

[Escriba aquí]

## Análisis de Caudales Ecológicos para Recomponer el Ecosistema en el Noroeste Pampeano

*Mauricio Pinto<sup>1</sup>, Marcelo Toledo<sup>2</sup>, Facundo Diaz Araujo<sup>3</sup>, Rubén Villodas<sup>3</sup>, Fernando Gomensoro<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Cuyo

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Nacional FRM

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Cuyo

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Cuyo

<sup>5</sup> Universidad Nacional de Cuyo

E-mail: fegomen@gmail.com

RESUMEN: El presente trabajo consiste en una propuesta de “Caudal Hídrico Apto para recomponer el ecosistema afectado en el noroeste pampeano” en cumplimiento de lo dispuesto por la Corte Suprema de Justicia de la Nación en fecha 01 de diciembre de 2017. Contiene una breve descripción de la cuenca, mostrando el claro déficit de oferta que ésta presenta. Presenta una recopilación de los distintos métodos para determinar caudales ecológicos y su utilización. Mendoza propone combinar un método hidrológico para determinar el caudal, evaluar las condiciones de salinidad tolerable para determinar los límites de calidad, y un monitoreo de resultados de recomposición (modelo de hábitat 1:1) para efectuar el seguimiento y ajuste. En función del monitoreo, pueden efectuarse ajustes sobre el caudal y/o sobre el manejo. Se desarrollan los cálculos, arrojando un caudal mínimo permanente de 1,3m<sup>3</sup>/s, que complete el régimen actual. Se efectúa un análisis socioeconómico sobre las consecuencias de implementar las propuestas sin obras, lo que supone dejar sin regadío 1.500 ha (QMendoza) a 13.500 ha (QLa Pampa). La propuesta puede resolverse sin impactos en la sociedad, realizando inversiones que incrementen la oferta a partir de agua subterránea. Al comparar los valores de Qe determinados por Mendoza con los escurrimientos de los últimos años, donde se han presentado menos cortes, se observa que la situación debería haber mejorado. De allí se desarrollan una serie de relevamientos en momentos con caudales similares a 1,3 m<sup>3</sup>/s, mostrando que el estado actual del ecosistema ha mejorado respecto a la demanda. Se concluye que la propuesta es razonable, validada con métodos científicos, con la experiencia comparada en cuencas españolas similares, y con lo que se observa hoy en los ecosistemas Pampeanos.

[Escriba aquí]

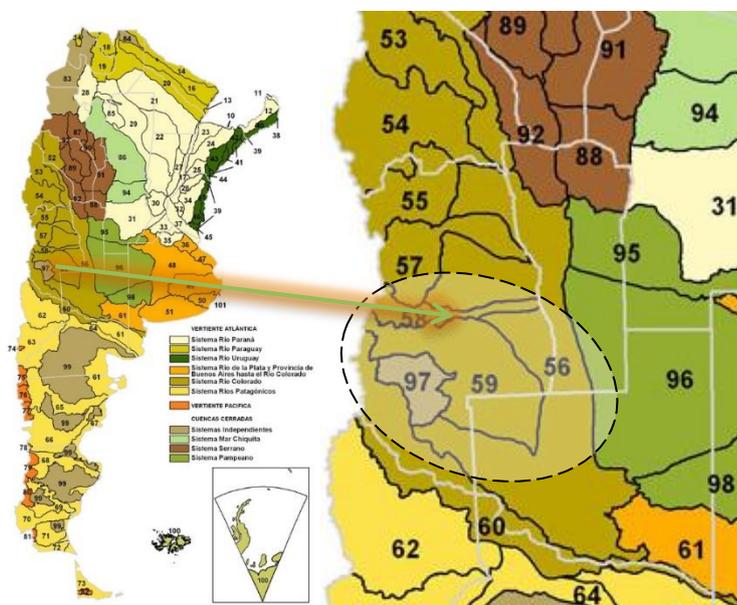
## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo se elaboró con el objetivo de proponer un “procedimiento de determinación del caudal y su desarrollo, en coordinación con la elaboración del programa de obras correspondiente”, todo ello en el marco de la orden de fijar un caudal hídrico apto para la recomposición del ecosistema afectado en el noroeste de la Provincia de La Pampa que impartió el resolutivo 2 de la Manda ordenatoria de la Corte Suprema de Justicia de la Nación de fecha 01 de diciembre de 2017, en la causa sobre el río Atuel.

En virtud de ello se efectuó una recopilación de los distintos métodos para determinar caudales ecológicos y su utilización en diversos países. Dados los tiempos, se optó por entender que en los plazos de la Manda era razonable iniciar un cálculo hidrológico y tomar la experiencia comparada para construir un procedimiento integral que en su implementación progresiva contemple ajustes en función del análisis de hábitat.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HÍDRICO DEL RÍO ATUEL

El Río Atuel nace en la Cordillera de Los Andes, donde se alimenta de una serie de lenguas glaciarias y de precipitaciones pluvio-nivales, se desarrolla en territorio mendocino y cruza a La Pampa en el denominado puente Vinchuqueros. Unos 50 km aguas abajo del puente llega hasta Algarrobo del Águila, donde luego se divide en dos brazos.



