

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**ANÁLISIS DEL COMPONENTE HÍDRICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA
DEL CORREDOR BIOLÓGICO NEVADOS DE CHILLÁN – LAGUNA
DEL LAJA**

JAVIERA FERNANDA MOLINA CANTO

HABILITACIÓN PROFESIONAL
PRESENTADA A LA FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN,
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL

CHILLÁN – CHILE

2024

**ANÁLISIS DEL COMPONENTE HÍDRICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA
DEL CORREDOR BIOLÓGICO NEVADOS DE CHILLÁN – LAGUNA
DEL LAJA**

Aprobado por:

José Luis Arumí Ribera

Ingeniero Civil, Ph. D.

Profesor Titular

Profesor Guía

Nicole Uslar Valle

Ingeniero Civil Agrícola, Ph. D.

Profesora Asistente

Profesor Asesor

Jerónimo Paredes Cáceres

Licenciado en Matemática, Dr.

Profesor Asociado

Profesor Asesor

José Luis Arumí Ribera

Ingeniero Civil, Ph. D.

Profesor Titular

Director de Departamento

María Eugenia González Rodríguez

Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

Profesora Asociada

Decana

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
RESUMEN.....	1
SUMMARY	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 ANTECEDENTES GENERALES	5
3.1 Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.....	5
3.2 Zona de estudio.....	6
3.3 Red hidrográfica de la zona.....	6
4. METODOLOGÍA	9
4.1 Curvas de variación estacional y probabilidad de excedencia	9
4.2 Análisis de series de caudal específico	10
5. RESULTADOS Y ANALISIS	11
5.1 Régimen hídrico	11
5.2 Análisis de series de caudal específico.....	19
6. CONCLUSIÓN	20
7. BIBLIOGRAFÍA	21

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Descripción de cuencas en estudio	6

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Red hidrográfica y cuencas del área de estudio.....	8
Figura 2. Curva de variación estacional del Río Diguillin en San Lorenzo, con distintas probabilidades de excedencia.....	11
Figura 3. Curva de variación estacional del Río Renegado en Invernada, con distintas probabilidades de excedencia.....	12
Figura 4. Curva de variación estacional del Río Chillán en Esperanza N2, con distintas probabilidades de excedencia.....	13
Figura 5. Curva de variación estacional del Río Ñuble en la Punilla, con distintas probabilidades de excedencia.	14
Figura 6. Curva de variación estacional del Río Sauces antes junta con Ñuble, con distintas probabilidades de excedencia.	15
Figura 7. Curva de variación estacional del Río Polcura En Cuatro Junta, con distintas probabilidades de excedencia.....	16
Figura 8. Curva de variación estacional del Río Ñuble En San Fabian, con distintas probabilidades de excedencia.	17
Figura 9. Curva de variación estacional del Río Niblinto Antes Canal Alimentador Emb. Coihueco, con distintas probabilidades de excedencia.....	18
Figura 10. Caudal específico medio mensual, para los 8 ríos de la zona de estudio	19

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Página
Ecuación 1. Probabilidad de excedencia	9
Ecuación 2. Caudal Específico	10

**ANÁLISIS DEL COMPONENTE HÍDRICO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA
DEL CORREDOR BIOLÓGICO NEVADOS DE CHILLÁN – LAGUNA
DEL LAJA**

ANALYSIS OF THE WATER COMPONENT IN THE INFLUENCE AREA OF
THE NEVADOS DE CHILLÁN - LAGUNA DEL LAJA
BIOLOGICAL CORRIDOR

Palabras clave: Caudal, régimen hídrico, comparación.

RESUMEN

Este trabajo aborda el estudio hidrológico de las cuencas que abarcan la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, en un periodo desde el año 1990 hasta el 2019. Se evalúa el comportamiento del recurso en las cuencas identificadas y se comparan los caudales de los ríos asociados, calculando el caudal específico para cada uno de ellos. También se caracterizó la red hidrográfica utilizando información de instituciones nacionales como lo son la BCN, DGA y CAMELS. Con esta investigación se buscó comprender mejor la dinámica del agua en las cuencas, lo que es fundamental para gestionar de manera sostenible el recurso hídrico y tomar decisiones acertadas en los diferentes sectores en los que se aprovecha.

**ANALYSIS OF THE WATER COMPONENT IN THE INFLUENCE AREA OF
THE NEVADOS DE CHILLÁN - LAGUNA DEL LAJA
BIOLOGICAL CORRIDOR**

Keywords: Flow, water regime, comparison.

SUMMARY

This study examines the hydrological survey of the watersheds that impact the Nevados de Chillán - Laguna del Laja Biological Corridor Biosphere Reserve from 1990 to 2019. The behavior of the resource in the identified basins is evaluated and the flows of the associated rivers are compared, calculating the specific discharge for each one. The hydrographic network is characterized using data from national institutions such as BCN, DGA, and CAMELS. The primary objective of this research is to enhance the understanding of water dynamics in the basins, which is crucial for sustainable water resource management and informed decision-making across various sectors.

1. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua es un desafío global de gran envergadura que se está agravando debido a factores como el cambio climático y el crecimiento poblacional. Este fenómeno afecta no sólo a las comunidades humanas, sino que también tiene un profundo impacto en la biodiversidad y en la salud de nuestros ecosistemas.

Los corredores biológicos, como la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja, son particularmente susceptibles a estas perturbaciones hídricas. La salud y la sostenibilidad de estos corredores dependen en gran medida del equilibrio hídrico de la región, lo que enfatiza la importancia de estudiar y comprender estos sistemas.

En este estudio, enmarcado en el "Programa de Gestión Ambiental Sustentable de la Reserva de Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja", se propone examinar en detalle el componente hídrico de las cuencas que comprenden esta reserva.

Se caracterizó la disponibilidad de agua en la zona a través de la determinación de la red hidrográfica, la evaluación del régimen hídrico y la recopilación de información sobre los caudales de los principales ríos de dicha reserva en el período 1990-2019.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar la hidrografía de los diferentes ríos que drenan la zona de influencia de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la red hidrográfica en la zona de influencia de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, identificando los principales ríos y cuencas que contribuyen al balance hídrico de la reserva.
- Evaluar el régimen hídrico en las cuencas identificadas, recopilando información sobre caudales históricos.
- Comparar el caudal entre los diferentes ríos dentro de la reserva, y calcular el caudal específico para cada uno de ellos, para entender la distribución y disponibilidad de agua.

3 ANTECEDENTES GENERALES

3.1 Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja

Ubicada en la región geográfica delimitada entre los paralelos 36° 21' al norte y 37° 39' de latitud Sur y las longitudes 71° 00' E y 71° 45' Oeste (Moreira-Muñoz, y Troncoso, 2014), la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja emerge como un baluarte de la preservación de la biodiversidad en el marco del programa el Hombre y la Biósfera (MAB) de la UNESCO. El programa, que ha establecido 669 Reservas de la Biósfera en 120 países, incorporó a esta región de Chile en 2011, agregándola a su conjunto de espacios de vital importancia para la conservación y preservación de diversos ecosistemas. Con una superficie de 565.000 hectáreas, esta reserva se presenta como refugio vital para “objetos de conservación” como lo son el huemul, puma, gato colocolo y la güiña en especies de fauna, y en términos de paisaje; el bosque nativo, la estepa altoandina y la red hídrica. (San Martín, 2014)

La reserva Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja se caracteriza por ser una zona de transición vegetacional de enorme relevancia (Moreira-Muñoz, y Troncoso, 2014), donde convergen los ecosistemas del bosque esclerófilo de la zona central y del bosque templado austral.

3.2 Zona de estudio

Este estudio se centra en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, y específicamente en las cuencas que la conforman, en la región de Ñuble, las que se describen en la siguiente tabla y se presentan en la figura 1.

Tabla 1. Descripción de cuencas en estudio

Cuenca	Área (km ²)	Pp (mm)	Cota máx. (msnm)	Cota media (msnm)	Cota min (msnm)
Río Sauces antes Junta con Ñuble	606,7	1886	2669	1683	683
Río Ñuble en La Punilla	1254,3	1921	3189	1696	645
Río Chillan en Esperanza N2	167,4	2491	3191	1412	576
Río Renegado en Invernada	128,6	2533	3186	1614	814
Río Diguillín en San Lorenzo (Atacalco)	204,4	2400	3176	1511	715
Río Polcura en 4 juntas	235,4	2190	3068	1996	1332
Río Niblinto antes de tranque Coihueco	162	2297	2328	1157	321
Río Ñuble en San Fabián	1657,9	1994	3189	1594	428

3.3 Red hidrográfica de la zona

La región de Ñuble posee sistema hidrológico con una rica red de ríos que recorren su diverso paisaje. Este sistema se organiza en torno al Río Itata, el

principal cauce de la región, que recoge aguas de áreas de la Cordillera de Los Andes, así como de la Precordillera y la Depresión Intermedia. Este río tiene una cuenca de 11293 km², y se forma de los ríos Cholguán y Huépil. Su caudal es mixto, con aportes de deshielo y precipitaciones invernales, y puede variar entre 30 y 67 m³. (BCN, 2023)

La cuenca del Itata comprende tres ríos principales: el propio Itata, el Ñuble y el Diguillín. Entre ellos, el Río Ñuble, que se forma en la alta Cordillera, cuenta con un régimen mixto, con caudales máximos en noviembre, y drena la sección norte de la región en una cuenca de 4774 km². En su recorrido, recibe aportes de varios afluentes, incluyendo los ríos Chillán, Cato y Changaral, que nacen en la cordillera, la precordillera andina y la Depresión Intermedia, respectivamente.

Por otro lado, el Río Diguillín, nace en una pequeña cuenca de la Cordillera y drena la sección centro-sur de la región, recolectando los aportes de otros cursos cordilleranos, como el Río Renegado. Con una cuenca de 1386 km², el Diguillín también incorpora aguas de otras cuencas a través del canal Laja-Diguillín, lo que ha permitido un incremento en los recursos hídricos destinados al riego en la zona. (Uribe, 2020)

Cada uno de estos ríos, ya sea el Río Sauces antes de su unión con el Ñuble, el Río Cato en Puente Cato, el Río Chillán en Esperanza N2, o el Río Itata en Cholguán, todos representan una parte integral del sistema fluvial de la región y contribuyen al caudal y la diversidad del Río Itata. En conjunto, estos ríos

forman una red que soporta una gran variedad de ecosistemas y actividades humanas en la región de Ñuble.

