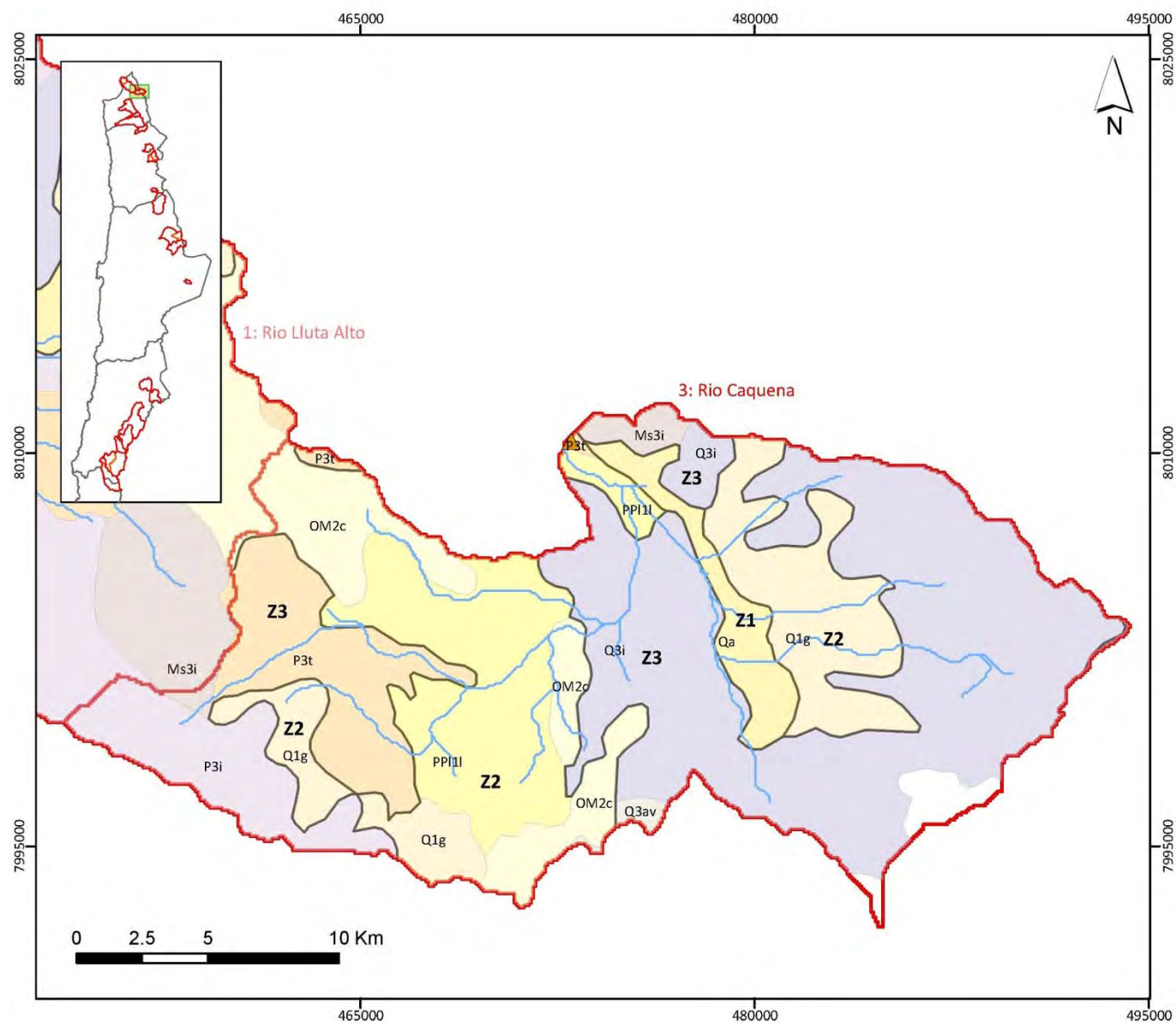


Figura C-4: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 4

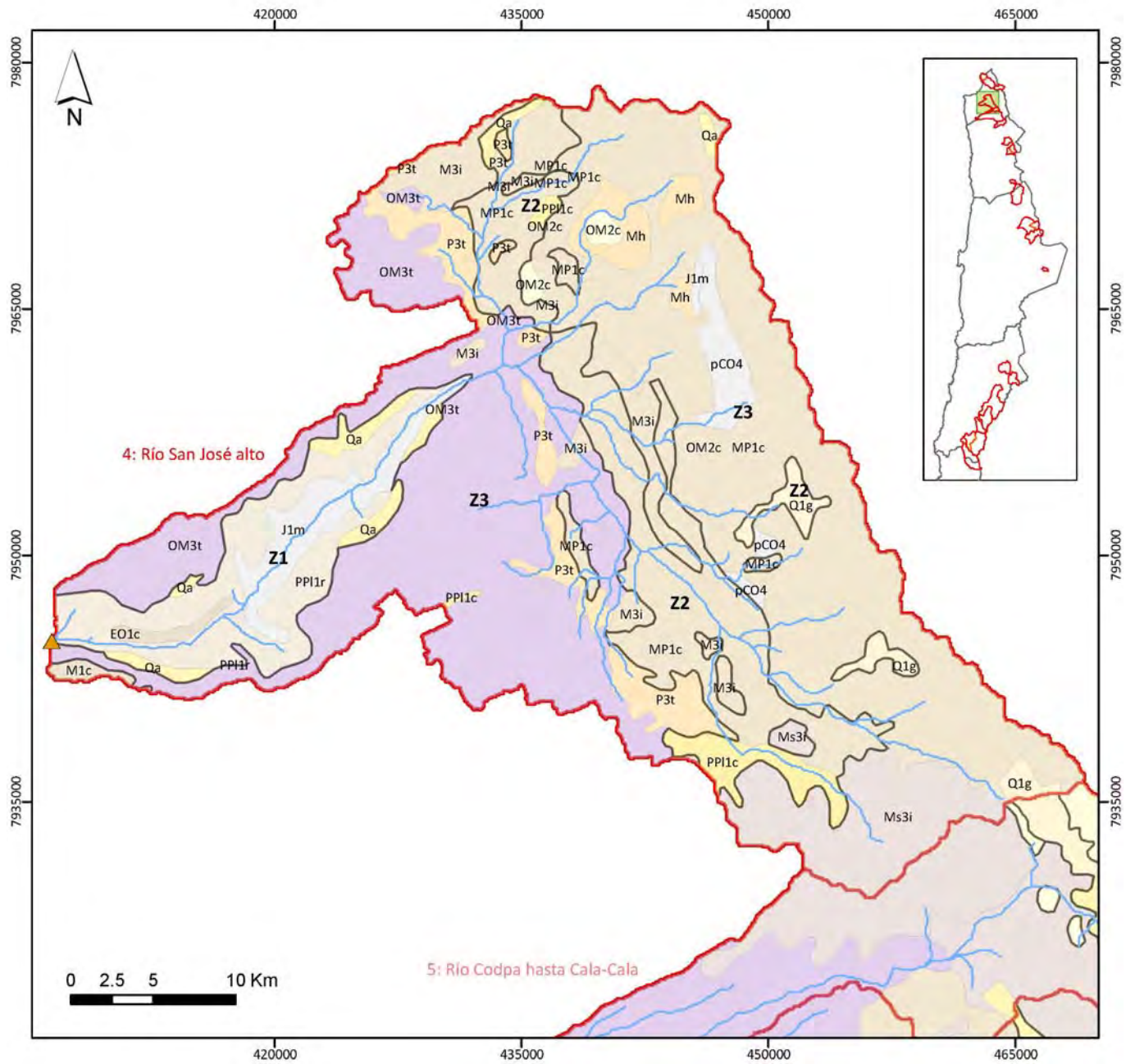


Figura C-5: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 5

