

## **WATER POSITIVE. EL VALOR DEL AGUA**

### **WATER POSITIVE. THE VALUE OF WATER**

José Manuel Pano<sup>1</sup> & Fernando Saroglia<sup>2</sup>

#### **Resumen**

Está tomando forma un creciente Financiamiento de Proyectos *Water Positive*, en el que los beneficios volumétricos del agua (*VWB*, *Volumetric Water Benefits*) se están convirtiendo en activos estratégicos, a través de los cuales los grandes demandantes/consumidores de agua pueden financiar proyectos en cuencas hidrográficas afectadas, contribuyendo a su restauración generando un *VWBs*, cuantificables en m<sup>3</sup> de agua, convertibles en valor monetario usd/m<sup>3</sup>, no solo recuperando el valor de la inversión sino que además significando un aporte económico en sí mismo.

**Palabras clave:** Sostenibilidad; Water Positive; cuenca; financiamiento; comunidad; desarrollo sostenible

#### **Abstract**

*A growing Water Positive Project Financing is taking shape, in which volumetric water benefits (VWB) are becoming strategic assets, through which large water demanders/consumers can finance projects in affected river basins, contributing to their restoration by generating VWBs, quantifiable in m<sup>3</sup> of water; convertible into monetary value USD/m<sup>3</sup>, not only recovering investment value but also meaning an economic contribution in itself.*

**Keywords:** Sustainability; Water Positive; basin; financing; community; sustainable development

#### **Marketing en Perspectiva**

**Fondos, Regulaciones y sostenibilidad en estrategia de Marketing**  
**Water Positive. Una oportunidad de Financiamiento Sostenible.**

#### **Empresa y sostenibilidad ODS**

En septiembre de 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un plan de acción global estructurado en 17 Objetivos y 169 metas, conocidos como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La agenda propone un marco integral que abarca las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo, orientado a promover el bienestar de las personas, la protección del planeta y la prosperidad colectiva. Los 17 objetivos constituyen un referente internacional para la evaluación del desempeño sostenible de los gobiernos, las instituciones y el sector empresarial, y los impactos generados por sus actividades y políticas.

A partir de entonces, los distintos actores públicos y privados encuentran en los 17 ODS y sus 169 Metas un marco de referencia que les permite alinear sus estrategias, operaciones y modelos de gestión con aquellos objetivos que resulten más pertinentes a sus ámbitos de acción y responsabilidades prioritarias. En este proceso, se promueve la incorporación de prácticas más eficientes, inclusivas y sostenibles, en consonancia con los cinco pilares de la sostenibilidad:

Pilar Planeta: el escenario y medio en el cual transcurren las acciones, donde el hombre vive y se desarrolla. Integrado por los ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), 12 (Producción y Consumo responsables), 13 (Acción por el Clima), 14 (Vida Submarina) y 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres).

Pilar Personas, actores protagonistas y motores de la transformación, en condiciones para desarrollar y crear valor. Integrado por los ODS 1 (Fin de la Pobreza), 2 (Hambre Cero), 3 (Salud y Bienestar), 4 (Educación de Calidad) y 5 (Igualdad de Género).

Pilar Prosperidad, herramientas con las cuales las personas con salud física, mental y emocional logran, en un escenario adecuado, Prosperidad y Calidad de Vida. Integrado por los ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), 8 (Trabajo decente y Crecimiento económico), 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), 10 (Reducción de las desigualdades) y 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles).

Pilar Paz, Justicia e Instituciones Sólidas, como marco de soporte y garantía para el desarrollo sostenible.

Pilar Alianzas, con el propósito de fortalecer la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible mediante la colaboración entre gobiernos, sociedad civil, sector privado, academia y otras entidades, compartiendo e intercambiando recursos, conocimientos, tecnología y financiamiento.

En este contexto, la integración de la sostenibilidad a la estrategia corporativa trasciende

<sup>1</sup> Argentino, Ingeniero Industrial, Presidente Interconsultores SA, Lead Generator AquaPositive, Entrenador UNITAR Certificación Cadenas de Valor ODS y Profesor Taller Mentoreo de Proyectos CEDEX UP. e-mail: josemp311@gmail.com

<sup>2</sup> Argentino, Lic. En Administración de Empresas, Project Manager AquaPositive, e-mail: fernando.saroglia@aquapositive.com

el plano del compromiso voluntario o filantrópico, para consolidarse como un componente estructural de la gestión organizacional contemporánea.