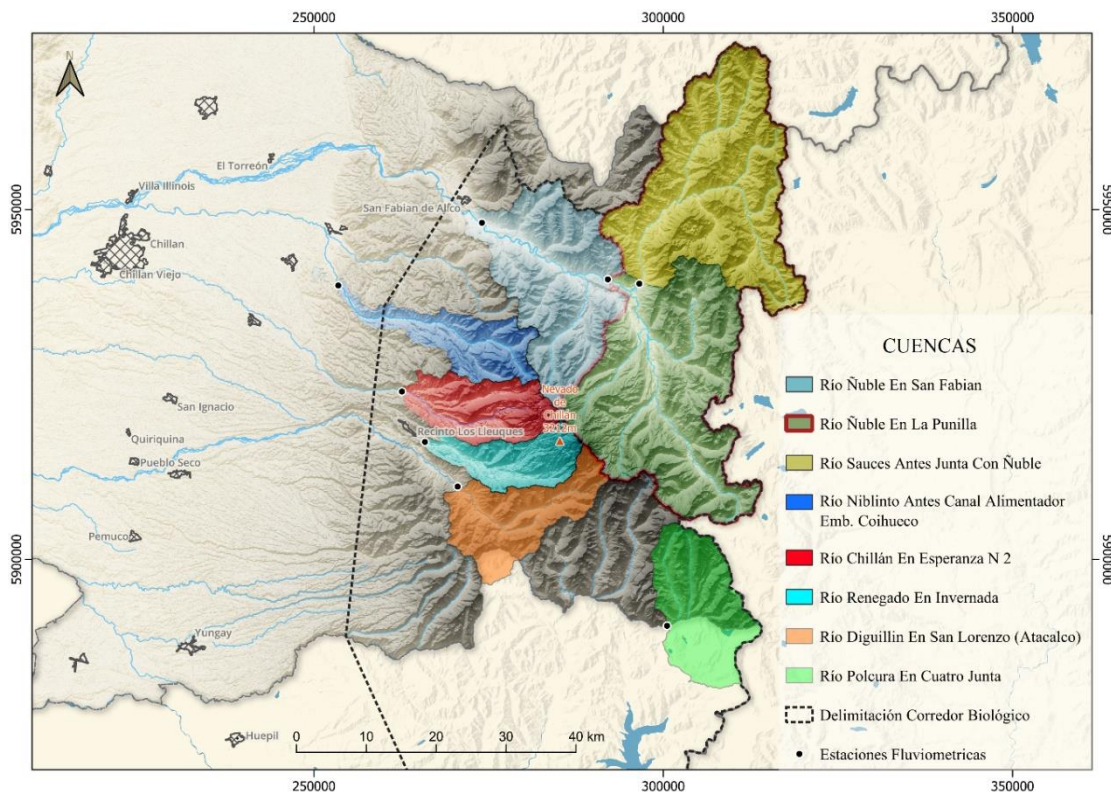


Figura 1. Red hidrográfica y cuencas del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

4. METODOLOGÍA

4.1 Curvas de variación estacional y probabilidad de excedencia

Para elaborar las curvas de probabilidad de excedencia de caudales mensuales, se sigue un proceso que comienza con la recolección de datos de caudal desde 1990 hasta 2019.

Se calculó la media de los logaritmos de los datos de caudal (μ) y la desviación estándar de los logaritmos de los datos (σ), en la distribución log-normal. Estos parámetros se utilizan para estimar las probabilidades de excedencia mediante la fórmula:

$$P_{\text{excedencia}} = \exp(\text{norm.ppf}(1 - p, \mu = \mu, \sigma = \sigma)) \quad [1]$$

donde:

p = probabilidad deseada de excedencia (0,25, 0,50, 0,75),

μ = media (μ),

σ = desviación estándar (σ).

La función `norm.ppf` invierte la acumulación de probabilidades para encontrar el valor crítico correspondiente. Se asignó una probabilidad, en este caso de 0.25, 0.50 y 0.75 e indicó dónde encontrar el valor correspondiente en una distribución normal. Esto es útil para entender y facilitar el análisis de los datos.

Este método proporciona una herramienta para calcular probabilidades de excedencia, siendo fundamental para evaluar riesgos asociados a eventos

extremos como inundaciones, facilitando la planificación de recursos hídricos y la toma de decisiones.

4.2 Análisis de series de caudal específico

El caudal específico consiste en el caudal dividido por área de la cuenca aportante y por un índice de precipitaciones, siendo este la precipitación media anual de la cuenca. Dicho análisis generalmente se utiliza para comparar el comportamiento de los caudales con cuencas de distinto tamaño sin que el área de esta afecte en el resultado.

$$Q_{esp} = \frac{Q}{A * P} \quad [2]$$

donde

Q_{esp} = Caudal específico ($m^3 s^{-1} km^{-2} mm^{-1} año$)

Q = Caudal medio mensual ($m^3 s^{-1}$)

A = Área de la cuenca (km^2)

P = Índice de precipitación ($mm año^{-1}$)

5. RESULTADOS Y ANALISIS

5.1 Régimen hídrico

Como hemos mencionado anteriormente se analizará el régimen hídrico y las curvas de variación estacional de los 8 principales ríos de la zona.