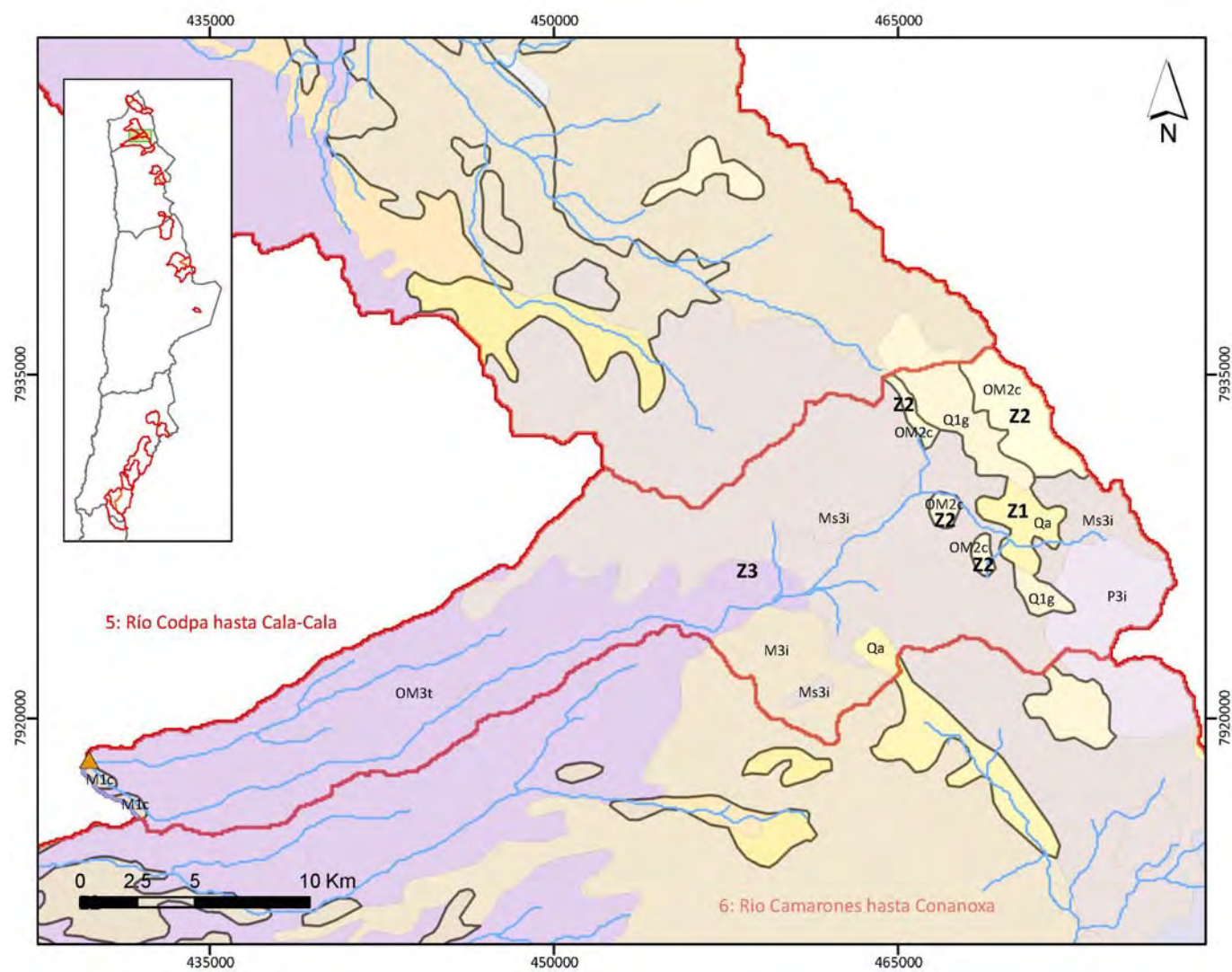


Figura C-6: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 6

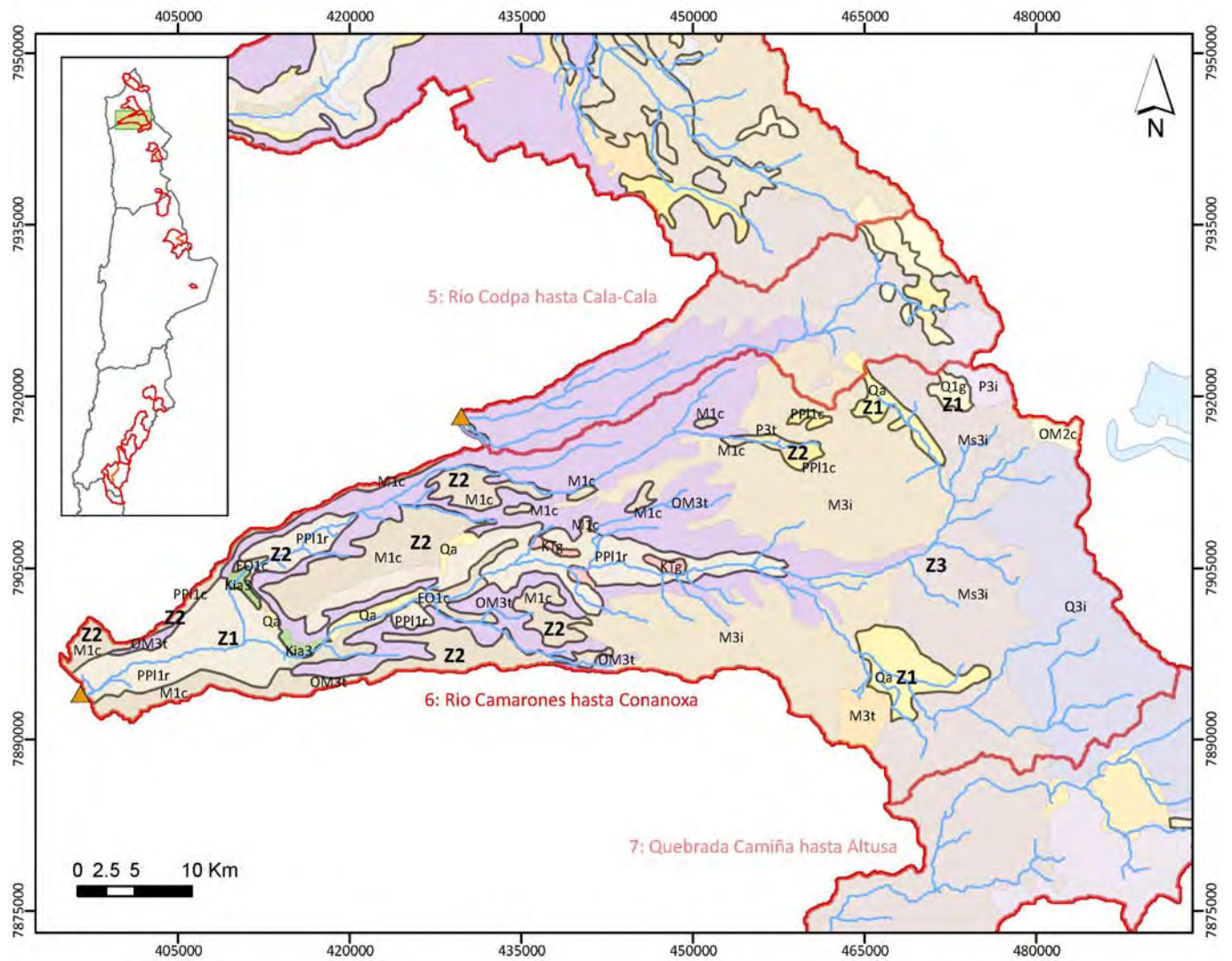


Figura C-7: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 7