Este enfoque responde, además, a una tendencia global marcada por la creciente evidencia de crisis ambientales, sociales y económicas, frente a las cuales gobiernos, empresas y organismos internacionales han impulsado la creación de nuevas normativas y la actualización de marcos regulatorios existentes con el fin de fortalecer las exigencias en materia de sostenibilidad y responsabilidad corporativa.

***El impacto de las operaciones empresariales en los ODS***  
***Un paso hacia la sostenibilidad corporativa***

En algunos casos, las empresas no son plenamente conscientes del potencial que poseen sus operaciones para contribuir al cumplimiento de los ODS. Y esto no se limita únicamente a la implementación de mejoras en sus procesos, sino también a la capacidad de reconocer, medir, hacer visibles y poner en valor los impactos positivos que ya generan.

La comunicación efectiva de dichos resultados convierte las acciones cotidianas en un valioso diferencial estratégico capaz de fortalecer la reputación corporativa, abrir nuevas oportunidades de negocio y facilitar el acceso a fuentes de financiamiento sostenible.

La identificación de los impactos, tanto positivos como negativos, constituye el punto de partida para la toma de decisiones sostenibles con criterios *ESG* (Ambiental, Sociales y Gobernanza). Solo a partir de su reconocimiento es posible gestionarlos de manera eficiente, reducir riesgos y transformar las debilidades en oportunidades de innovación, eficiencia operativa y ventaja competitiva.

**Water Positive**  
**El concepto AGUA POSITIVA**

Water Positive generar más agua de la que se consume. Es un concepto que trasciende la conservación de los recursos hídricos; significa devolver al medio ambiente más agua de la que se consume, contribuyendo a la regeneración y mejora de la calidad de las fuentes de agua, dejando el recurso en mejor condición a la original. Un enfoque de gestión del recurso hídrica a través del cual empresas y corporaciones se comprometen no solo a reducir su huella hídrica operativa sino a reponer y restaurar ecosistemas y cuencas de forma que su balance neto de agua y sus impactos sean positivos.

El financiamiento sostenible permite aplicar capital a soluciones de infraestructura hídrica en proyectos de restauración con impactos positivos en la cuenca. Estor proyectos requieren marcos de riesgo, incentivos regulatorios y criterios de elegibilidad que integren riesgos hídricos y beneficios sociales.

Algunos de los procesos que generan un Impacto Hídrico Positivo son tales como: Eliminación de PFAS/Microplásticos y contaminantes emergentes, Sistemas de

Drenaje Urbano Sostenible (*SUDS*), Agricultura regenerativa y prácticas de ahorro de agua, Reutilización y reciclaje de agua, Recarga Gestionada de Acuíferos (*MAR*), Almacenamiento superficial estratégico, Restauración de humedales, Captación de agua de lluvia y escorrentía urbana, Ahorro de agua (ANR, purificación de agua, procesos de membrana) o Desalinización sostenible

Por esta razón, la agenda Water Positive se enlaza directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, no tan solo como ODS 6, Agua limpia y saneamiento, sino que abarca la integralidad de los 17 ODS de la Agenda 2030 de UN y, muy particularmente el ODS 12, Consumo y Producción.

***Metodología: Criterios de selección, indicadores y métodos de análisis.***

Los criterios de selección se relacionan principalmente con el impacto positivo sobre la cuenca, las comunidades y el ambiente en general, priorizando los ODS alcanzados y los indicadores de *VWB*; *Volumetric Water Benefits*.

En cuanto el método de análisis es la medición de la Huella Hídrica, análisis a nivel de cuenca, caudales, calidad del agua de acceso, acceso a agua potable, normativa de vuelco, métricas comparables, y los impactos eco sistémicos en relación a los ODS.

**El Mercado del AGUA**  
***Water Positive*. Financiamiento Sostenible**

En virtud de la urgente necesidad de construir cadenas de valor resilientes al clima y con seguridad hídrica, se espera entonces que las empresas vayan más allá de la eficiencia operativa y contribuyan directamente a la salud de la cuenca y al acceso comunitario al agua.

En marcos como la *CSRD* (*Corporate Sustainability Reporting Directive*)<sup>3</sup>, la *CSDDD* (*Corporate Sustainability Due Diligence Directive*)<sup>4</sup> y el Pacto Verde de la UE<sup>5</sup>, todas normativas de la Unión Europea, las divulgaciones y los impactos relacionados con el agua ya no son opcionales, sino que son fundamentales para el cumplimiento, la gestión de riesgos y la licencia para operar.