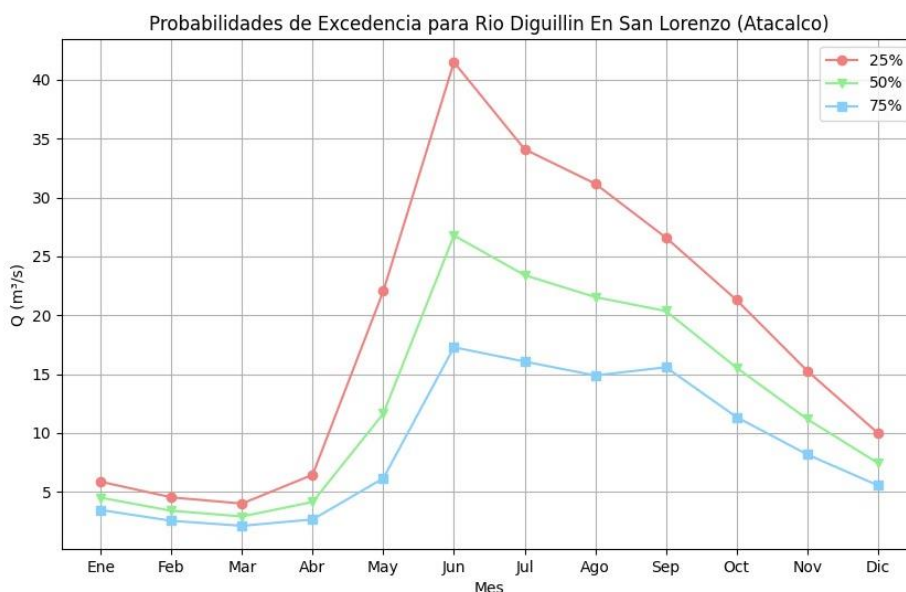


Figura 2. Curva de variación estacional del Río Diguillín en San Lorenzo, con distintas probabilidades de excedencia.

Se observa un régimen pluvial y un pequeño aporte nival, debido a que la curva baja lentamente hasta diciembre tiene un gran aumento de caudal en los meses de mayo y junio, los caudales máximos se concentran entre los meses de junio a julio, con una mediana mínima de $5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y máxima de $26 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

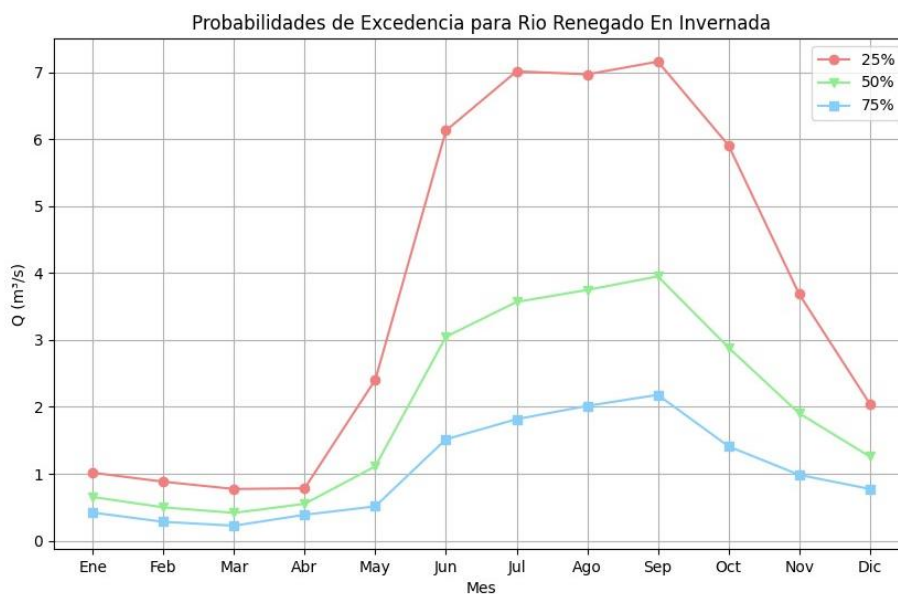


Figura 3. Curva de variación estacional del Río Renegado en Invernada, con distintas probabilidades de excedencia.