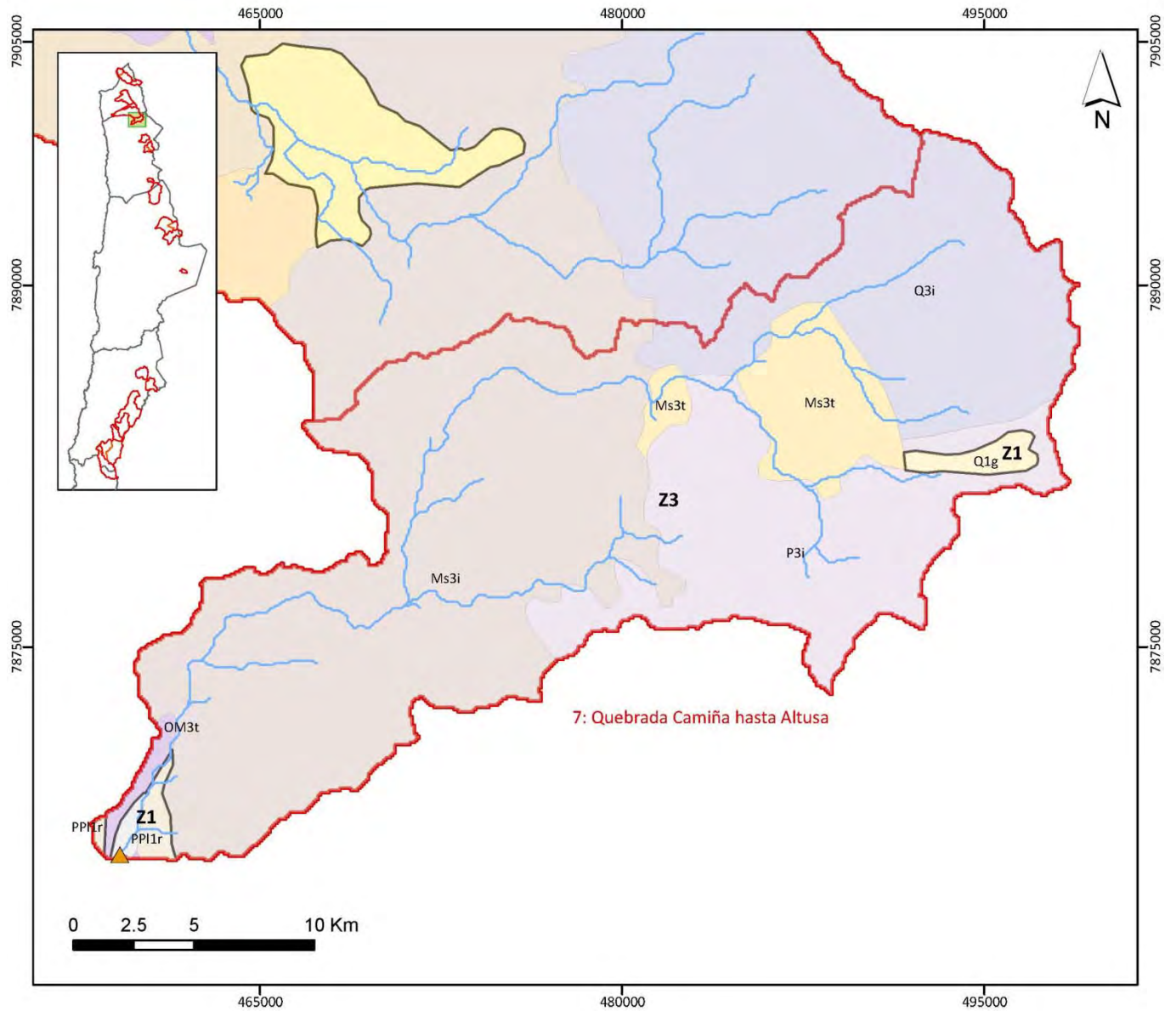


Figura C-8: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 8

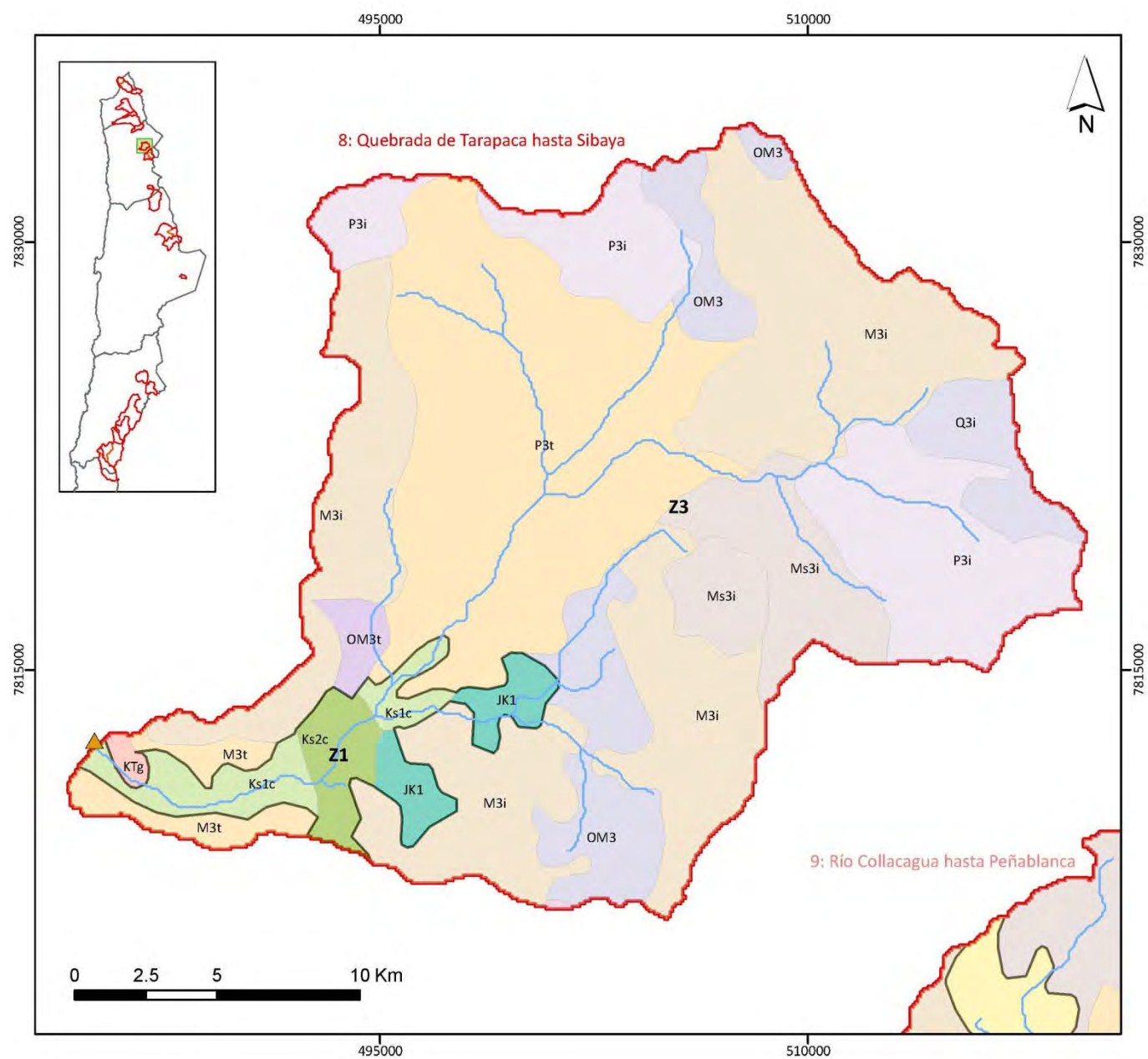


Figura C-9: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 9