**Figura 1.** Mapa de cuencas hídricas argentinas

FUENTE: Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación - Instituto Nacional del Agua (2011), Atlas de Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la república Argentina, versión 2010, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Buenos Aires

[Escriba aquí]

La cuenca del río Atuel, como área territorial, concluye en el río Salado. Aunque dicha cuenca, en los sectores bajos se conforma como bañados o sectores de escurrimiento esporádico según la cartografía oficial de IGM.

El sistema de Riego del Río Atuel, con 100.000 ha empadronadas y 56.000 cultivadas se encuentra regulado en cabecera por los embalses El Nihuil y Valle Grande. Aguas abajo comienza el sistema de derivación y distribución. La oferta del Río Atuel en cabecera es de aproximadamente 1.000 hm<sup>3</sup>/año, la que se ha visto reducida en los últimos años de escasez y teniendo en cuenta las pérdidas en el sistema de embalses, alcanza los 800 hm<sup>3</sup>/año.

La demanda de riego de la superficie empadronada, a pesar de la buena eficiencia actuales (43%) adicionada a la demanda de la provincia de La Pampa, de un caudal promedio de 9m<sup>3</sup>/s, implica un déficit notable en la cuenca. Si tenemos en cuenta que la demanda neta de riego en el sur mendocino, para los cultivos que se desarrollan, es del orden de 9.000 m<sup>3</sup>/ha/año, aplicando un 43% de eficiencia, se obtiene una necesidad cercana a los 20.000 m<sup>3</sup>/ha/año, lo que aplicado a las 100.000 ha y adicionado el caudal pretendido por La Pampa, lleva a requerir casi 2.200 hm<sup>3</sup>/año para satisfacer todas las demandas. Esto evidentemente resulta imposible, por lo que deben evaluarse acciones sostenibles entendiendo que esta falta de oferta es estructural.

El canal matriz más importante del sistema se denomina Cana Marginal del Atuel, que nace en el Azud de La Guevarina, y, excepto por algunas tomas directas del río aguas arriba de dicho azud, dota al sistema casi integralmente, desde su habilitación en el año 2012. Desde la habilitación del Canal Marginal del Atuel en forma completa, no existen cortes del río en la zona denominada Carmensa, ya que desde el Marginal se dota a esta zona de riego y no de forma directa cerrando las antiguas compuertas de Carmensa sobre el río, como se hacía anteriormente.

Aunque la secuencia de años en emergencia hídrica por ausencia de nevadas ha generado que el módulo que llega a Vinchuqueros se vea disminuido (aproximadamente de 9 m<sup>3</sup>/s a 3,9 m<sup>2</sup>/s), el cambio de manejo ha permitido que ese caudal escurra en forma más permanente, con menos cortes, e incluso con periodos relativamente largos en los que los caudales no se interrumpen.

## DISTINTOS MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CAUDAL ECOLÓGICO

Analizando las diversas metodologías para determinar caudales ecológicos, aparecen los métodos hidrológicos basados en procesamiento de datos de caudales, los de hábitat basados en modelar condiciones de ciertas variables que las especies necesitan para distintos valores de caudal (Curvas hábitat-Q), los hidráulicos que complementan los anteriores y aportan relaciones hidráulicas para distintos caudales, los combinados que reúnen elementos de más de uno de los métodos mencionados previamente y los holísticos que tienen en cuenta aspectos multidisciplinarios incluyendo aspectos económicos y sociales.

[Escriba aquí]

Los hidrológicos son los más utilizados y presentan un sustento metodológico validado científicamente. Aunque los de hábitat serían los más adecuados para el objetivo de recomponer ecosistemas que plantea la Manda de la Corte, el desarrollo de los modelos para tener curvas hábitat-Q lleva un tiempo extenso que supera el plazo fijado. Los Holísticos pueden resultar apropiados, pero un estudio de este tipo también llevaría tiempos extensos, incluso mayores a las metodologías de hábitat. Por ello, los hidrológicos resultan pertinentes y factibles de implementar, pero su utilización debería estar fortalecida con un modelo de hábitat 1:1 a considerar en la implementación.

## LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL

A fin de efectuar un estudio y enriquecerlo de experiencia internacional en zonas similares, se analizaron los planes hidrológicos de algunas cuencas españolas, recurriendo incluso a entrevistar expertos de las Administraciones, responsables de las cuencas del Tajo, del Júcar y del Segura.

En España se determinaron caudales ecológicos por métodos hidrológicos y de hábitat, resultando algunos hidrológicos de elevadas cuantías y en ciertos casos impracticables por su cuantía elevada, sobre todo cuando se basaban en percentiles. Al realizar modelos de hábitat basados en la necesidad real de los ecosistemas, los caudales preliminarmente calculados se vieron reducidos.