Se observa un régimen pluvio-nival, debido a que la curva baja lentamente hasta diciembre. Tiene un aumento de caudal en los meses de mayo y junio, los caudales máximos se concentran entre los meses de junio a octubre, con una mediana mínima de $0,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y máxima de $4,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

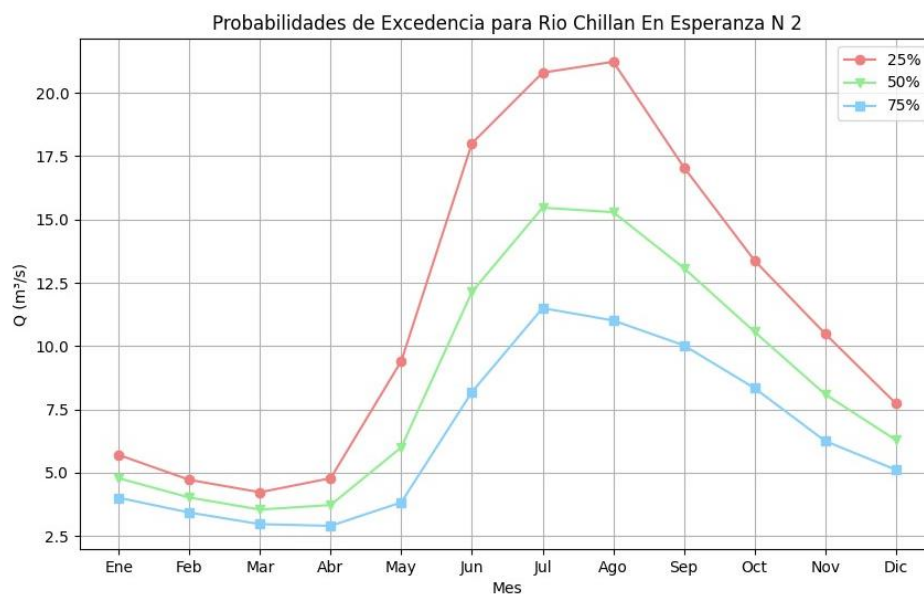


Figura 4. Curva de variación estacional del Río Chillán en Esperanza N2, con distintas probabilidades de excedencia.

Se observa un régimen pluvial, tiene un aumento gradual de caudal en los meses de mayo y junio, los caudales máximos se concentran entre los meses de julio a agosto, con una mediana mínima de $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y máxima de $15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, se observa que en este una notable disminución en el mes de marzo.

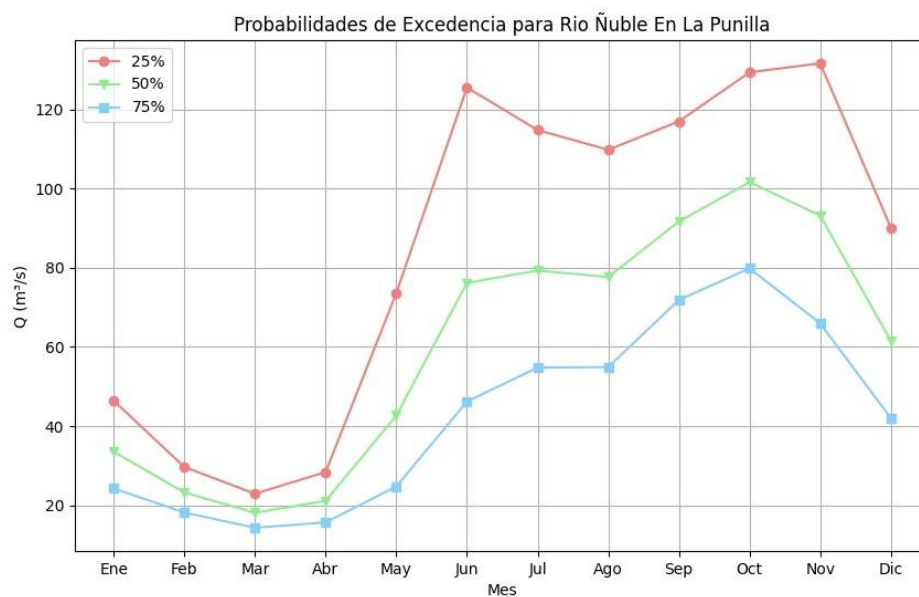


Figura 5. Curva de variación estacional del Río Ñuble en la Punilla, con distintas probabilidades de excedencia.

Se observa un régimen pluvio-nival, con un claro aporte nival en los meses de septiembre a diciembre, tiene un aumento de caudal en los meses de mayo y junio, los caudales máximos se concentran entre los meses de junio a noviembre, con una mediana mínima de $18 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y máxima (pluvial) de $81 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y máxima (nival) de $106 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

