

Nace de la unión de los ríos Molina y San Francisco en un punto conocido como La Ermita en Lo Barnechea y desemboca en el río Maipo. El río San Francisco recibe los aportes del río Yerba Loca, antes de la junta con el río Molina. El río Mapocho tiene una longitud de 110 km, y tiene una cuenca aproximada de 4.230 km². En la comuna de Providencia, lo tributa el canal San Carlos, el cual lo enturbia por la gran cantidad de sedimento que arrastra proveniente del río Maipo. La Figura 1 presenta la extensión del río Mapocho y la Figura 2, la naciente o cuenca de alta montaña.

$$Q \text{ Mapocho} = Q \text{ Yerba Loca} + Q \text{ San Francisco} + Q \text{ Molina}$$

(Balance de caudales)



Figura 2: Zona de alta montaña o naciente del río Mapocho (Montserrat, et. al., 2021)

Como decíamos, el río Mapocho es la unión de los ríos Molina y San Francisco. El río Molina es bastante limpio y tiene aguas cristalinas en todo su curso. En cambio, el río San Francisco, entre

sus diversos afluentes, tiene uno que lo hace cambiar de color, en forma natural en determinadas épocas del año. Este es el estero Yerba Loca, proveniente de la cordillera.

El estero Yerba Loca o río Yerba Loca es un curso de agua de la Región Metropolitana que descarga sus aguas en el río San Francisco, uno de los afluentes del río Mapocho.

El cajón al que le da nombre es de origen glaciar y se encuentra ubicado al noreste de la ciudad de Santiago, 22 km a través de la Ruta Farellones, que lleva a los centros de esquí de la Parva, El Colorado y Valle Nevado.

El estero Yerba Loca nace en la unión del río Chorrillos del Plomo con los escurrimientos del glaciar de La Paloma, que junto al cerro Altar, corona el cajón en que se encuentra. A lo largo de un curso de 16 kilómetros aproximadamente, es alimentado por diversos afluentes, como son el estero Leonera y el estero Agua Larga.

El curso principal del estero presenta de manera natural, una elevada concentración de sulfatos, metales y un pH reducido, lo que lo hace no apto para el consumo humano debido a la mineralización local y con calidad adversa para la diversidad limnológica, especialmente debido a los aportes provenientes del sector poniente en la cabecera de la cuenca. En contraste, los afluentes que nacen desde la vertiente oriental exhiben una calidad significativamente superior, sin las características de concentraciones elevadas observadas en el resto del cauce.

RÍO MAPOCHO Y RAZONES DEL CAMBIO DE TONALIDAD

Ahora bien, como se indica, el río Mapocho cambia de tonalidad, fenómeno que vecinos y visitantes suelen notar especialmente durante diciembre. Esta situación, conocida localmente como “Polcura”, comienza con una coloración café rojiza, atribuida a procesos naturales vinculados al estero Yerba Loca y se asocia a una precipitación de hierro. Posteriormente, y a medida que transcurren los días, el río adquiere una tonalidad blanquecina, asociada a la precipitación de aluminio seguida finalmente por tonalidades azul verdosas asociadas a la precipitación de cobre. Estos cambios se relacionan con distintas etapas de precipitación de minerales y variaciones de pH, y su explicación técnica la desarrollaremos en detalle más adelante.

El estudio de Martín Valenzuela, de 2019, supervisado por el profesor Manuel Carballo Mongue de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, presenta un análisis hidroquímico del drenaje ácido de roca (ADR) en la región mineralizada de la alta montaña. En esta tesis de grado para el Magíster de Minería de la Universidad de Chile se estudiaron tres tipos de agua de las subcuencas del río Mapocho, revelando la alta sensibilidad a los largos periodos de sequía y la alta variabilidad de la calidad del agua en los ríos andinos.

En este estudio se analiza la generación de drenaje ácido de roca (ADR) en forma estacional entre distintos periodos. Se indica en el presente estudio que los valores del Yerba Loca se mantienen constantes desde otoño a primavera, no así en el periodo de verano.

Hoy, el estero Yerba Loca se encuentra en un área natural protegida (Santuario de la Naturaleza) la cual es considerada Hot-spot (punto caliente) de biodiversidad por su alto endemismo. Además, las aguas en la cabecera del Yerba Loca se caracterizan por la ocurrencia natural de drenaje ácido de roca (ADR).