A raíz de ello, está tomando forma un creciente Financiamiento de Proyectos *Water Positive*, donde la administración del agua (*Water Stewardship*) y marcos como los

<sup>3</sup> CSRD es una normativa de la Unión Europea vigente desde enero 2023 que obliga a las corporaciones y empresas y las subsidiarias de compañías no europeas a, a divulgar sus impactos ambientales y sociales y la manera en la cual sus acciones ESG afectan sus negocios

<sup>4</sup> CSDDD es un conjunto de normas que tienen por fin fomentar un comportamiento empresarial sostenible y responsable en las operaciones de las empresas y en todas sus cadenas de valor mundiales. Las empresas incluidas en el ámbito de aplicación deben identificar y abordar los impactos adversos sobre los derechos humanos y el medio ambiente de sus acciones dentro y fuera de Europa.

<sup>5</sup> PACTO VERDE UE. Lanzado en 2019, establece un plan para transformar la economía, la energía, el transporte y las industrias de Europa hacia un futuro más sostenible con el objetivo de reducir las emisiones al menos en un 50 % para 2030. Se vincula legalmente el objetivo de neutralidad para 2050 a través de la Ley Europea del Clima.

beneficios volumétricos del agua (*VWB*) se están convirtiendo en activos estratégicos, permitiendo a las empresas rastrear, medir y certificar sus contribuciones al recurso hídrico a lo largo de sus cadenas de suministro.

Por intermedio de este mercado, grandes demandantes de agua como corporaciones, comunidades y empresas pueden involucrarse en la gestión eficiente del agua, invirtiendo en proyectos externos que mejoren la calidad y disponibilidad de agua en cuencas hidrográficas afectadas, convirtiéndose en actores activos de su restauración.

Es decir que, ya sea seleccionando un proyecto maduro del mercado o desarrollando uno nuevo basado en riesgos específicos del agua, se adecuan soluciones que brindan un impacto medible alineado con los ODS, la CSRD y las prioridades de sostenibilidad de la cadena de suministro. Se verifican y establecen necesidades de la cuenca, se cuantifican los resultados medibles y se empaqueta su impacto en un beneficio de agua reportable y listo para la inversión por parte de los demandantes de agua.

En síntesis, los grandes demandantes/consumidores de agua pueden financiar proyectos en cuencas hidrográficas afectadas, contribuyendo a su restauración generando un *VWB* (beneficio volumétrico de agua), cuantificable en m<sup>3</sup> de agua, convertible en valor monetario usd/m<sup>3</sup>, a valor presente mercado aproximado del orden de los entre 0.85 usd/m<sup>3</sup> a 1.25usd/m<sup>3</sup>, valores que multiplicados por el beneficio volumétrico en su tiempo de permanencia, no solo aporta al recupero de la inversión sino que representa una aporte económico en sí mismo.

Para unirse al mercado de *Water Positive*, los desarrolladores y proveedores deben hacer más que generar impacto: deben demostrarlo. Exige generar beneficios medibles, verificables, trazables, reportables y duraderos para el medio ambiente a través de soluciones que no solo sean técnicamente sólidas, sino también intencionales, adicionales y permanentes. Intencionales porque deben tener un impacto neto positivo más allá de compensar la huella hídrica; Adicionales para generar más agua de la que se consume y Permanentes ya que deben mantenerse en el mediano y largo plazo.

## Conclusiones y resultados

La implementación del enfoque *Water Positive* impone que la gestión hídrica debe trascender la mera eficiencia operativa y obliga a pasar de la mitigación a la restauración activa de cuencas y ecosistemas, generando un impacto neto positivo en el recurso hídrico, las comunidades y la creación de valor elevando la problemática del agua al plano eco sistémico.

Su adopción demuestra que este concepto debe sustentarse en métricas robustas y contextualizadas, como los marcos *WRI*, *Alliance for Water Stewardship*, *WWF*, *UN-Water* y mecanismos de financiamiento sostenible capaces de movilizar inversiones de largo plazo y estructuras de gobernanza colaborativa que integren a empresas, comunidades, organismos públicos y gestores de cuencas.

*Water Positive* se alinea con los ODS... pero también los trasciende. Aunque se ancla en el ODS 6, el enfoque *Water Positive* es intrínsecamente transversal, aportando simultáneamente a los objetivos relacionados con clima, alimentos, energía, biodiversidad, ciudades y producción sostenible que trasciende lo hídrico. En conjunto, la evidencia disponible indica que *Water Positive* es un marco viable y transformador, cuya efectividad depende de su coherencia técnica, su legitimidad social y su integración estratégica dentro de agendas más amplias de desarrollo sostenible.