Los resultados de los cálculos se sometieron a procesos de concertación con los usuarios a fin de consensuar los valores de caudal, los estados deseados de las masas de agua y la implementación de esos caudales mínimos. En numerosos casos se buscaron medidas para no afectar sus garantías o minimizar la afectación, como perforaciones, desalación de agua de mar o ajustes en la gestión.

Para los caudales ecológicos se consideran todas las masas de agua, en estado natural, desagües, excesos de riego, etc., siempre que su calidad no afecte los ecosistemas, “No se encuentra razón alguna para no hacerlo”.

Los resultados para cuencas deficitarias similares a la del Atuel, en épocas de sequía, muestran cuantías promedio de los caudales mínimos de alrededor del 5% del módulo, con variaciones anuales en más y en menos de ese porcentaje promedio.

## CONSTRUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Por lo expuesto en los apartados anteriores, la propuesta se centró en:

- Caudal: Efectuar el cálculo del caudal con el método hidrológico Suizo a partir de valores de caudales mínimos Q347 analizados con diversos criterios. Establecer caudales mínimos permanentes que puedan garantizarse a fin de terminar con los cortes del río.

[Escriba aquí]

- Conductividad: Determinar los valores de conductividad que nunca deben alcanzarse de acuerdo a la tolerancia de las especies características de los ecosistemas.
- Implementación progresiva: Iniciar de manera rápida con la implementación de un caudal mínimo permanente que, completando el régimen actual de Vinchuqueros, garantice un escurrimiento sin cortes, de manera progresiva en el marco de obras u acciones que generen la disponibilidad, a fin de no afectar a la sociedad que tiene al recurso hídrico como medio de subsistencia.
- Monitoreo de Hábitat e implementación adaptativa: Efectuar un monitoreo de la recomposición, tomando como línea de base lo observado en la demanda, para a partir de allí evaluar la recomposición y, de ser necesario, efectuar ajustes en el caudal y/o en el manejo del recurso en territorio pampeano. Esto constituye un modelo de Hábitat a escala 1:1. Para su desarrollo deben seleccionarse lugares, especies e indicadores con valores como línea de Base y los esperados en el tiempo, a fin de efectuar el seguimiento.
- Técnicas de Recomposición Conexas: Acompañar la permanencia de caudal con otras medidas necesarias para hacer eficiente la recomposición y maximizar la efectividad. Estas medidas son encauzamientos, control de niveles, drenajes, siembra de especies, entre otras. Se entiende que, sobre todo en una cuenca deficitaria transitando por emergencia hídrica, la recomposición no sólo debe basarse en cantidades incrementales de agua, sino que estas medidas pueden y deben ser significativas.

## CÁLCULO DEL CAUDAL

El Método Suizo establece que el caudal Ecológico tiene una relación con el caudal mínimo característico denominado Q347.

En ocasiones, el Q347 es asimilado por algunos autores de manera directa con el Q95% (caudal superado en el 95% de las ocasiones), aunque este percentil no contempla ni asegura continuidad o permanencia de valores y por ello no es representativo a los efectos de establecer un caudal permanente o continuo; además, de acuerdo a la experiencia española se verifica que en cuencas de envergadura suele arrojar valores desproporcionadamente elevados que han hecho descartar en esos casos la aplicación de los métodos hidrológicos por dar resultados irrazonables.

Por ello se contempló otras formas de cálculo de Q347 que resulten consistentes con la fijación de un caudal permanente o continuo. Todos los valores de Q347 se someten a un análisis detallado con los registros de caudales diarios de La Angostura (más de 30.000 datos)

[Escriba aquí]

Así, se calculó el Q347 con una fórmula empírica sugerida por diversos autores y también mediante un método de mínimas móviles tomando ventanas de 347 días consecutivos, lo que es representativo de caudales continuos como los que se pretende fijar.

Los valores de Q347, se presentan en la tabla 1, variaron de 1,34 m<sup>3</sup>/s a 16 m<sup>3</sup>/s. Los extremos debieron descartarse ya que los menores valores no se observan en los registros y los mayores valores representan el 50% del río, además de no garantizar continuidad de acuerdo a los registros – el análisis hidrológico muestra que todos los mínimos característicos fallan 9 meses al año si se los compara con el Q95% -.

**Tabla 1.-** Valores de Q347 por distintos métodos.

<b>Método Q347</b>	<b>Q 347 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>% Modulo</b>	<b>% Modulo</b>	<b>% Módulo</b>
		<b>La Angostura 10 años</b>	<b>La Angostura 86 años</b>	<b>Vinchuqueros Natural Simulado 10 años</b>
Q0.5 (10 años)	1.45	5	4.1	5
Q0.5 (86 años)	1.74	6	5	6
Q1.0 (10 años)	2.91	10	8.2	11
Q1.0 (86 años)	3.49	12	10	13
Q1.5 (10 años)	4.37	15	12.5	16
Q1.5 (86 años)	5.23	18.5	15	19
Q1.8 (10 años)	5.23	18	14.6	19
Q1.8 (86 años)	6.28	21.6	18	23
Q Permanente	8.00	28	23	30
Q95% 86 años	15.7	54.5	45	58
Q95% 10 años	15.9	55.2	45.5	59

En el cuadro superior se observa que los valores superiores de Q347 representan un alto porcentaje del módulo del Río, coincidente con lo expresado por los expertos españoles respecto a que los métodos basados en percentiles, para cuencas de envergadura, dan valores muy elevados de caudales mínimos característicos.