Según lo presentado por M. Valenzuela, se ha ***“observado que el alto contenido metálico y la acidez de ADR del estero Yerba Loca alcanzan la parte baja de la cuenca entre finales de primavera (noviembre-diciembre) y principios de otoño (marzo-abril). La mala calidad del agua del río Mapocho no es algo reciente, sino que se remonta al menos al siglo XVI, donde existe información generada poco tiempo después de la fundación de Santiago”***. Se indica, además, que posiblemente la calidad natural del río San Francisco debió haber sido similar o aún más ácida que la del estero Yerba Loca. Registros históricos de la época de la Colonia relatan lo mala que eran las aguas de este río que cruzaba por Santiago, lo que llevó a que el abastecimiento de agua se obtuviera de la quebrada de Ramón. Estos escritos aparecen en el libro “Historia de la Ingeniería en Chile” de Ernesto Greve (1938), con citas al Archivo de la Real Audiencia. El estudio reciente del profesor Dr. Bernhard Dold reconstruye la línea base geoquímica preminería del estero San Francisco con base en modelamiento geoquímico, considerando Yerba Loca y llega a conclusiones similares. La Figura 3 presenta los puntos de monitoreo usados en el estudio.

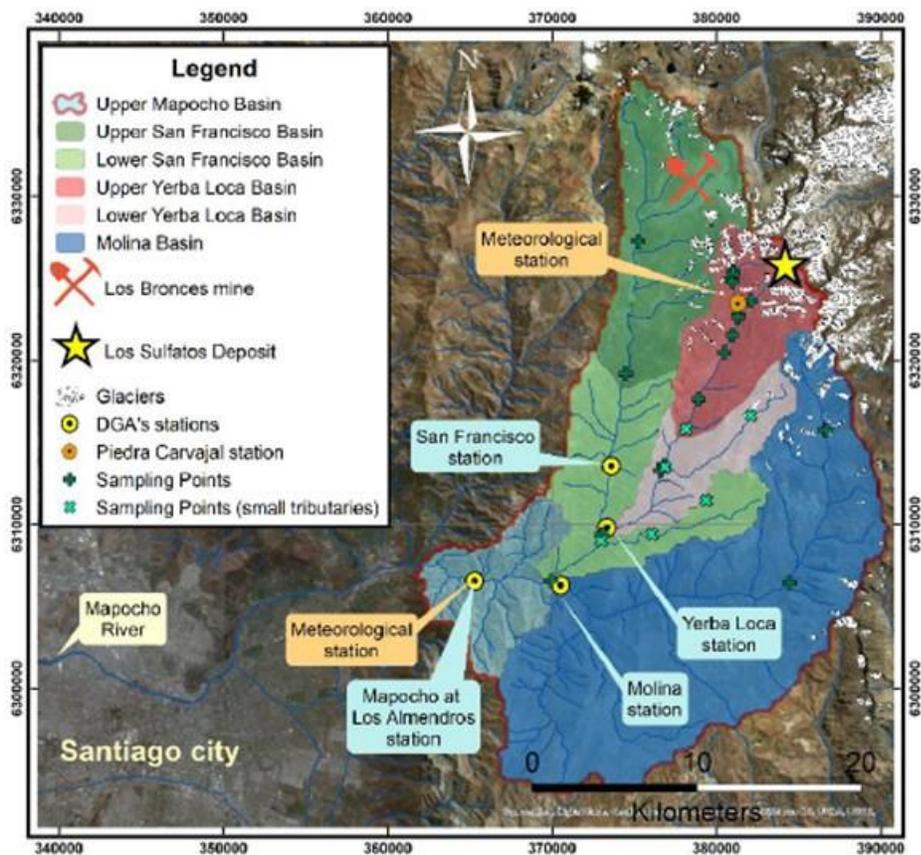


Figura 3: Puntos de monitoreo usados en estudios hidrogeoquímicos (Dold, et al., 2019)

Además, en un estudio de Matías Cornejo, de 2019, supervisado por el profesor Santiago Monserrat de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, se indica que, respecto al estero Yerba Loca, en el cual se genera drenaje ácido (AD) en forma natural, “ocurre cuando los minerales sulfurados (ej. pirita) presentes en rocas son expuesto al oxígeno y al agua, lo que resulta en la movilización de iones de H^+ , SO_4 y metales (ej. Zn, Cu, Al, etc.), a través de procesos de meteorización mediados por bacterias. El resultado del AD son aguas ácidas (baja de pH) y con altos contenidos de SO_4 y metales”. El profesor Montserrat junto con otros investigadores también describen los procesos de cambio de color en el Capítulo 1 Hidrología y química de aguas en la cuenca alta del río Mapocho del Libro Ecosistemas de montaña de la cuenca alta del río Mapocho (2021).

