

Señales del río que anticipan decisiones

Tendencias seculares, memoria hidrológica y planificación estratégica en la mirada de Luis Marcelo Cardinali



Entrevista a Luis Marcelo Cardinali
Ingeniero Civil

En un contexto marcado por la urgencia, la coyuntura y el debate permanente sobre bajantes, dragado, infraestructura y costos logísticos, el streaming **“Señales del Río: claves para decidir”**, emitido por *GlobalPorts Canal*, propuso deliberadamente un cambio de escala. La conversación, conducida por Ariel Armero, invitó a dejar de mirar el río año a año para observarlo en escalas temporales mucho más amplias, aquellas donde comienzan a emerger patrones estructurales capaces de orientar decisiones estratégicas.

El invitado fue el **Ing. Luis Marcelo Cardinali**, ingeniero civil argentino, Magíster en Administración Estratégica de Negocios y referente técnico del sector energético e hídrico en Argentina y Paraguay, con una trayectoria destacada en la **Entidad Binacional Yacypetá (EBY)**. Desde hace casi dos décadas, Cardinali trabaja sobre una hipótesis central: los grandes ríos sudamericanos no son sistemas caóticos ni puramente aleatorios, sino **sistemas con memoria larga**, donde existen **tendencias hidrológicas**

seculares que operan por debajo de la variabilidad anual y estacional.

Del ruido a la señal: la “música de fondo” de los grandes ríos

Uno de los conceptos más potentes desarrollados por **Cardinali** es la idea de que, detrás del **“ruido”** hidrológico —crecidas, bajantes, eventos extremos— existe una **señal persistente**, una “música de fondo” que se expresa en escalas temporales de 60-70 años, 100-110 años y hasta 350-370 años.

Estas oscilaciones no deben interpretarse como ciclos cerrados ni como repeticiones mecánicas, sino como **tendencias seculares**, es decir, direcciones probables del sistema hidrológico que se manifiestan a lo largo de generaciones humanas.

“Algo que es intrínseco a lo natural es la variabilidad, que a veces es pasada por alto en la práctica profesional, porque el estado estacionario



es una buena aproximación para muchas cosas, pero solo durante un tiempo”, explicó Cardinali durante la entrevista.

Pensar el río como un sistema variable —y no como uno estacionario— cambia radicalmente el tipo de respuestas que se elaboran frente a los mismos interrogantes.

“No es lo mismo pensar en un estado estacionario que pensar en un estado variable. Las respuestas que surgen ante los mismos interrogantes son distintas”, señaló.

Este enfoque permite pasar del análisis reactivo a la **anticipación estratégica**, incorporando nociones como los “futuribles” (futuros posibles) y los “futurables” (futuros probables), conceptos clave para la planificación de obras, concesiones y políticas públicas.

Evidencia empírica y validación en un período crítico

El modelo desarrollado por **Cardinali** se calibró inicialmente con datos hidrométricos del período 1901-2006 y fue luego validado con los registros correspondientes a 2007-2024, uno de los tramos más complejos desde el punto de vista hidrológico. Sequías históricas, bajantes extremas, cambios intensos en el uso del suelo y transformaciones antrópicas significativas

pusieron a prueba la hipótesis.

“Todo modelo necesita una validación. Uno usa un período para calibrar y luego verifica con registros posteriores si las hipótesis que está usando son aproximadas al fenómeno que uno trata de describir. Eso es obligatorio”, afirmó el ingeniero.

Lo relevante, subrayó, es que **las tendencias identificadas casi dos décadas atrás lograron reproducirse en el período reciente**, reforzando la consistencia del enfoque.

“Si después de dieciocho años se cumplen las tendencias, eso me hace pensar que las hipótesis utilizadas presentan un signo de robustez. Como todo, es perfectible, pero es un buen comienzo”.

Este resultado no clausura el análisis, sino que invita a profundizarlo: “Si desde la observación se pudo predecir una tendencia dieciocho años después, quiere decir que vale la pena investigar y profundizar todo lo atinente a estas tendencias”.

El coeficiente de Hurst y la evidencia de la “memoria larga”

Uno de los aportes técnicos más relevantes del ensayo es la utilización del **coeficiente de**



Hurst, una herramienta estadística que permite evaluar la persistencia temporal de una serie. En los ríos Paraná, Uruguay y Paraguay, los valores obtenidos ($H \approx 0,7-0,8$) indican que se trata de sistemas con **dependencia de largo plazo**, alejados de un comportamiento puramente aleatorio.

En términos simples, esto significa que **el río**

“recuerda” su pasado. Las decisiones que se toman hoy operan sobre un sistema con inercia multidecadal, donde las condiciones actuales están parcialmente condicionadas por estados previos.

Esta evidencia matemática refuerza la idea central del enfoque: la hidrología de los grandes ríos debe entenderse como un proceso con



continuidad histórica, donde las señales de largo plazo tienen tanto o más peso que los eventos puntuales

Forzantes naturales y escalas poco exploradas

El trabajo no afirma relaciones causales directas, pero sí identifica **coincidencias temporales** entre las tendencias hidrológicas y ciertos forzantes naturales de gran escala, como la **Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO)** o ciclos solares de largo plazo, como el ciclo de Gleissberg.