A partir de los valores de Q347 se calculó el caudal ecológico,

[Escriba aquí]

Para  $Q_{347} > 60$  L/s el caudal mínimo sería 50 L/s, añadiéndose 8 L/s por cada 10 L/s adicionales.

Para  $Q_{347} > 160$  L/s el caudal mínimo sería 130 L/s, añadiéndose 4,4 L/s por cada 10 L/s adicionales.

Para  $Q_{347} > 560$  L/s el caudal mínimo sería 280 L/s, añadiéndose 31 L/s por cada 100 L/s adicionales.

Para  $Q_{347} > 2.500$  L/s el caudal mínimo sería 900 L/s, añadiéndose 21,3 L/s por cada 100 L/s adicionales.

Para  $Q_{347} > 10.000$  L/s el caudal mínimo sería 2.500 L/s, añadiéndose 150 L/s por cada 1.000 L/s adicionales.

Para  $Q_{347} > 60.000$  L/s el caudal mínimo sería de 10.000 L/s.

Los valores que se obtuvieron de caudal ecológico, se observan en la Tabla 2.

[Escriba aquí]

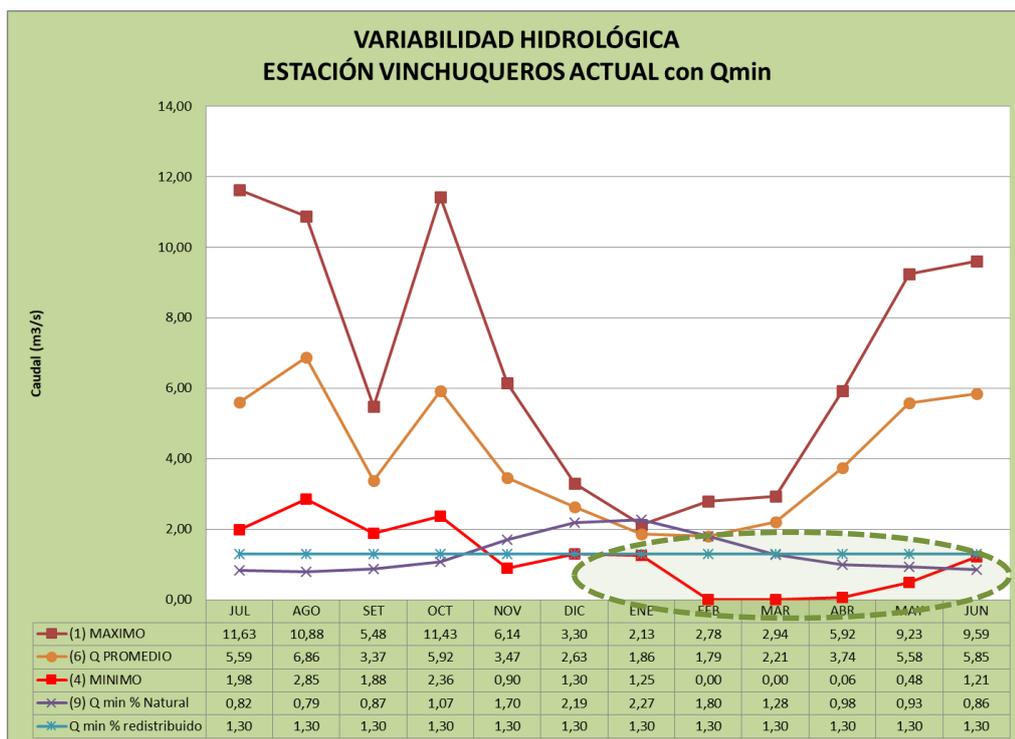
**Tabla 2.-** Valores de Qe a partir de los distintos valores de Q347.