La gobernanza es tan importante como la tecnología. La cooperación público-privada, la participación comunitaria, los acuerdos de gobernanza de cuencas, la integración con regulaciones nacionales, fortalecen su implementación a través de acuerdos institucionales.

En síntesis: *Water Positive* funciona mejor cuando se integra en políticas públicas, se financia adecuadamente y se implementa con métricas verificables en cuencas específicas. Es un marco estratégico para restaurar sistemas hídricos y acelerar el desarrollo sostenible.

## CASO: *Smart Irrigation for Water Positive*. Mendoza. Argentina. Gestión eficiente de Irrigación en Vitivinicultura

### 1. Antecedentes

En un mundo donde la crisis climática avanza más rápido que las soluciones, el agua se ha convertido en el recurso más estratégico, disputado y limitante para el desarrollo humano. Cada año, más del 70% del agua dulce disponible se utiliza en agricultura, y en regiones semiáridas como Mendoza, donde las precipitaciones no superan los 250 mm anuales, las pérdidas por riego ineficiente representan más de 80 millones de m<sup>3</sup> al año, un volumen suficiente para abastecer a toda la población del Gran Mendoza durante meses. Este contexto global y local revela una realidad urgente: sin una revolución tecnológica en el uso del agua, la seguridad alimentaria y la estabilidad económica del territorio están en riesgo.

En respuesta, surge una propuesta transformadora que combina inteligencia artificial, sensorización IoT y riego de precisión para optimizar cada gota aplicada en los viñedos de exportación. Esta iniciativa no solo busca eficiencia; propone un cambio estructural en la manera de producir vino, transformando el dato en agua ahorrada y la innovación en resiliencia.

El sistema integra información climática, humedad del suelo, evapotranspiración y fenología de la vid para decidir cuándo y cuánto regar, evitando pérdidas por infiltración o evaporación. Gracias a este enfoque, cada hectárea puede ahorrar hasta un 50% del agua utilizada, el equivalente al consumo anual de más de 1.200 hogares mendocinos, reduciendo además en un 30% la energía destinada al bombeo.

Más que una tecnología, el proyecto representa una nueva filosofía de producción que une sostenibilidad, rentabilidad y regeneración. Su aplicación en la cuenca del río Mendoza, una de las más tensionadas del Cono Sur, permite aliviar la presión sobre acuíferos y mantener la calidad del agua en los ecosistemas de montaña.

Este esfuerzo conjunto entre productores, cooperativas vitivinícolas, empresas tecnológicas y organismos públicos consolida un modelo replicable de gestión hídrica agrícola, alineado con los principios de Water Positive y la metodología VWBA 2.0, garantizando adicionalidad, trazabilidad e intencionalidad en cada litro ahorrado o repuesto. De esta forma, el proyecto refuerza la seguridad hídrica regional, eleva la competitividad del vino argentino en los mercados internacionales y demuestra que el agua gestionada con inteligencia puede convertirse en un motor de una nueva economía circular y climáticamente resiliente.

## 2. Reto y Oportunidad

El sector vitivinícola mendocino enfrenta un doble desafío: mantener su liderazgo exportador y adaptarse a una creciente escasez de agua superficial y subterránea en un contexto de cambio climático acelerado. Actualmente, los métodos tradicionales de riego por inundación, con eficiencias promedio del 35-40%, generan pérdidas que superan los 8.000 m<sup>3</sup> por hectárea al año, afectando la sostenibilidad económica y ecológica del territorio. La oportunidad técnica surge de reemplazar estos sistemas obsoletos por un sistema integral de riego por goteo inteligente, basado en la integración de sensores IoT, inteligencia artificial y gestión predictiva de la demanda hídrica.

El sistema combina estaciones meteorológicas automáticas, sondas de humedad y algoritmos de aprendizaje automático que interpretan variables de evapotranspiración y fenología de la vid para definir el riego óptimo en cada parcela. La tecnología permite reducir entre un 40 y un 60% el volumen aplicado, equivalente a más de 40 millones de litros de agua al año en una finca promedio, con una disminución de hasta el 30% en el consumo energético por bombeo. Los beneficios inmediatos incluyen ahorro hídrico y energético, estabilidad productiva, reducción de escorrentías y mejora de la calidad del suelo por menor lixiviación de nutrientes.