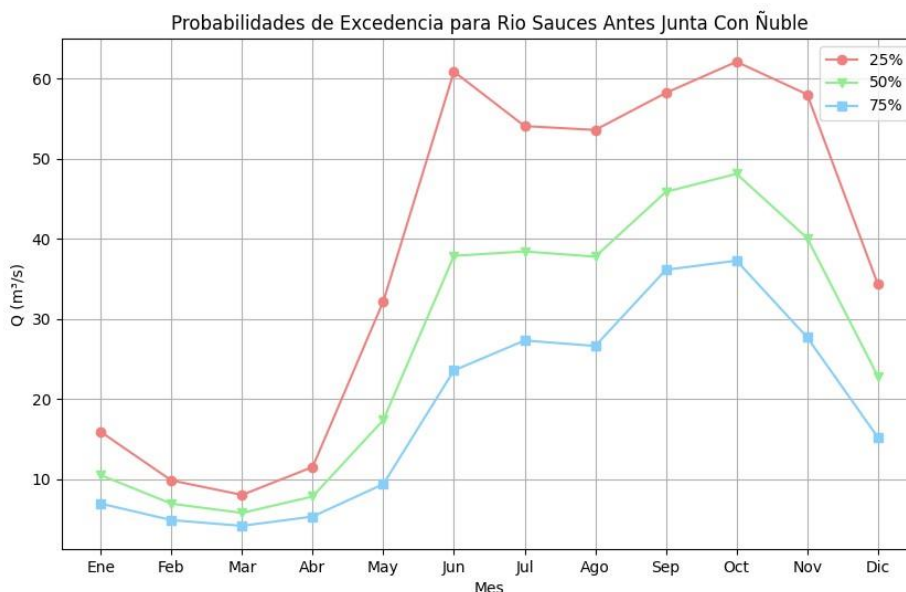


Figura 6. Curva de variación estacional del Río Sauces antes junta con Ñuble, con distintas probabilidades de excedencia.

Se observa un régimen pluvio-nival, con un claro aporte nival en los meses de septiembre a noviembre, tiene un aumento de caudal en los meses de mayo y junio, los caudales máximos se concentran entre los meses de junio a noviembre, con una mediana mínima de $6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y máxima (pluvial) de $40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y máxima (nival) de $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

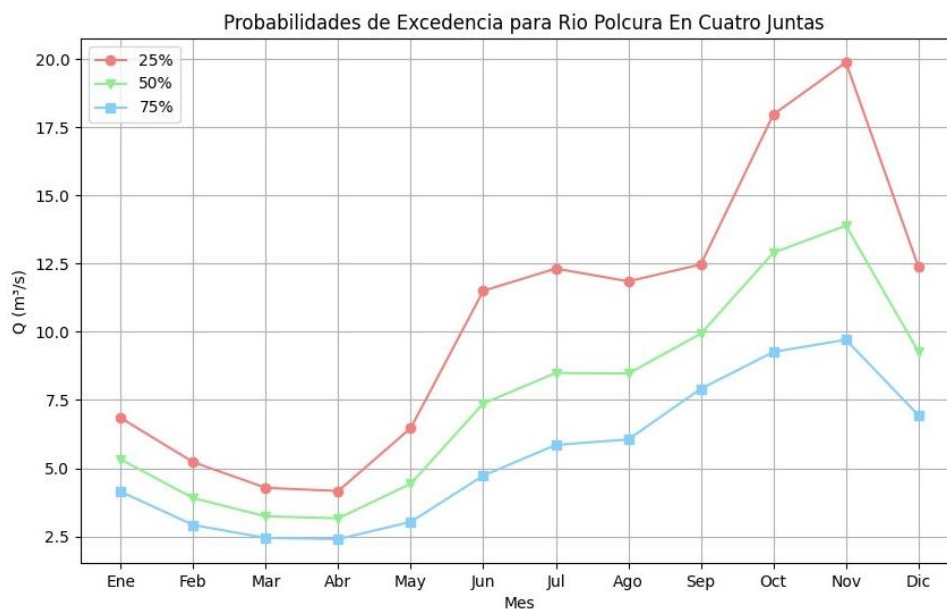


Figura 7. Curva de variación estacional del Río Polcura En Cuatro Juntas, con distintas probabilidades de excedencia.

Se observa un régimen pluvio-nival, con un claro aporte nival en los meses de octubre a diciembre, tiene un leve aumento de caudal en los meses de junio y julio, pero los caudales máximos se concentran entre los meses de octubre a noviembre, con una mediana mínima de $2,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en abril y máxima (nival) de $15,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en noviembre. Al calcular la probabilidad de excedencia de este río, resultaba incongruente una cuenca de gran tamaño con un caudal pequeño, y al visualizarlo en el gráfico de caudal específico se mostraba debajo de todos los ríos. No fue hasta que se le sumó el caudal real del canal Polcura, que se comportó como los otros ríos. Esto debido a que la estación fluviométrica mide el caudal del río marcando menos caudal del que debería, porque antes una parte se va hacia la laguna del Laja.