Según M. Valenzuela, las mineralizaciones en el valle de Yerba Loca son ricas en sulfuros, por lo que, al actuar con agua y el oxígeno atmosférico, se produce un drenaje ácido en el origen, lo cual produce una lixiviación a lo largo del transcurso del cauce con el enriquecimiento de metales en solución. Este proceso se puede ver reflejado en aumentos de conductividad eléctrica y en pH menores a 6-5.

A continuación, en la Figura 4 se presenta un modelo conceptual del proceso hidrológico, hidroquímico e hidrodinámico.

<u>Leyenda</u>	
Descripción	Procesos
1. Roca maciza intacta/impermeable	a. Intercambio energético glacial / Glacial - manto nival
2. Roca fracturada poco permeable	b. Intercambio energético manto nival
3. Permafrost (capa de suelo congelado)	c. Procesos de hidrólisis mineral que producen disminución de pH
4. Morrena (depósitos glaciales)	d. Transporte de sedimento en suspensión y en fondo
5. Glacial	e. Transporte de solutos(advección, difusión, dispersión) e interacción química con sedimentos y sustratos: precipitación/disolución
6. Nieve	
7. Río	

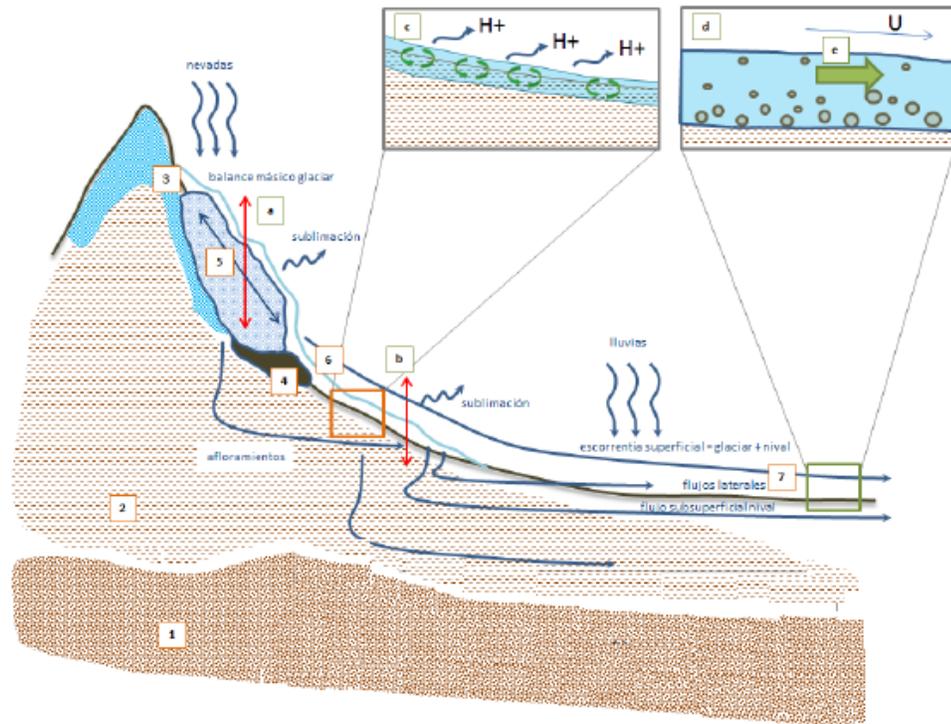


Figura 4: Modelo conceptual de procesos hidrológicos, hidrodinámicos e hidroquímicos

A partir de este modelo conceptual hidro geoquímico e hidrodinámico, es posible explicar la variación de color observada en los cursos de agua del Estero Yerba Loca, San Francisco y Mapocho como una secuencia espacial directamente asociada al gradiente de pH, como lo indica la Figura 5. En particular, la geoquímica de la cabecera del estero Yerba Loca —caracterizada por mineralización sulfúrica, y procesos de drenaje ácido de roca (ARD)— constituye el origen de las variaciones más significativas de pH en el sistema fluvial. Estas fluctuaciones, intensificadas por el régimen hidrológico dominado por el derretimiento nival y glaciar, favorecen la formación de minerales secundarios vinculados a la precipitación de metales, especialmente en la zona alta de la cuenca.