Q MINIMO	Q Ecológico m <sup>3</sup> /s	% Módulo Vinhuqueros Simulado Natural 10 años	% Modulo Vinchuqueros Natural 86 años	% Modulo La Angostura 10 años	% Modulo La Angostura 86 años	Q Entrega Carmensa Con pérdida promedio m <sup>3</sup> /s
Q0.5 (10 años)	0.56	2.1%	1.7%	1.9%	1.6%	0.86
Q 0.5 (86 años)	0.65	2.4%	2.0%	2.2%	1.9%	1.01
Q1 (10 años)	0.99	3.7%	3.1%	3.4%	2.8%	1.53
Q1 (86 años)	1.11	4.2%	3.4%	3.8%	3.2%	1.71
Q1.5 (10 años)	<b>1.30</b>	<b>4.9%</b>	<b>4.0%</b>	<b>4.5%</b>	<b>3.7%</b>	<b>2</b>
Q1.5 (86 años)	1.48	5.5%	4.6%	5%	4%	2.28
Q1.8 (10 años)	1.48	5.5%	4.6%	5%	4%	2.28
Q1.8 (86 años)	1.71	6.4%	5.3%	6%	5%	2.63
Q Estadístico Móvil	2.07	8.7%	7.2%	8%	7%	3.59
Q95% 86 años	3.35	<b>10.8%</b>	<b>8.9%</b>	<b>12%</b>	<b>9.5%</b>	<b>5.2</b>
Q95% 10 años	3.40	<b>12.6%</b>	<b>10.4%</b>	<b>12%</b>	<b>10%</b>	<b>5.3</b>

Como se observa, resultaron valores entre 0,5 m<sup>3</sup>/s y 3,4 m<sup>3</sup>/s. Como se mencionó, los extremos son de reducida validez. Considerando el balance deficitario de la cuenca, la emergencia hídrica por ausencia de nevadas (oferta hídrica) persistente desde 2010 y observando la experiencia comparada en cuencas españolas, se efectúa la propuesta que consiste en:

Fijar el caudal hídrico apto para recomponer ecosistemas y comenzar su implementación de manera rápida y en el marco de acciones concretas con un caudal mínimo permanente de 1,3 m<sup>3</sup>/s que complete el régimen actual en Vinchuqueros, lo que alcanzaría un módulo cercano a 4 m<sup>3</sup>/s. Esta adición de caudal aparece fundamentalmente en verano y completa el régimen actual, siendo factible de implementar en corto plazo con medidas concretas. A partir de su implementación, desaparecen los cortes del río y se favorece la recomposición, la que puede monitorearse para adoptar medidas superadoras de gestión u obras adicionales que permitan aumentar la disponibilidad con el consecuente aumento del caudal mínimo permanente.

[Escriba aquí]



**Figura 2.** Régimen con  $Q_e$  – Sin Cortes.

## CONDUCTIVIDAD DEL AGUA

Se ha efectuado un análisis y recopilación de la tolerancia de las distintas especies de flora y fauna características de los ecosistemas de la zona baja de la cuenca. Se establece que, para ellos, los valores actuales de conductividad no son una limitante.

Todas las especies toleran conductividades superiores a 6.000 mS/cm, por lo que se establece que ese valor nunca debe alcanzarse. Dentro de las medidas conexas de gestión ambiental que debe darse en los ecosistemas para su adecuado estado, el escurrimiento y los drenajes o salidas no deben obviarse; un sector sin salidas puede concentrar sales por la evaporación, aun cuando la calidad del agua sea excelente.

Asimismo, se sugiere monitorear la conductividad en Vinchuqueros y compararla con la de los ecosistemas. Se espera que los valores de conductividad mejoren con la adición de agua que garantice el caudal mínimo permanente.

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se realizó la evaluación económica de la situación que implica implementar el caudal ecológico calculado por Mendoza (1,3 m<sup>3</sup>/s) o el solicitado por La Pampa (9m<sup>3</sup>/s de promedio) de manera inmediata sin acciones que generen disponibilidad de agua.

[Escriba aquí]

La propuesta mendocina de 1,3 m<sup>3</sup>/s como mínimo permanente implica completar el régimen actual en Vinchuqueros con caudales en verano fundamentalmente, que es cuando los caudales en el tramo inferior del río disminuyen por debajo de ese mínimo propuesto o se cortan. Bajo el supuesto de incorporar 100 días unos 3 m<sup>3</sup>/s en Carmensa, desde el canal Marginal, para que lleguen los 1,3 m<sup>3</sup>/s a Vinchuqueros con condiciones de buena calidad, se debe disponer de un volumen de 26 hm<sup>3</sup>/año, que impactan en el riego y la existencia de unas 1.500 ha.

Por lo expuesto, entregar el agua de manera inmediata, implica dejar de irrigar 1.500 ha, reducir 300 puestos de trabajo y 50.596 jornales directos, con un impacto económico de U\$S 6,3 millones al año, lo que, efectuando un flujo de fondos a perpetuidad, implica un Valor Actual, con tasa de descuento del 12 %, de hasta U\$S 50 millones.

La propuesta pampeana de 4,5 m<sup>3</sup>/s de mínimo, con módulo de 9 m<sup>3</sup>/s, implica completar el régimen actual con caudales durante todo el año, debiendo adicionar en Vinchuqueros unos 160 hm<sup>3</sup>/año, por lo que dadas las pérdidas del orden del 30%, debe adicionarse en Carmensa 230 hm<sup>3</sup>/año, que impactan en el riego de unas 13.500 ha.