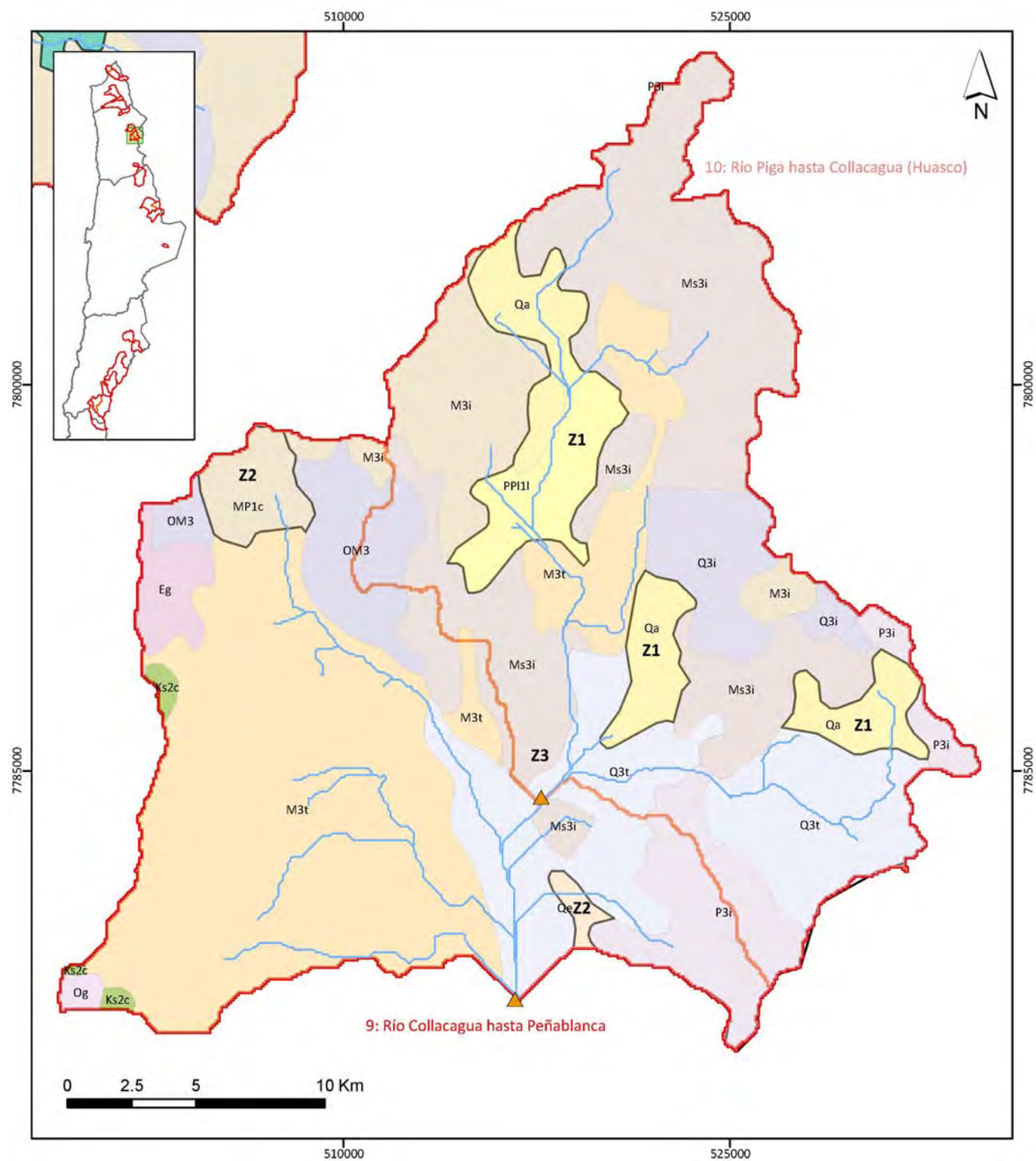


Figura C-10: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 10

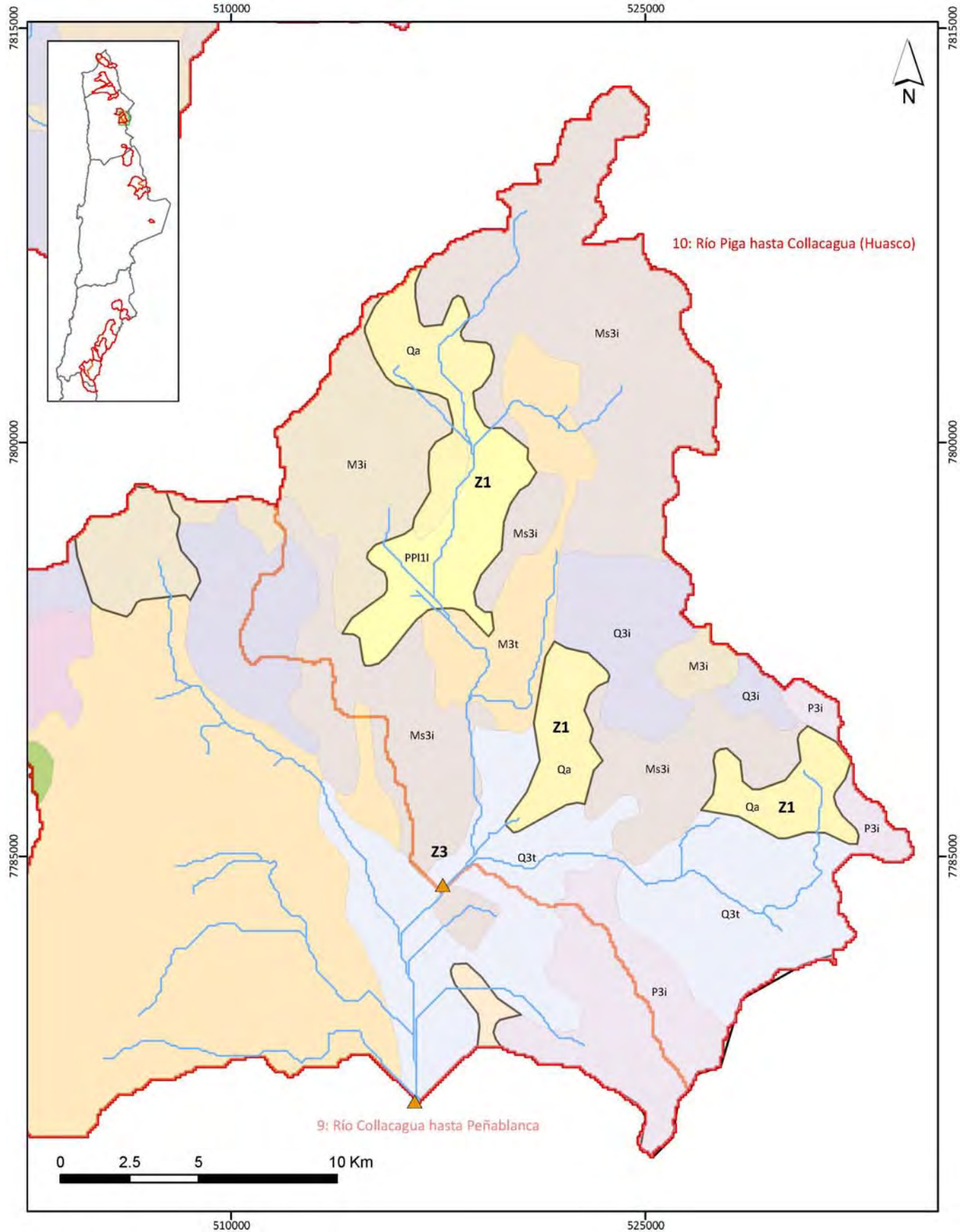


Figura C-11: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 11