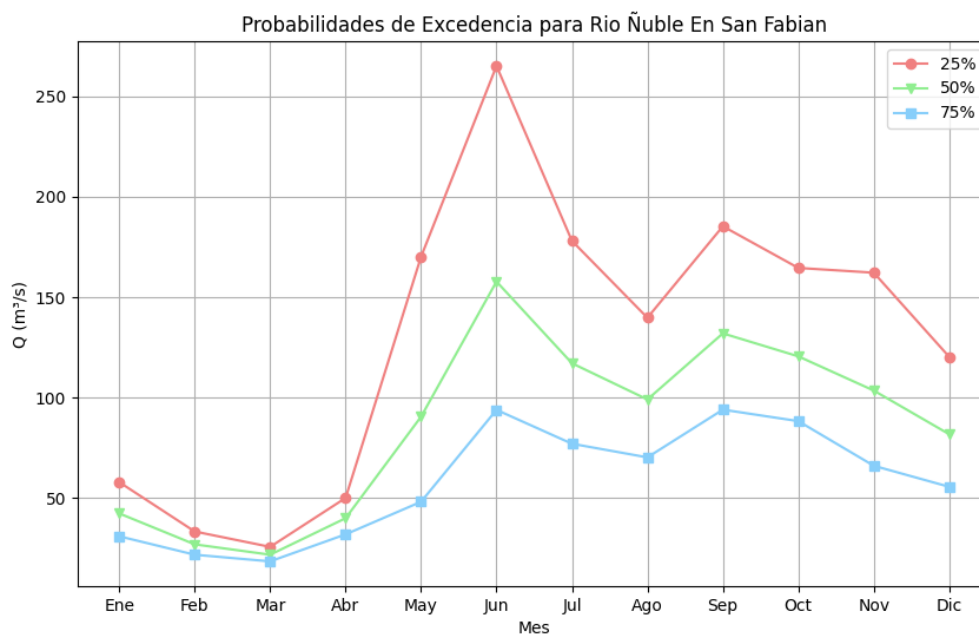


Figura 8. Curva de variación estacional del Río Ñuble En San Fabian, con distintas probabilidades de excedencia.

Se observa un régimen pluvio-nival, con un pequeño aporte nival en los meses de septiembre a noviembre, tiene un aumento de caudal en los meses de mayo y junio, los caudales máximos se concentran entre los meses de junio a diciembre, con una mediana mínima de $24 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en marzo y máxima (pluvial) de $198 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y máxima (nival) de $142 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en septiembre.

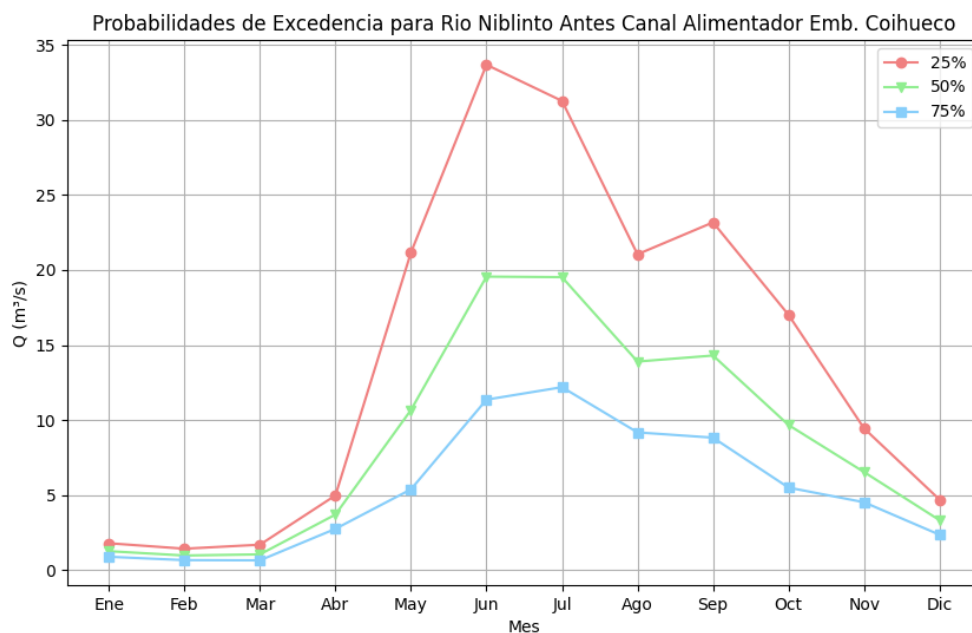


Figura 9. Curva de variación estacional del Río Niblinto Antes Canal Alimentador Embalse Coihueco, con distintas probabilidades de excedencia.

Se observa un régimen pluvio-nival, con un pequeño aporte nival en los meses de septiembre a octubre, tiene un aumento de caudal en los meses de mayo y junio, los caudales máximos se concentran entre los meses de mayo a septiembre, con una mediana mínima de $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en marzo y máxima (pluvial) de $21,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y máxima (nival) de $18 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en septiembre.

5.2 Análisis de series de caudal específico

El caudal específico es muy útil para comparar los caudales de los ríos sin que influya el tamaño de la cuenca en esto.