Por lo expuesto, entregar el agua de manera inmediata de acuerdo a la propuesta Pampeana, implica dejar de irrigar 13.500 ha, reducir 2.700 puestos de trabajo permanentes y 455.361 jornales directos, con un impacto económico por pérdida en el valor de la producción de U\$S 57,3 millones por año, lo que, efectuando un flujo de fondos a perpetuidad, implica un Valor Actual, con tasa de descuento del 12 %, de hasta U\$S 453 millones.

Entre las múltiples alternativas que puedan surgir, una inmediata que desde lo económico suele y debe analizarse, es la implementación de agua subterránea para suplir la oferta superficial.

La Propuesta de Mendoza puede implementarse de manera rápida con 75 pozos bombeando durante los 100 días de verano, lo que implica una inversión de U\$S 5,4 millones y un costo operativo anual incluido energía de U\$S 1,6 millones al año. Si Mendoza pone a disposición el manejo de embalses para atender el ecosistema, situación que se pretende ofrecer, podrían ejecutarse 25 pozos que bombeen durante 300 días al año, lo que resulta en un volumen de agua equivalente, pero la inversión se reduce a U\$S 1,8 millones y los costos operativos a U\$S 1,12 millones al año.

La propuesta de La Pampa implica ejecutar 230 perforaciones para que trabajen 300 días al año, con una inversión de U\$S 16,2 millones y los costos operativos a U\$S 10,2 millones al año. Además, implementar esa cantidad de perforaciones lleva tiempo y puede comprometer el acuífero (además de considerar que ese volumen de agua no es necesario que se adicione para los ecosistemas), por lo que un proyecto de esta magnitud requiere una evaluación más detallada sobre su viabilidad.

[Escriba aquí]

El análisis económico también demuestra la lógica de la progresividad de las acciones en acuerdo con la implantación del régimen de caudales ecológicos.

## CONCLUSIONES PRELIMINARES

Las acciones a desarrollar en pos de cumplir con el objetivo de recomposición son diversas: Obras progresivas que aumenten la eficiencia, pozos de refuerzo que sumen oferta bruta al sistema, inversiones intraprediales en riego, aumento de oferta bruta desde el Río Grande y acciones en territorio pampeano que favorezcan la recomposición (técnicas de recomposición conexas).

Comenzar por un grupo de acciones aisladas o directamente por el aumento de caudal, sin asumir que el cauce y los ecosistemas deben ser objeto de políticas públicas de gestión ambiental que generen las condiciones de maximizar el efecto del agua, resultará sumamente ineficiente. Comenzar por obras de gran envergadura, como podría ser el Traslase del Río Colorado, demoraría el “urgente” inicio de la recomposición ordenada por la Corte.

Por el contrario, combinar acciones de distinto tipo entre las enumeradas, implementarlas de manera planificada, ordenada y concertada, llevará sin duda a conseguir los objetivos para atender los aspectos destacados en el Considerando 15 de la Manda Judicial, dentro de los cuales se encuentra –como el más urgente- la implementación del caudal hídrico apto para recomponer los ecosistemas vinculados al río.

Se considera que las acciones deberían implementarse mediante dos niveles de actuación, uno urgente y otro programado. Las urgentes pueden consistir –por ejemplo- en baterías de perforaciones que refuercen la oferta bruta, junto a algunas mejoras en el cauce en territorio pampeano. De esta forma se puede favorecer la rápida implementación del caudal mínimo permanente y su efectividad.

Una herramienta que se destaca para las acciones programadas, que puede contribuir a elaborar lo que podría denominarse “PROGRAMA DE RECOMPOSICIÓN DE ECOSISTEMAS Y ATENCIÓN DE LA DESERTIFICACIÓN DEL ATUEL” es la Evaluación Ambiental Estratégica, de cuya aplicación pueden surgir acciones sustentables y concertadas, con sus costos, financiamientos, impactos y beneficios, resultando todo ello una propuesta clara de atención y solución de la problemática general planteada en el Considerando 15 in fine de la manda ordenatoria.

Habiendo observado los resultados obtenidos, se efectúa una comparación de la situación de caudales actuales en Vinchuqueros con la propuesta. Puede observarse que el régimen actual en Vinchuqueros, si bien presenta un módulo muy inferior al presentado en la demanda, anterior a la sequía que persiste desde 2010 –el módulo

[Escriba aquí]

pasó de 9 m<sup>3</sup>/s (serie 1980 – 2005) a 3,9 m<sup>3</sup>/s (Serie 2013 – 2017)–, desde la habilitación del Marginal del Atuel tiene mayor continuidad de caudales, es decir, hay menos cortes o situaciones de  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/s.

Esto lleva a pensar que, si la propuesta de Mendoza es consistente, el estado actual de los ecosistemas debería mostrarse mejorado. En virtud de esta conclusión, se comenzaron a diagramar vuelos y visitas al territorio pampeano.

## RELEVAMIENTO AÉREO Y TERRESTRE DEL NOROESTE PAMPEANO

La situación de menos cortes induce que estamos en una situación de escurrimientos que debieran estar recomponiendo los ecosistemas, por lo que se procedió en el corto tiempo disponible a efectuar una serie de vuelos y recorridos de campo en territorio pampeano. Se planifican y desarrollan los siguientes vuelos y visitas.