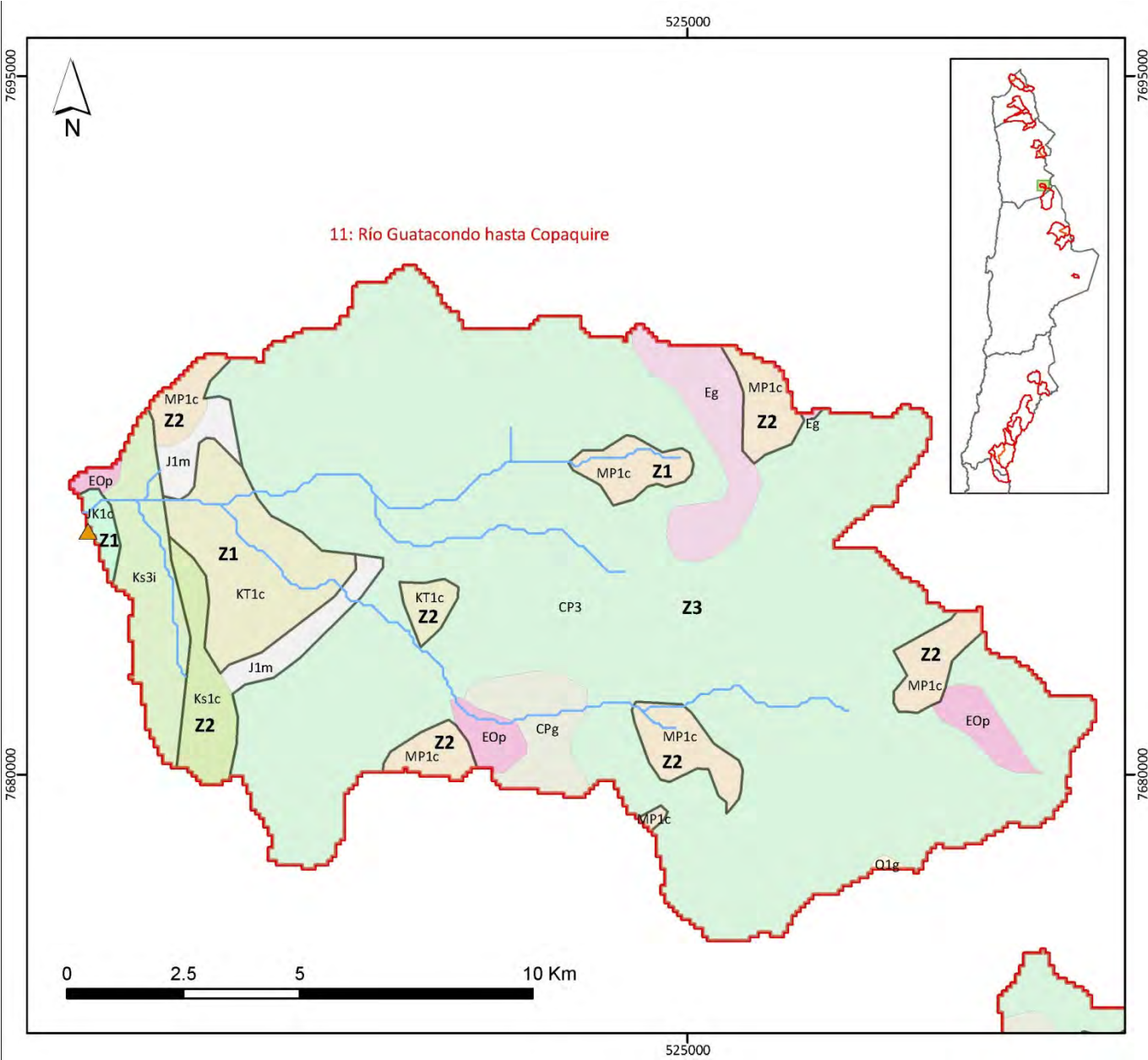


Figura C-13: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 13

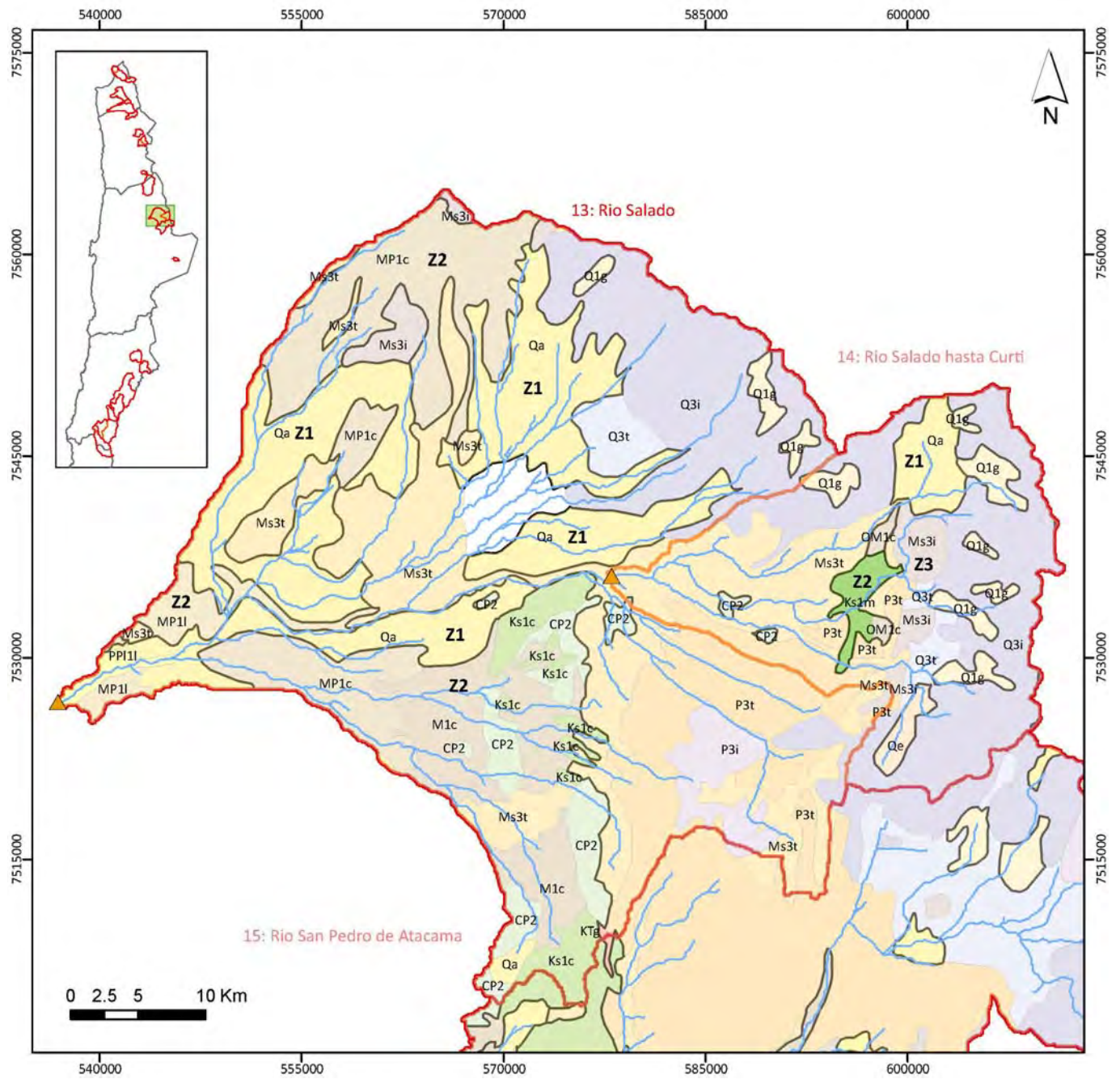


Figura C-24: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 14