El impacto ambiental positivo se traduce en una regeneración del balance hídrico de la cuenca, una menor presión sobre los acuíferos y la reducción indirecta de emisiones de CO<sub>2</sub> por menor uso de energía eléctrica. A nivel operativo, la trazabilidad digital del sistema garantiza un control continuo de cada litro aplicado, cumpliendo con los principios de trazabilidad e intencionalidad definidos por el marco VWBA 2.0.

El proyecto es liderado por un consorcio formado por productores locales, cooperativas vitivinícolas, autoridades de cuenca y empresas tecnológicas especializadas en agrotech, que actúan como socios estratégicos en la digitalización agrícola.

El modelo es plenamente replicable en otras zonas áridas o semiáridas de América Latina, como el Valle de Uco, el Valle del Elqui o el Sertão brasileño, donde las condiciones de estrés hídrico exigen soluciones de alta eficiencia. Su escalabilidad se debe a la naturaleza modular de la tecnología, a su compatibilidad con sistemas de riego existentes y a su bajo requerimiento energético. Actuar ahora es esencial: cada año sin esta transición implica millones de metros cúbicos perdidos y un mayor riesgo de degradación de los

acuíferos regionales.

Cualquier empresa agroindustrial comprometida con la sostenibilidad, los criterios ESG y la economía circular puede liderar o cofinanciar esta solución, obteniendo beneficios tangibles: cumplimiento de objetivos ambientales, reducción de su huella hídrica y energética, diferenciación competitiva en mercados internacionales y un fuerte posicionamiento reputacional como actor del cambio hacia una agricultura Water Positive.

## 3. Soluciones y Mitigaciones

La solución técnica propuesta se enmarca dentro de la categoría “*Demand Management / Agricultural Best Management Practices*” según VWBA 2.0 y consiste en un sistema integral de riego inteligente que combina infraestructura hidráulica, sensorización digital e inteligencia artificial aplicada a la gestión hídrica. El diseño incluye sensores de humedad del suelo, estaciones meteorológicas automáticas, válvulas de control digital y una plataforma central de IA que procesa datos en tiempo real para optimizar la aplicación de agua por parcela y ciclo fenológico. Este sistema híbrido, con componentes físicos (infraestructura gris) y digitales (IA e IoT), fue seleccionado tras evaluar alternativas tradicionales como el riego presurizado sin automatización o los calendarios fijos basados en evapotranspiración promedio, que demostraron menor eficiencia y escasa capacidad de adaptación ante la variabilidad climática.

La capacidad de operación estimada abarca 120 hectáreas piloto, con un ahorro potencial de 40 a 50 millones de litros de agua al año y una mejora del 20% en la productividad hídrica (kg de uva/litro de agua). El método de cuantificación de beneficios aplica el *Withdrawal and Consumption Method*, comparando condiciones con proyecto y sin proyecto para determinar el volumen de agua ahorrado, reutilizado o regenerado. A corto plazo, el impacto se manifiesta en la eficiencia y la reducción de costes operativos; en el mediano, en la estabilización productiva y la mejora de la calidad del suelo; y en el largo plazo, en la recuperación parcial del balance hídrico de la cuenca.

Desde el punto de vista técnico y estratégico, esta solución aborda el problema de baja eficiencia de riego, sobre extracción de acuíferos y pérdida de productividad derivada del estrés hídrico. Es especialmente adecuada para el contexto mendocino por su clima árido, alta radiación solar y variabilidad hidrológica, integrando criterios de selección basados en eficiencia volumétrica, costo operativo, replicabilidad y compatibilidad con normativas locales de uso racional del agua (Departamento General de Irrigación de Mendoza). Cumple con los principios de adicionalidad, trazabilidad e intencionalidad del marco Water Positive y VWBA 2.0, garantizando beneficios reales, medibles y verificables y, para exportadores a Europa, adiciona el cumplimiento de las normativas europeas antes mencionadas.

Los beneficios cuantificables incluyen entre 30% y 60% de ahorro de agua (equivalente al consumo anual de más de 1.200 hogares), reducción del 30% en consumo energético y disminución indirecta de emisiones de CO<sub>2</sub>. Entre los co-beneficios destacan la mejora en la

salud del suelo, la reducción de lixiviación de nutrientes y la prevención de salinización en áreas de recarga. En el plano social, fortalece la seguridad alimentaria, promueve empleo calificado en tecnología agrícola y mejora la resiliencia de las comunidades productoras frente a sequías.