En esta zona alta, donde el pH puede descender hasta valores cercanos a 3, se produce la precipitación de hidróxidos de hierro como la **schwertmannita**, generando depósitos de color rojizo en el lecho del río¹. Conforme el estero desciende y se mezcla con aguas neutras o alcalinas del río San Francisco, el pH se incrementa, lo que permite la formación de **hidrobasaluminita** (blanquecina) y, dependiendo del grado de neutralización alcanzado, la aparición de **precipitados de cobre** con tonalidades verdosas. Esta secuencia de colores —rojo, blanco y verde— refleja la evolución geoquímica del sistema y permite interpretar visualmente los procesos de neutralización y precipitación mineral que ocurren en la primera sección del río Mapocho que presenta la Figura 5



Fe precipitation
pH (1,9 a 4,7)



Al precipitation
pH (4 y 5,5)



Cu precipitation

pH (5 a 6)



Figura 5: Variación de colores en el curso del río Mapocho 1ª sección: sistema estero Yerba Loca, San Francisco, Mapocho (Valenzuela, 2019)

Conclusiones:

Los cambios de color observados en el río Mapocho, especialmente en su primera sección, son el resultado de **procesos naturales de drenaje ácido de roca (ARD)** que ocurren principalmente en la cuenca del estero Yerba Loca. Este fenómeno, intensificado por la mineralización rica en sulfuros y la dinámica hidrológica de alta montaña, genera aguas con bajo pH y alta concentración de metales como Fe, Al y Cu.

La variabilidad estacional e interanual del pH, junto con los procesos de mezcla con tributarios de aguas neutras, condiciona la **precipitación secuencial de minerales**: primero hidróxidos de hierro (color rojizo), luego hidrobasaluminita (color blanquecino) y finalmente minerales de cobre (tonalidades verdosas). Esta evolución cromática, conocida localmente como “Polcura”, ha sido documentada desde la época colonial y constituye un indicador visual de los procesos geoquímicos que regulan la calidad del agua en el sistema fluvial.

En consecuencia, se confirma que los cambios de color del río Mapocho en su tramo alto son **explicables por mecanismos naturales**, principalmente la interacción entre la geología mineralizada, el régimen hidrológico glaciario-nival y los procesos de neutralización y precipitación mineral a lo largo del cauce.

Claudio A. Bizama Rivas

Gerente

Junta de Vigilancia de la Primera

Sección del Río Mapocho

Bibliografía

Cornejo Fuentes, Matias. 2019. Modelación numérica de calidad de aguas en un río de alta montaña con componente de drenaje ácido natural y efecto antrópico. Caso de estudio: Cuenca río Mapocho alto. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, Mención Medio Ambiente Hídrico, Universidad de Chile. Profesor Guía Santiago Montserrat Michelini. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Dold, B., Weibel, L., Aiglsperger, T. 2025. Reconstructing a pre-mining geochemical baseline using a proximal natural analog and geochemical modeling: Los Bronces and Yerba Loca, Central Chile. *Journal of Hydrology* 660 (2025) 133390.

Greve, Ernesto. 1938. Historia de la Ingeniería en Chile

Montserrat, S., Quezada, S., Dionizis, D., Paula Ojeda, P., Lagos, M. 2021. Ecosistemas de montaña de la cuenca alta del río Mapocho, Capítulo 1: Hidrología y química de aguas en la cuenca alta del

río Mapocho. Advanced Mining Technology Center, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. [Libro: "Ecosistemas de montaña de la cuenca alta del río Mapocho" - capes](#)

Valenzuela Diaz, Martín. 2019. Water quality in the Upper Mapocho river basin (Santiago, Chile); implications for environmental management in the overlap between a natural protected area and the world's greatest known copper deposit. Tesis para optar la grado de Magister en Minería y al Título de Ingeniero Civil de Minas, Universidad de Chile. Profesor Guía Manuel Caraballo Mongue, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.