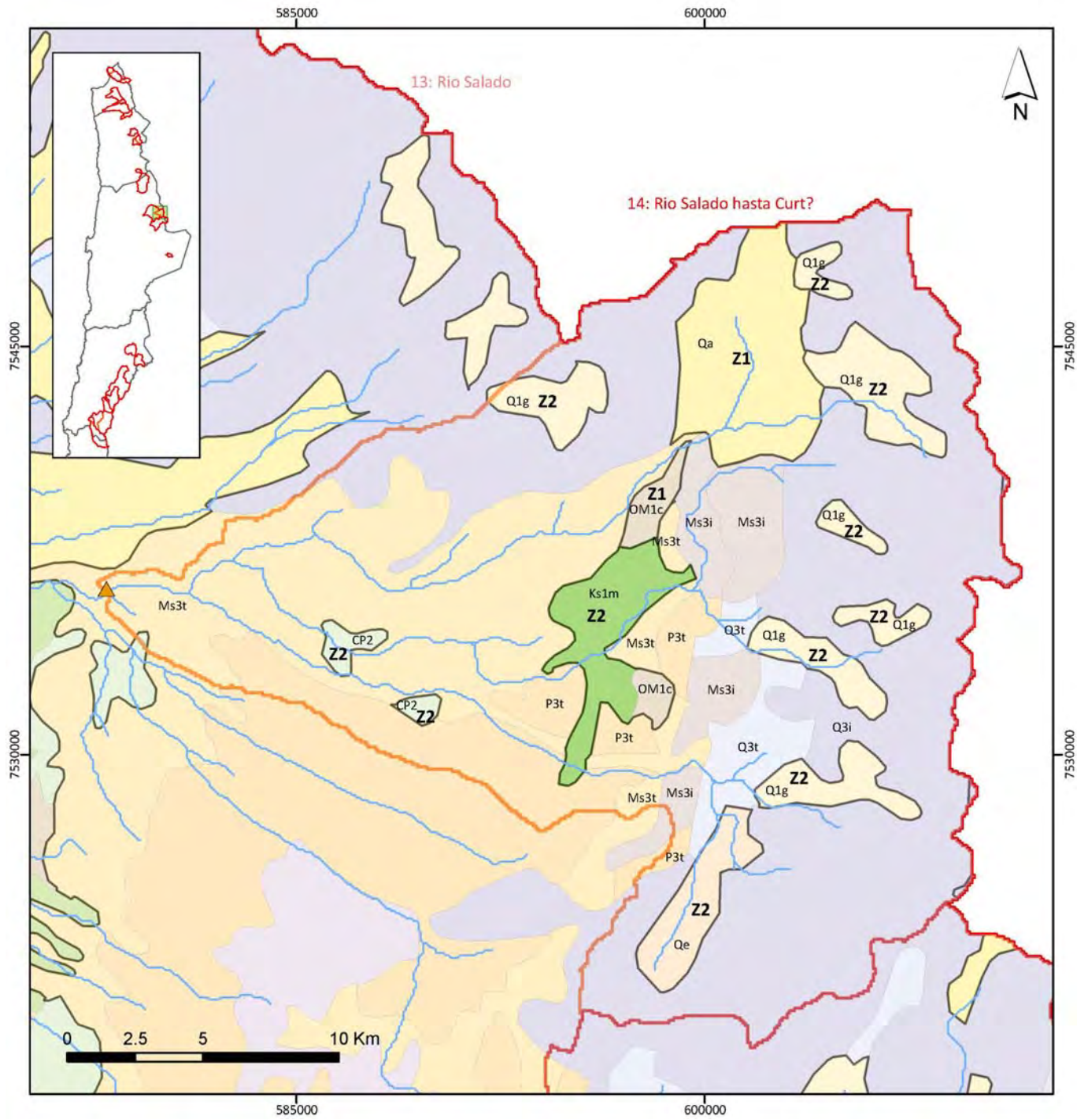


Figura C-15: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 15

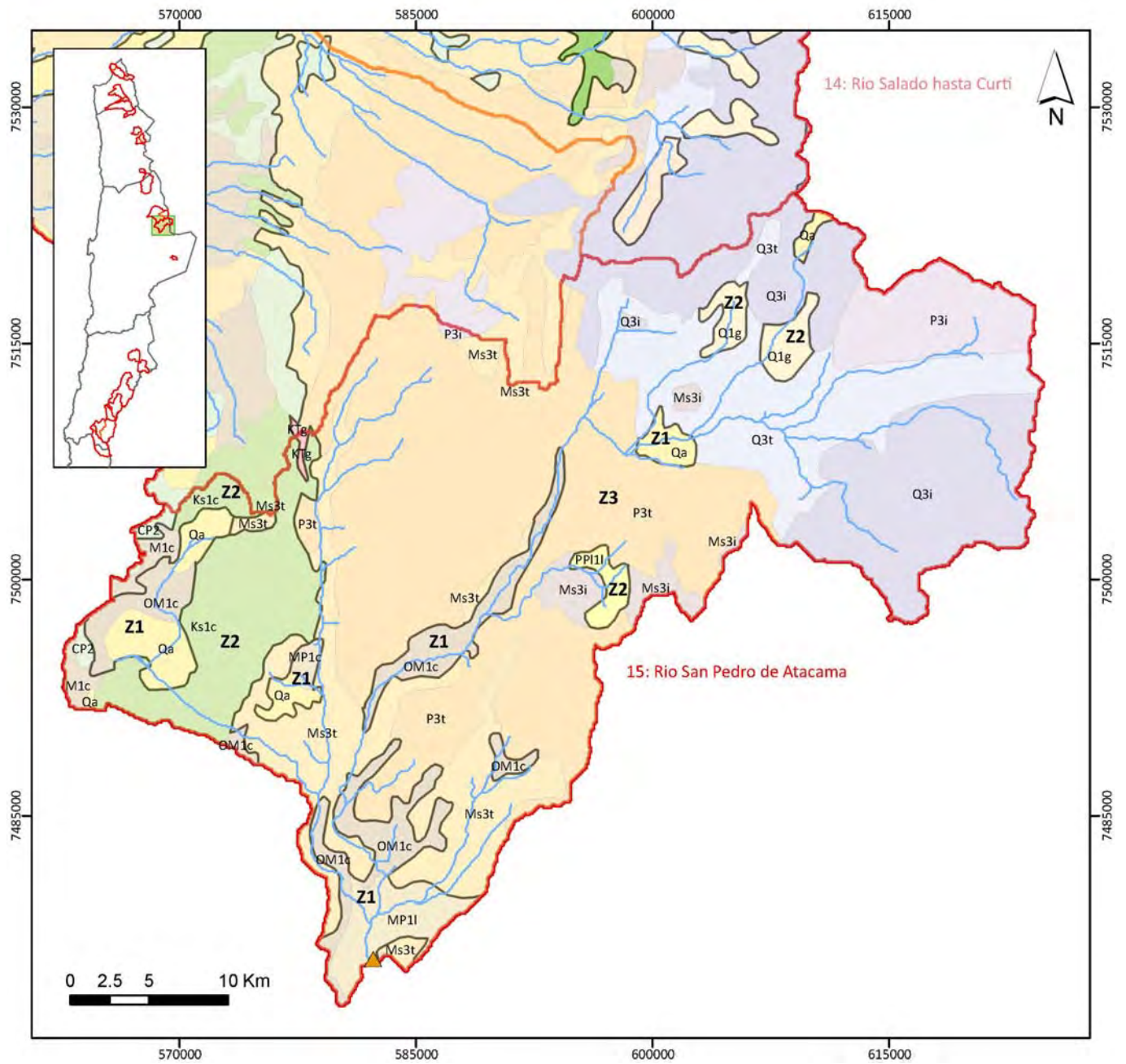
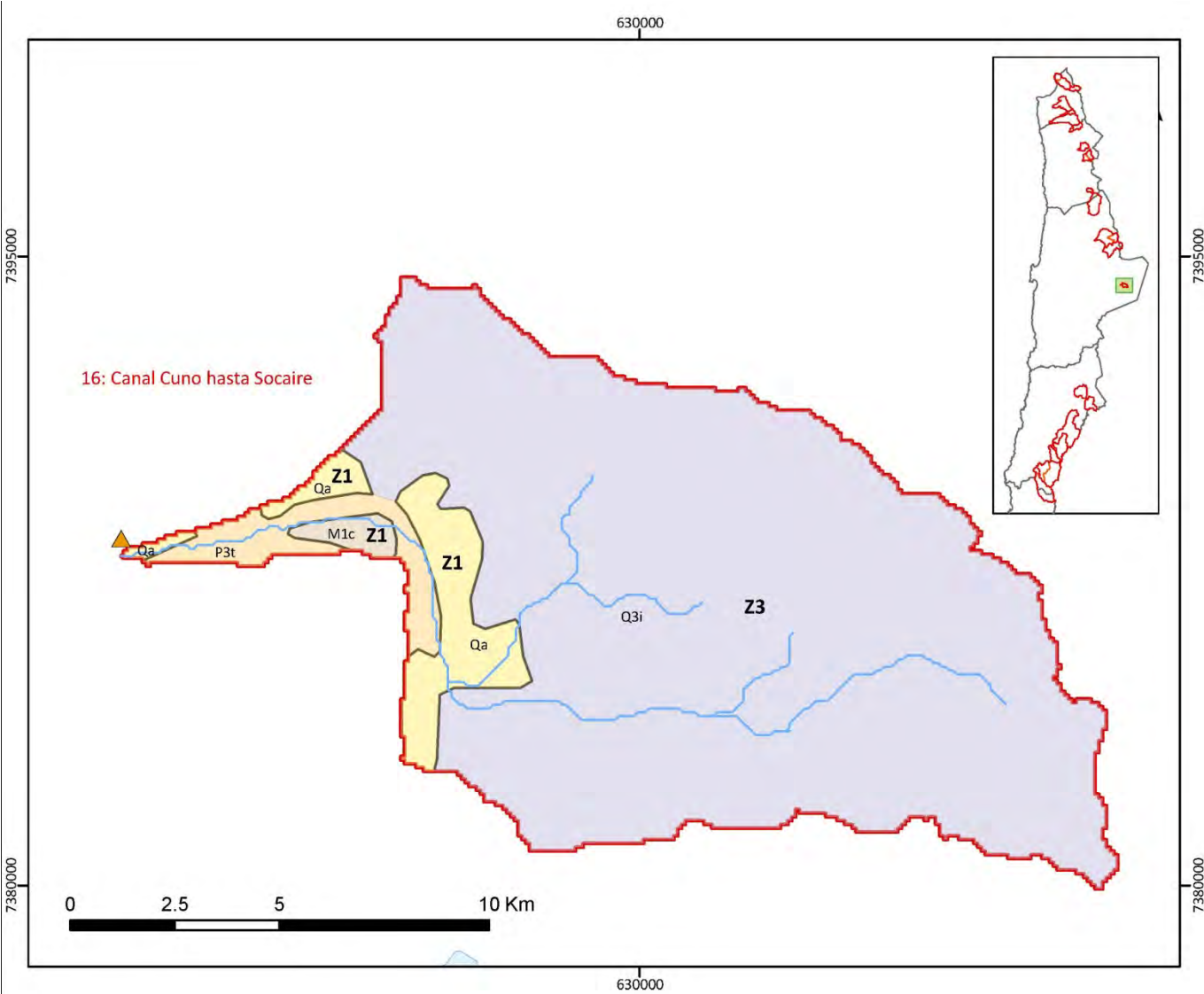