La implementación se desarrolla en tres etapas: Fase 1 – Diseño y calibración de la red sensorial, instalación de medidores de caudal, sondas y válvulas; Fase 2 – Integración digital y modelización predictiva, puesta en marcha de la plataforma de IA con conexión IoT para generar alertas y programas automáticos de riego; Fase 3 – Validación y expansión, donde se monitorean resultados, se ajustan parámetros y se amplía el sistema a nuevas parcelas.

En cuanto a riesgos, se identifican posibles fallos de sensores, interrupciones en la conectividad, variabilidad hidrológica y resistencia cultural al cambio. Para mitigarlos se incorporan redundancias tecnológicas, mantenimiento predictivo, protocolos de calibración periódica y formación continua a los operarios. La gobernanza compartida entre productores y autoridades de cuenca asegura una respuesta coordinada ante contingencias climáticas. Asimismo, se establecen protocolos para prevenir fallos críticos, tales como contaminación del agua de riego, escasez de suministro o intrusión salina, con sistemas de alarma y planes de contingencia predefinidos.

El modelo es escalable a otros territorios vitivinícolas o agrícolas que compartan condiciones áridas, semiáridas o de estrés hídrico estructural, como el Valle del Elqui (Chile), San Juan (Argentina) o Baja California (México). Su competitividad se basa en un costo de implementación por hectárea 40% inferior al de sistemas presurizados convencionales y un retorno estimado de inversión de 3 a 4 años. La expansión del modelo se apoya en alianzas público-privadas y tecnológicas que promueven innovación agrícola, financiamiento climático y cumplimiento de estándares ESG, consolidando una solución que integra eficiencia técnica, resiliencia ambiental y liderazgo corporativo en la transición hacia una agricultura Water Positive.

#### 4. ODS que atraviesa el proyecto

- **ODS 6: Agua limpia y saneamiento:** El proyecto contribuye de forma directa y cuantificable a este objetivo mediante el ahorro de entre 40 y 50 millones de litros de agua por año, equivalente al 50% del consumo previo en las parcelas intervenidas. Esta eficiencia volumétrica se traduce en una reducción significativa de la extracción de fuentes superficiales y subterráneas, aportando resiliencia a la cuenca y fortaleciendo la seguridad hídrica regional. Los datos de caudal, monitoreados en tiempo real por la red IoT, permiten validar de manera física y digital la contribución al ODS 6, con indicadores de salida, resultado e impacto.
- **ODS 12: Producción y consumo responsables:** El sistema de riego inteligente impulsa una agricultura regenerativa que optimiza insumos, minimiza pérdidas y promueve la circularidad hídrica y energética. La reducción del consumo de agua y energía en un 30% y la menor aplicación de fertilizantes por lixiviación sitúan al proyecto como referente de producción sostenible, contribuyendo al uso eficiente

de recursos naturales y la gestión racional de químicos y desechos.

- **ODS 13: Acción por el clima:** La digitalización del riego incrementa la resiliencia climática del sistema agrícola frente a sequías y eventos extremos, reduciendo la vulnerabilidad productiva. La menor demanda energética evita emisiones indirectas de CO<sub>2</sub>, mientras que la mejora en la retención de humedad del suelo amplía la capacidad adaptativa del territorio. El proyecto se convierte en un modelo tangible de mitigación y adaptación climática en zonas áridas.
- **ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres:** La reducción de la presión sobre acuíferos y la mejora de la infiltración natural favorecen la conservación de ecosistemas ribereños y la regeneración de suelos agrícolas. El proyecto aumenta la capacidad de retención hídrica y disminuye el riesgo de salinización, contribuyendo a la preservación del equilibrio ecológico del territorio.
- **ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos:** El proyecto se apoya en una red de cooperación entre empresas tecnológicas, productores locales, instituciones académicas y autoridades de cuenca, consolidando un modelo de gobernanza hídrica colaborativa. Estas alianzas público-privadas fortalecen la trazabilidad de los resultados y facilitan la expansión del modelo a otros territorios. Además, el proyecto se conecta con las agendas globales de la Agenda 2030, CEO Water Mandate y Science Based Targets for Water (SBTN), demostrando su capacidad de escalamiento y su coherencia con los compromisos internacionales de sostenibilidad.
- **Pilar PROSPERIDAD:** el proyecto contribuye positivamente al desarrollo económico local y la oportunidad de generación de agregaduría de valor, tanto en la cadena de valor vitivinícola como en la producción general ya que al liberar recurso del acuífero, en el plano social y económico aliviana las tensiones periódicas entre regantes y las comunidades urbanas, rurales y periurbanas.