1. 28/12/2017: Vuelo de reconocimiento
2. 04/01/2018: Relevamiento a campo con mediciones de parámetros de calidad del agua, relevamiento del ambiente físico con registro de la flora y fauna, en especial la ictiofauna del ecosistema.
3. 29/01/2018: Relevamiento a campo con observaciones del ambiente físico y registro de la flora y fauna del ecosistema.

Dichos recorridos mostraron que el estado actual es notablemente mejorado respecto al presentado por La Pampa en la demanda, encontrando especies diversas de flora y fauna, así como vegetación abundante en las inmediaciones del cauce. En este punto cabe aclarar que durante el primer vuelo el caudal era de 1,8 m<sup>3</sup>/s cercano a la propuesta de Mendoza.



[Escriba aquí]

**Imagen 1:** Fecha de toma: **28-12-2017** / Lugar: Puente La Puntilla / Coordenadas: 36°15'33.45"S; 67°10'42.68"O.



**Imagen 2:** Fecha de toma: **28-12-2017**/ Lugar: zonas de inundación 4 / Coordenadas: 36°20'42.74"S; 67° 9'38.19"O.

## CONCLUSIONES FINALES

Se considera que la propuesta de Mendoza es consistente. Analiza los métodos y posibilidades en los tiempos disponibles, fundamentando y desarrollando una propuesta concreta.

Efectúa los cálculos, los analiza y los somete a la experiencia comparada con cuencas similares. Desarrolla la propuesta integral, que incluye un caudal inicial mínimo permanente de 1,3 m<sup>3</sup>/s, pero entendiendo que se debe monitorear los ecosistemas, para evaluar la recomposición y así de manera progresiva, mejorar lo que sea necesario en pos de cumplir con la Manda. Analiza y propone otras técnicas de recomposición conexas, a fin de cuidar el recurso hídrico escaso en todos sus usos, también en los ambientales.

Mendoza analiza el impacto que implica disponer los caudales de forma inmediata, de hecho, la cuenca del lado mendocino también sufre los problemas de desertificación, teniendo al agua como único medio de subsistencia para las personas, ya que la actividad agrícola es el sustento de las familias y sin riego no hay agricultura. Por ello y por la propia interpretación del fallo de la CSJN, indica que los caudales deben disponerse en el marco de obras u acciones, proponiendo como una salida inmediata, medidas urgentes que

[Escriba aquí]

incluyen la ejecución de perforaciones de refuerzo para asegurar una escorrentía permanente en años de sequía como el que se vive.

Por último, se contrasta la situación de los ecosistemas, la que sin duda se ve mejorada respecto a la época de la demanda, producto de la disminución en los cortes del Atuel, resultado que fortalece los cálculos y la propuesta efectuada.

Para la siguiente etapa de trabajo, donde deben evaluarse y analizarse obras o acciones, se propone el empleo de la Evaluación Ambiental Estratégica como herramienta, definiendo las acciones que progresivamente resulten más convenientes en vistas a atender los ecosistemas, el déficit y la desertificación de la cuenca del Atuel.

## INSTRUCCIONES GENERALES

**Al menos el primer autor del trabajo deberá ser un estudiante de grado o posgrado, o miembro de la comunidad científico-técnica vinculada a los recursos hídricos que esté dando sus primeros pasos en la temática.**

- Aguilera, G. y Pouilly M. (2012). Caudal ecológico: definiciones, metodologías y adaptación a la región andina. En: Acta Zoológica lilloana 56 (1-2), pp. 15–30. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/237904217\\_Caudal\\_ecologico\\_definiciones\\_metodologias\\_aplicacion\\_en\\_la\\_zona\\_Andina](https://www.researchgate.net/publication/237904217_Caudal_ecologico_definiciones_metodologias_aplicacion_en_la_zona_Andina)
- Baeza, D. y García de Jalón, D. (1999). “Cálculo de Caudales de Mantenimiento en la Cuenca del Tajo a Partir de Variables Climáticas y de sus Cuencas,” *Limnetica*, 16, 69–84.
- Conferencia Hidrográfica del Duero ( 2.007 ). Anexo 4: CARACTERIZACIÓN DE LOS CAUDALES AMBIENTALES. Ministerio de Medio Ambiente.
- Consuegra Martínez, Claudio (2.013). SÍNTESIS METODOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE CAUDALES ECOLÓGICOS (Qe), RESULTADOS Y POSIBLES CONSECUENCIAS. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
- Corporación Vitivinícola Argentina (COVIAR) -Observatorio Vitivinícola.
- Declaración de Brisbane. Conferencia Internacional de Caudales Ecológicos Australia. (2007). Disponible en: <https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/ELOHA/Documents/Brisbane%20Declaration-Spanish.pdf>
- Departamento General de Irrigación- Balance Hídrico Río Atuel, 2017.
- Embid Irujo, A. (2007), voz “Caudal Ecológico”, en Embid Irujo, A. (Dir), *Diccionario de Derecho de Aguas*, Iustel, Madrid
- García De Jalón, D. y González Del Tánago, M. (1998). El concepto de caudal ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles. Departamento de Ingeniería Forestal Escuela de Ingenieros de Montes Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: <http://ocw.um.es/ciencias/ecologia/ejercicios-proyectos-y-casos-1/jalon-tanago-1998.pdf>
- Global Water Partnership, Costo Económico del Agua Subterránea, 2013.
- Global WaterPartnership (GWP). 2000. Manejo integrado de recursos hídricos. Estocolmo, GWP.
- Gobierno de Mendoza – Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía - Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas de Mendoza — Producto Bruto Geográfico. 2015
- Gobierno de Mendoza – Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía - Dirección de Agricultura y Contingencias