Figura C-16: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 16



480000	495000	510000
--------	--------	--------



Figura C-18: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 18

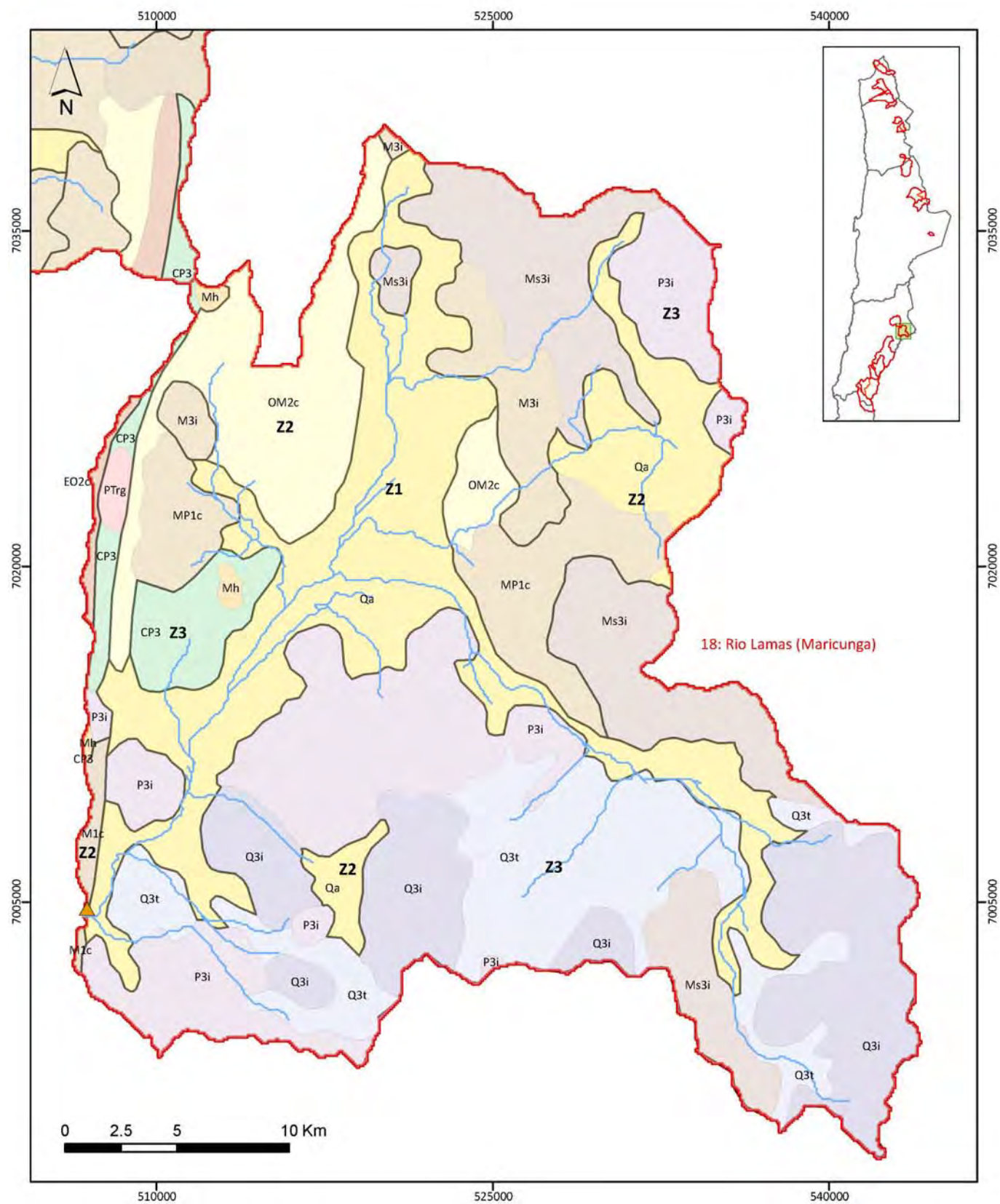
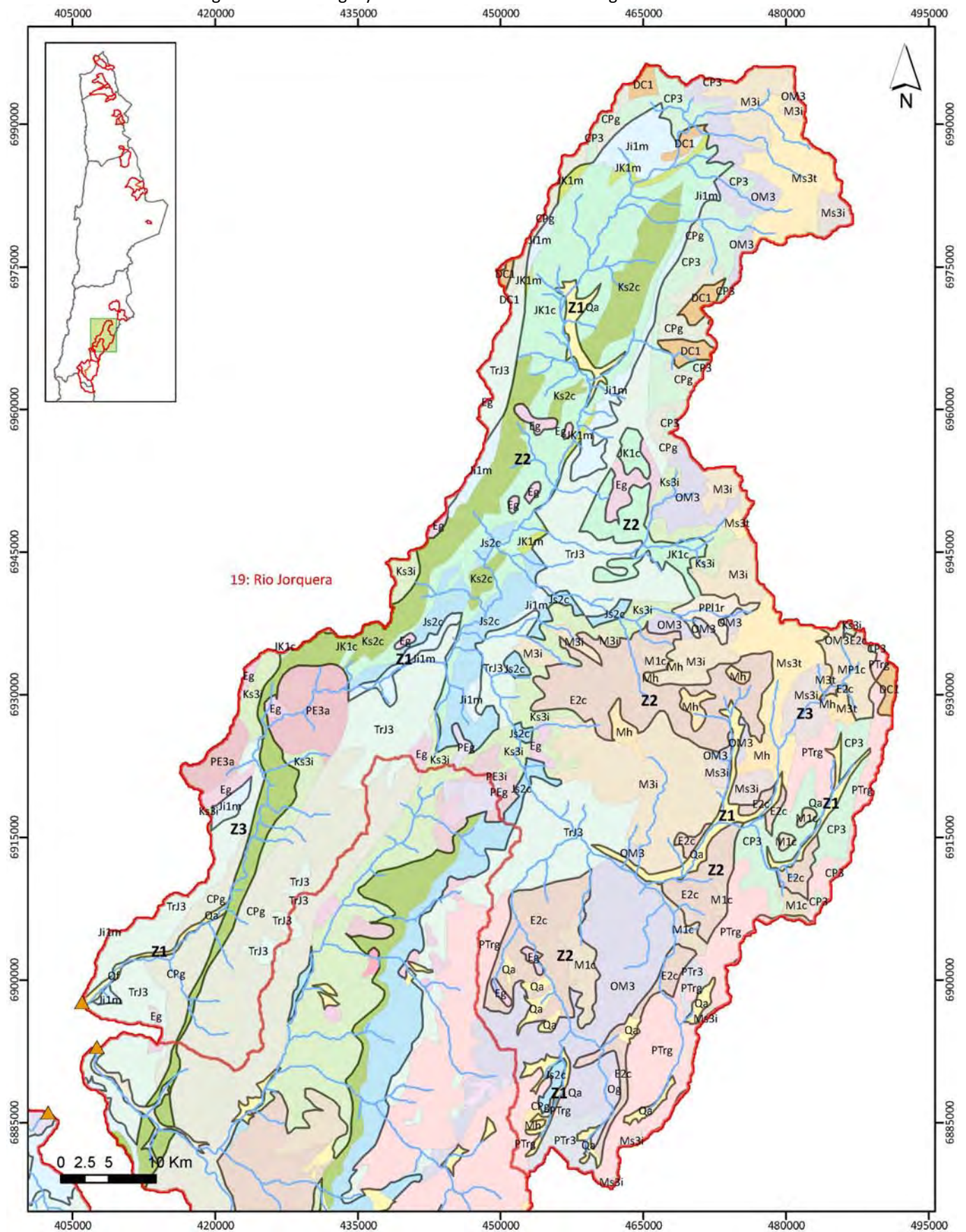


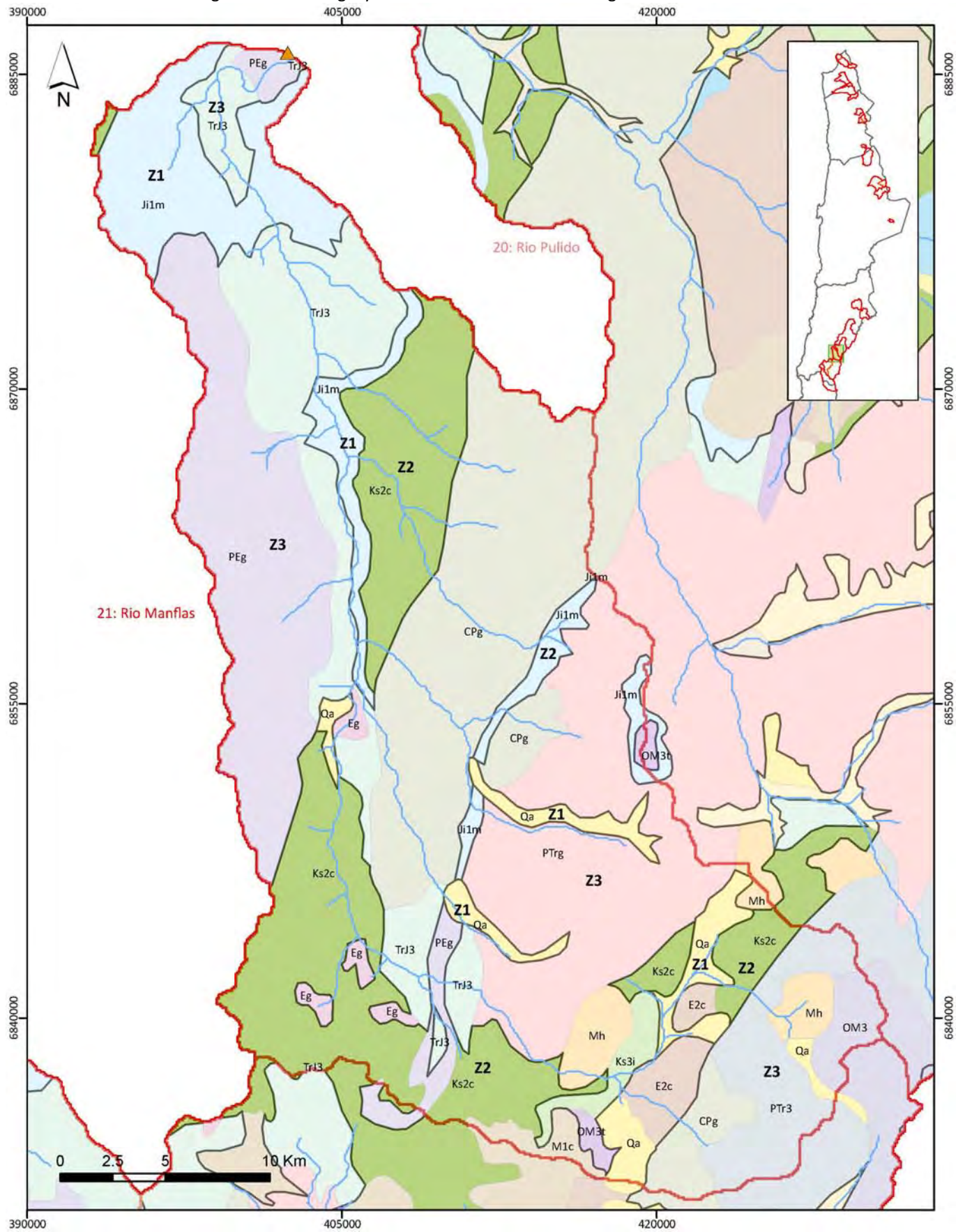
Figura C-19: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 19



The map displays a complex geological landscape with several distinct units. Key features include:

- Geological Units:** Labeled with codes such as TrJ3, Eg, PE3i, Ks2c, Qa, M1c, J1m, OM3t, PTr3, and OM3. These units are color-coded: light green for TrJ3, pink for Eg, light blue for PE3i, dark green for Ks2c, yellow for Qa, light brown for M1c, light blue for J1m, light purple for OM3t, light blue for PTr3, and light purple for OM3.
- Topography:** Indicated by brown contour lines and shaded relief.
- Water Features:** Blue lines representing rivers and streams, including the Rio Pulido.
- Scale and Orientation:** A scale bar at the bottom left shows distances from 0 to 10 km. A north arrow is located in the top right corner.
- Inset Map:** A small map in the top left corner shows the location of the study area within the province of Rio Negro, Argentina.
- Coordinates:** The map is bounded by Easting coordinates 405000 to 465000 and Northing coordinates 6840000 to 6915000.