#### 5. Cuenca que se ve afectada

El proyecto se ubica en la cuenca del río Mendoza, con foco en el oasis Norte y los sistemas de distribución Guaymallén, Maipú, Luján y se articula con unidades productivas en subáreas de riego del DGI (Departamento General de Irrigación, autoridad hídrica de Mendoza). La autoridad de gestión es el Departamento General de Irrigación de Mendoza, con participación de Inspecciones de Cauce y municipios. Se trata de una cuenca árida de alta relevancia para la economía regional y, según diagnósticos oficiales y listados internacionales de estrés hídrico, presenta condiciones de alta presión estructural por demanda agrícola predominante y disminución de aportes nival-glaciarios.

Desde el punto de vista ambiental, la cuenca muestra un déficit oferta/demanda superior al 20% en años secos, descenso tendencial de caudales superficiales, y sobreexplotación local de acuíferos con riesgos de salinización progresiva. Predominan sequías recurrentes, alta evapotranspiración potencial y episodios de aluviones puntuales en alta montaña. Los indicadores de diagnóstico incluyen volúmenes extraídos por canal principal, niveles piezométricos, conductividad eléctrica y salinidad en zonas de recarga/descarga,

coeficientes de infiltración y balances hídricos anuales del DGI.

En el plano social y económico, la agricultura (vitivinicultura y cultivos asociados) explica la mayor parte de la extracción; los usos urbanos e industriales (bodegas, agroindustrias) completan la demanda. Existen tensiones periódicas entre regantes y usos urbanos, así como entre zonas alta–media–baja del sistema de riego, especialmente en años secos. Las comunidades rurales y periurbanas dependen del riego para su empleo e ingresos, por lo que son vulnerables a la escasez hídrica y a la degradación de la calidad del agua.

La cuenca es estratégica por concentrar el principal polo vitivinícola exportador de Argentina, por su infraestructura crítica (embalse Potrerillos, canales primarios/secundarios) y por albergar ecosistemas andinos sensibles (vegas alto andinas y riberas). El proyecto reduce la presión sobre fuentes superficiales y subterráneas en un sistema con limitadas alternativas de suministro y alta dependencia de deshielos.

Los indicadores de mejora esperados abarcan: disponibilidad ( $\text{m}^3/\text{año}$  ahorrados por conversión a goteo e IA; incremento de eficiencia parcelaria y reducción de pérdidas en parcela); calidad (disminución de SST y turbidez en retornos agrícolas; menor arrastre de sales y nutrientes por reducir escorrentía y percolación profunda); y resiliencia climática (mejor retención de humedad del suelo, menor presión estacional sobre acuíferos y mayor capacidad de adaptación a sequías). El proyecto contribuye a objetivos de planes hídricos provinciales, compromisos Agenda 2030/ODS y lineamientos de *Science Based Targets for Water* en materia de eficiencia y riesgo de cuenca.

La evidencia y trazabilidad se aseguran con línea base y monitoreo before/after georreferenciado: caudalímetros en cabecera de bloque y parcela, sensores de humedad, estaciones meteorológicas, balances hídricos parcelarios e informes de laboratorio cuando corresponda (conductividad, sólidos, sales). Todos los datos se integran en un SCADA/IoT con registros sellados digitalmente, tableros auditables y exportables para verificación externa y para reportes periódicos al DGI y otras autoridades. Los *KPIs* de cuenca incluyen  $\text{m}^3/\text{año}$  ahorrados,  $\text{KWh}/\text{m}^3$  evitados, eficiencia de aplicación (%) y productividad hídrica ( $\text{kg uva}/\text{m}^3$ ), demostrando el impacto neto y su alineación con metodologías VWBA 2.0.

## 6. Implementación

El proyecto se estructura en tres fases operativas:

**Enfoque y fases:** El proyecto se implementará bajo un esquema escalonado y adaptativo, diseñado para garantizar la madurez tecnológica y la validación progresiva de resultados. Cada fase combina trabajo técnico de campo, modelización digital y seguimiento operativo, con plazos de ejecución definidos y controlados.

**Fase 1 – Diagnóstico, línea base y diseño:** Durante los primeros 6 meses se desarrolla un diagnóstico integral de la finca, determinando consumos reales de agua, eficiencia de aplicación, textura y conductividad de suelos, y balance hídrico de referencia. Esta

etapa incluye instalación inicial de caudalímetros, sensores de humedad, estaciones meteorológicas automáticas y software de monitoreo preliminar. Se definen los *KPIs* base ( $\text{m}^3$  aplicados/ha, humedad efectiva, eficiencia volumétrica y  $\text{KWh}/\text{m}^3$ ) que permitirán comparar el escenario sin proyecto y con proyecto. (VWBA Pasos 1-2).