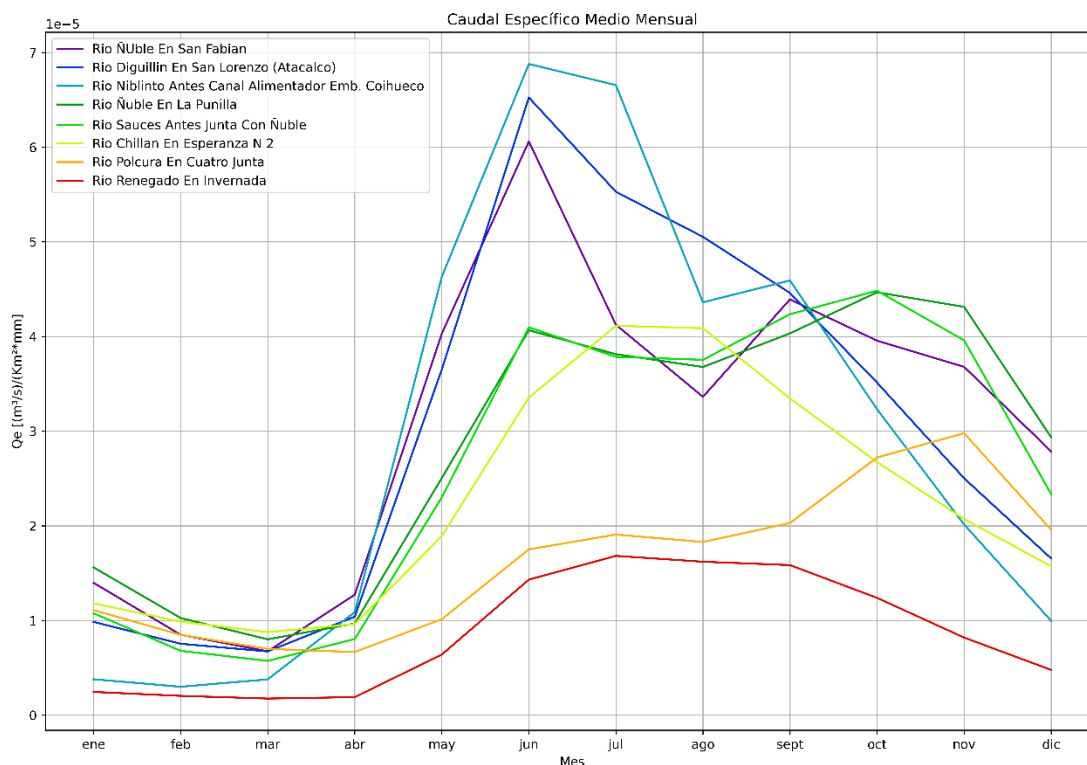


Figura 10. Caudal específico medio mensual, para los ríos de la zona de estudio.

De la Figura 10, Se observa una diferencia entre los tres ríos que su principal aporte es pluvial, y los cuatro pluvio-nival. También llama la atención el bajo caudal del Río Renegado, y el alto del Río Diguillín, esto se puede explicar por los grupos de manantiales en el Río Diguillín (Arumí et al 2014), sugiere que el caudal del Río Renegado es de alguna forma trasvasijado al Río Diguillín por aportes subterráneos mediante de rocas fracturadas.

6. CONCLUSIÓN

Este estudio, examina el componente hídrico de los ríos principales en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Se ha evidenciado una marcada distinción entre los ríos con predominancia de un régimen pluvial y aquellos con un régimen pluvio-nival. Las curvas de variación estacional revelan una concentración de caudales máximos entre los meses de junio y noviembre, aunque esta tendencia se ajusta en función del río y su régimen específico.

Por otro lado, el análisis de caudal específico ofreció un marco comparativo equitativo entre los ríos, eliminando la influencia del tamaño de la cuenca en la interpretación de los resultados.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez-Garreton, C., Mendoza, P., Boisier, J., Addor, N., Galleguillos, M., Zambrano-Bigiarini, M., Lara, A., Puelma, C., Cortes, G., Garreaud, R., McPhee, J y Ayala, A. (2018). The CAMELS-CL dataset: catchment attributes and meteorology for large sample studies – Chile dataset. *Hydrology and Earth System Sciences*. 22 (11), pp. 5817-5846. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5817-2018>
- Arumí, J. L., Oyarzún, R., Muñoz, E., Rivera, D., & Aguirre, E. (2014). Caracterización de dos grupos de manantiales en el río Diguillín, Chile. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 5 (6), pp. 151-158.
- Biblioteca del Congreso Nacional. (2018). Mapoteca: Mapas vectoriales. BCN. Recuperado de https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales
- CAMELS-CL. (s.f.). Explorador de Cuencas. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, Chile. Recuperado de <http://camels.cr2.cl/>
- Moreira-Muñoz, A. y Troncoso, J. (2014). Representatividad biogeográfica de las Reservas de la Biosfera de Chile. *Reservas de la Biosfera de Chile: Laboratorios para la Sustentabilidad*. Academia de Ciencias Austriaca, Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Santiago. Serie Geolibros, 17, pp. 24-61.
- Ramírez, M. (2021). Diseño de infraestructura ecológica para la reserva de la biósfera corredor biológico Nevados de Chillán–Laguna del Laja.

- San Martín, P., Moreira-Muñoz, A. y Borsdorf, A. (2014). Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán–Laguna del Laja: de la amenaza de la extinción al desarrollo sustentable. Reservas de la Biosfera de Chile: Laboratorios para la Sustentabilidad. Academia de Ciencias Austriaca, Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Santiago, serie Geolibros, 17, pp. 146-160.
- Stowhas, L. (2017). Fundamentos de hidrología aplicada. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.
- Vargas, J., De la Fuente, L., y Arumí, J. (2012). Balance hídrico mensual de una cuenca Patagónica de Chile: Aplicación de un modelo parsimonioso. Obras y Proyectos, (12), pp. 32-41.
- Uribe, H y Gonzalez, J. (2020). Agricultura de la nueva región de Ñuble: una caracterización sectorial.