“Aquí hay que dejar de lado los reduccionismos

y tratar de ampliar la mirada, a ver si se pueden encontrar relaciones causa-efecto que puedan justificar los resultados que se están logrando”, sostuvo **Cardinali**.

El punto de partida fue intuitivo, pero rápidamente se transformó en una búsqueda sistemática de señales en la naturaleza: “Como todo profesional que se dedica a las ciencias observacionales, no puedo quedarme solamente con una intuición. Hay que buscar evidencia”.

El océano, principal modulador del clima global, y el sol, fuente primaria de energía del sistema climático, aparecen como elementos plausibles dentro de un entramado complejo de influencias. Aun así, el ingeniero fue cate-

górico al descartar lecturas grandilocuentes: *“Decir que esto es un cambio de paradigma sería demasiado ambicioso. Es simplemente la identificación de señales en una escala temporal que está poco explorada porque casi todo está orientado al corto plazo”*.

Tendencia hacia menor abundancia: una advertencia estratégica

Más allá del plano científico, el mensaje de fondo del enfoque es claramente estratégico. Para el río Paraná —y de manera creciente para otras

cuencas— las tendencias seculares muestran una **orientación hacia caudales promedio menores en el largo plazo**, con implicancias directas sobre múltiples sectores.

“Hay actividades como la navegación fluvial, la generación de energía hidroeléctrica, el abastecimiento de agua, el ordenamiento territorial y las cuestiones ambientales que están directamente involucradas en esta variabilidad”, enumeró **Cardinali**.

El ingeniero fue enfático en señalar que administrar en escasez no es lo mismo que **admi-**



nistrar en abundancia. La diferencia no es menor: cambia la forma de diseñar infraestructura, seleccionar escenarios hidrológicos y evaluar riesgos.

El enfoque permite trabajar con **escenarios promedio de 30 años**, un horizonte temporal mucho más alineado con la duración de concesiones, obras de gran escala e inversiones estratégicas. No se trata de anticipar eventos extremos puntuales, sino de **elegir correctamente los escenarios de referencia** sobre los cuales se toman decisiones estructurales.

Un sistema regional con matices propios

La extensión preliminar del modelo a los ríos Uruguay y Paraguay muestra que los tres comparten **estructuras armónicas similares**, lo que sugiere la existencia de un **sistema hidrológico regional coherente**, aunque con particularidades en cada cuenca.

“El río Paraguay muestra una tendencia más aguda, el Paraná es un caso intermedio y el Uruguay presenta una tendencia más leve, todas en el mismo sentido”, explicó **Cardinali**.

Estas diferencias refuerzan la necesidad de análisis específicos, pero también invitan a pensar políticas coordinadas a escala regional. El ingeniero mencionó incluso comportamientos en contrafase en ciertas subcuencas, como las del NOA, que podrían atenuar parcialmente las señales aguas abajo, sin neutralizarlas.

Planificación, resiliencia y pensamiento anticíclico

Ante un escenario de mayor restricción hídrica, la respuesta no puede ser improvisada.

“Siempre es bueno estar preparado y manejar diferentes escenarios. Eso es lo que se llama pensamiento anticíclico y resiliencia”, sostuvo **Cardinali**.

La referencia a los “*años de vacas gordas y vacas flacas*” no fue casual: remite a la idea de anticiparse a los ciclos desfavorables y cons-

truir capacidad de respuesta antes de que los problemas se manifiesten plenamente.

En ese marco, el ingeniero destacó el rol del **transporte multimodal** como herramienta clave para sostener la competitividad logística en escenarios adversos: *“Frente a un escenario de escasez pronunciada en el río, hay que pensar en otras vías de transporte que permitan sostener la actividad comercial con el menor costo posible”*.

También subrayó el potencial de grandes proyectos de infraestructura en la región del NEA, vinculados al agua y la energía, como plataformas de desarrollo integral capaces de amortiguar los impactos de escenarios menos favorables.

Reducir incertidumbre para decidir mejor

Como reflexión final, **Cardinali** sintetizó el espíritu de su propuesta: *“No se trata de salir del corto plazo, sino de ampliar el horizonte de visibilidad. A veces las cuestiones de corto plazo nos tapan las de fondo, las que nos pueden traer problemas a futuro”*.

El enfoque presentado en *Señales del Río: claves para decidir* no busca certezas absolutas ni pretende predecir eventos. Es **exploratorio, no determinista**, y requiere trabajo interdisciplinario, mejores registros y nuevas miradas. Su objetivo último es claro: **reducir la incertidumbre** para que el sector público y privado puedan tomar decisiones más robustas en sistemas donde están en juego inversiones, actividades productivas y equilibrios ambientales de enorme magnitud.

En tiempos de definiciones clave para la hidrografía, la energía y la planificación territorial, escuchar la música de fondo del río puede no evitar la variabilidad, pero sí ayudar a **decidir con mayor inteligencia**.

■