Figura C-21: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 21



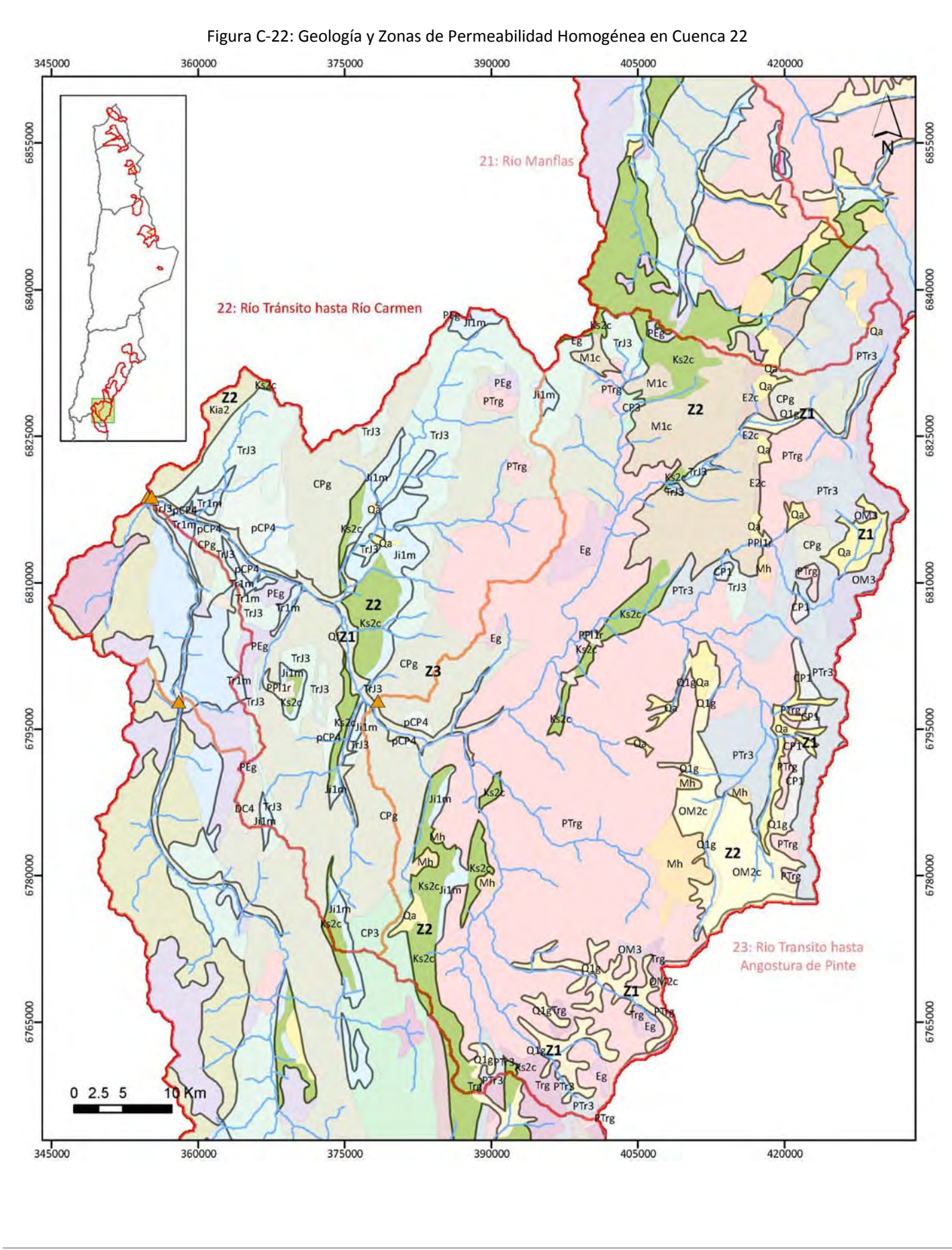
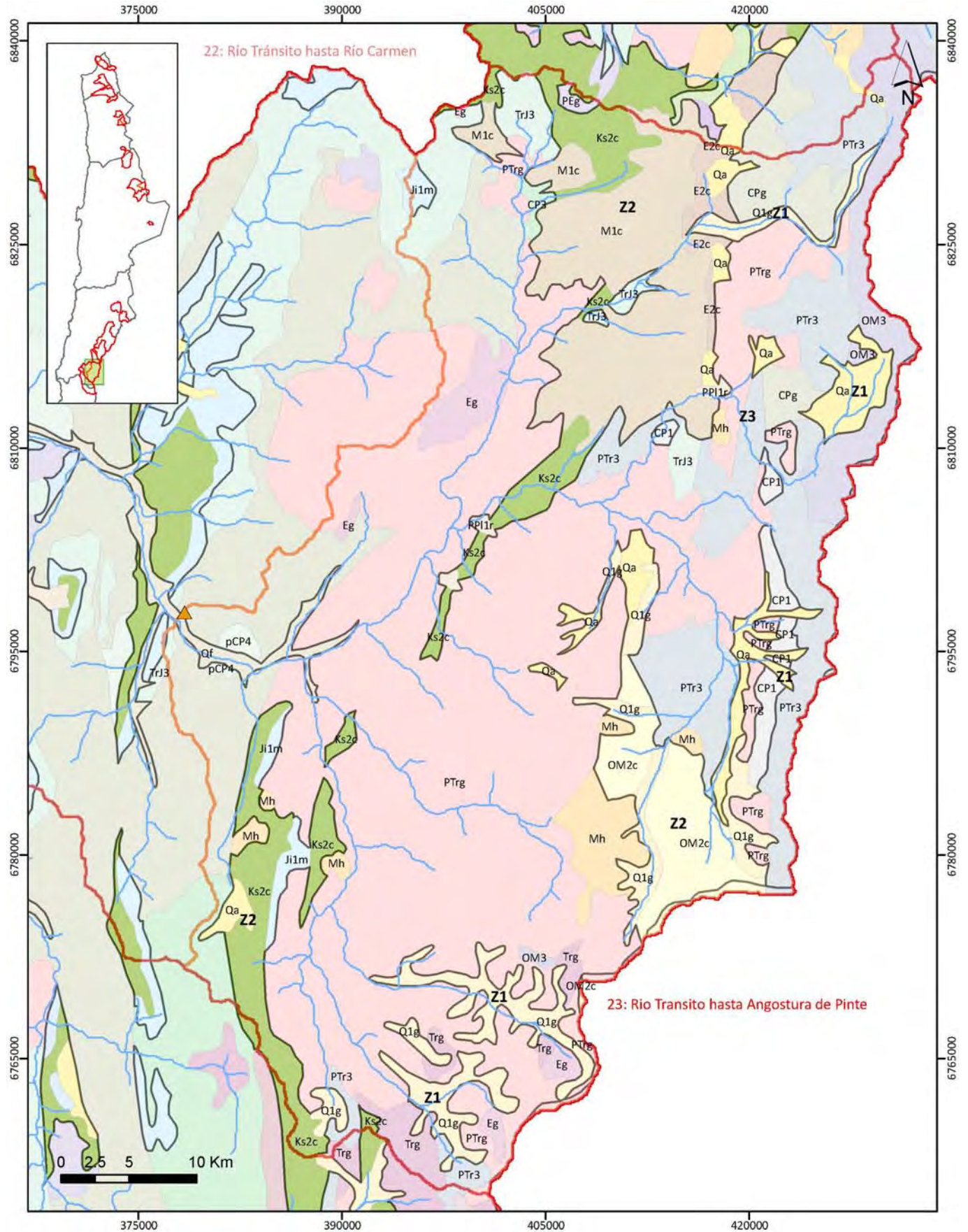


Figura C-23: Geología y Zonas de Permeabilidad Homogénea en Cuenca 23



360000 375000 390000 405000