[Escriba aquí]

Climáticas - Registro de Uso de la Tierra de la Provincia de Mendoza.

Montero, J. A. (2007). El Método del Caudal Básico para la determinación de Caudales de Mantenimiento – Aplicación a la Cuenca del Ebro. Dissertação de Doutoramento, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria – Universidad de Lleida, España

Municipalidad de General Alvear - Censo Agrícola Departamento de General Alvear – 2017.

Noguez Piedras, S., Fernandez J., Rocha Morales P., Cardoso D. (2009). Efeito de diferentes concentracoes de salinas (NaCl) na sobrevivencia de embrioes de peixe-rei *Odontesthes bonariensis* e *Odontesthes humensis*. *Biotemas* 22(3):235:238.

Ollero Ojeda, Alfredo (2015). Guía metodológica sobre buenas prácticas en restauración fluvial. Manual para gestores. Universidad de Zaragoza

Palau A. (1998). El caudal básico. Método para la gestión hidrobiológica de ríos regulados, Madrid, CEDEX.

Pantoja Valencia, Natalia (2017). Estimación de caudal ecológico mediante método hidrológicos, hidráulicos y ecológicos en la quebrada El Conejo (Mocoa-Putumayo) URI: <http://hdl.handle.net/10554/21157>

Pereira, Rafael. (s/f). “Río Atuel – Calidad Del Agua Del Oasis De Riego, Provincia de Mendoza”. Pereira Rafael, Del Rio Santiago, Bermejillo Adriana, Valdés Analía, Morábito José, Vallone Rosana. República Argentina. DGI-Subdelegación de Aguas del Rio Atuel; Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo.

Pizarro, Francisco (2004). Caudales Ambientales. GWP-CA. Disponible en: [http://cap-net-esp.org/document/document/182/Caudales\\_ambientales.pdf](http://cap-net-esp.org/document/document/182/Caudales_ambientales.pdf)

Plan Hidrológico de la demarcación del Segura 2015/21

PNUD-FAO, Estudio Preliminar de la cuenca del Río Atuel. (2001). Planes Director de la cuenca del Río Atuel – Proyecto PNUD-FAO-ARG-008, 2001

Rodríguez Salas et al (2015). Restauración de un sistema ecológico compartido. Estudio ambiental del Sitio Ramsar Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero. Dunken, Buenos Aires Rojas, Juan Pablo (s/f). “Lagunas de Oxidación Danone”. Informe, inédito.

Rustarazo, M. (2000). Determinación de regímenes de caudales ecológicos mínimos. Departamento de Ingeniería Forestal, Escuela Superior Técnica de Ingenieros de Montes, Tesis doctoral. Disponible en: <http://oa.upm.es/667/1/07200013.pdf>

Sosa, H. (2012), Restauración y conservación del Sitio Ramsar Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero, Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales / Wetlands International, CABA

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación - Instituto Nacional del Agua (2011), Atlas de Cuencas y Regiones Hídricas Superficiales de la república Argentina, versión 2010, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Buenos

Toll Vera J. (2016). “Sobrevivencia de plantines de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) en suelos salinos y salino-sódicos del Departamento Río Hondo, Santiago del Estero”. Toll Vera J., Martín G.O., Nicosia M.G., Fernández M.M., Olea L.E., González Coletti A., Agüero S.N. *Revista Agronomía del Noroeste Argentino*. Vol.36 no.1 San Miguel de Tucumán.

UNESCO (s/f). Metodologías utilizadas para determinar el caudal ambiental. Disponible en: <https://es.unesco.org/node/276181>

Universidad de Valladolid (2017). Estudio de Caudal Ecológico. Aprovechamientos Hidroeléctricos Río Santa Cruz – Argentina. UTE China Gezhouba Group Company Limited – Electroingeniería S.A – Hidrocuyo S.A

Villagra, P. (1997). “Germination of *Prosopis argentina* and *P. alata* seeds under saline conditions”. *J. Arid Environ.* 37:261-267.

Villagra, P. (2000). “Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos”. *Muldequina* 9(2):35-51.