**Fase 2 – Ejecución e integración tecnológica:** En los siguientes 12 meses se realiza la sustitución progresiva de los sistemas de riego por inundación por riego por goteo inteligente, incorporando una red completa de válvulas automáticas, líneas de riego de alta precisión y un sistema digital centralizado basado en inteligencia artificial y conexión IoT. El sistema analiza datos de evapotranspiración, humedad y radiación solar para emitir órdenes de riego automáticas y optimizar la programación diaria. La calibración inicial permite alcanzar un rendimiento hidráulico del 90% y reducir en un 40-60% el consumo de agua por hectárea. (VWBA Pasos 3-5).

**Fase 3 – Puesta en marcha, validación y seguimiento:** Una vez operativa la red, se implementa un protocolo de monitoreo continuo con reportes en tiempo real sobre ahorro volumétrico, consumo energético, estado de humedad del suelo y uniformidad de aplicación. Los datos son analizados por un sistema *SCADA* vinculado a la nube y a un tablero de gestión para auditorías y verificación de terceros. Se emiten reportes mensuales y verificaciones semestrales de cumplimiento de objetivos de ahorro y eficiencia. (VWBA Paso 6).

El sistema se implementa como un proceso integrado que combina infraestructura hidráulica avanzada, tecnologías digitales y gestión operativa coordinada. En su núcleo, la red híbrida de control y sensorización integra dispositivos de humedad del suelo, estaciones meteorológicas de alta precisión y válvulas inteligentes conectadas a una plataforma central de inteligencia artificial. Esta solución fue seleccionada luego de una evaluación comparativa frente a otras alternativas, como el riego presurizado convencional o los sistemas automáticos sin conectividad, demostrando mayor eficiencia operativa y capacidad de adaptación a la variabilidad climática. El conjunto opera a una presión nominal de 2 bar y tiene capacidad para cubrir 120 hectáreas con un rendimiento hidráulico superior al 90%, garantizando uniformidad de aplicación y ahorro de agua. Los instrumentos de control, caudalímetros electromagnéticos, sensores capacitivos y sondas de temperatura y humedad, transmiten datos en tiempo real mediante telemetría de bajo consumo, asegurando trazabilidad total del recurso.

La línea base inicial reveló consumos promedio de  $8.000 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$  y una eficiencia de apenas 35%, con pérdidas del 60% y un gasto energético de  $1,5 \text{ KWh}/\text{m}^3$ . Sobre este escenario se definieron los indicadores clave de desempeño (volumen aplicado, humedad efectiva, eficiencia volumétrica, productividad hídrica y consumo energético) que se miden de forma continua con validaciones mensuales. Los datos se obtienen mediante sensores en línea, verificaciones de laboratorio y teledetección satelital, lo que permite evaluar los cambios en tiempo real y documentar la mejora frente al escenario base.

La trazabilidad se garantiza tanto física como digitalmente: el sistema monitorea el flujo de agua desde la fuente de captación hasta la descarga en parcela, mientras la plataforma

IoT y el *SCADA* registran cada evento de riego con fecha, volumen y usuario responsable. En caso de desviaciones, se activan alarmas automáticas y bloqueos preventivos de válvulas para proteger la red. La operación del sistema recae en productores locales capacitados, apoyados por técnicos especializados en riego inteligente, con supervisión del Departamento General de Irrigación de Mendoza. Las responsabilidades se distribuyen entre operación, mantenimiento, monitoreo y verificación, dentro de un marco de gobernanza compartida. El plan de mantenimiento preventivo contempla revisiones trimestrales, calibración de sensores y planes de respaldo energético que aseguran continuidad operativa.

El seguimiento y la mejora continua son pilares de la implementación. Los resultados en ahorro hídrico, energético y eficiencia son reportados trimestralmente en la plataforma *VWBA/WQBA*, contrastando los escenarios con proyecto y sin proyecto para actualizar algoritmos y estrategias de riego. El sistema incorpora retroalimentación técnica constante, capacitación continua y actualizaciones de software, asegurando la permanencia de los beneficios en el tiempo y la evolución hacia versiones tecnológicas más avanzadas que fortalezcan la resiliencia hídrica y climática del territorio.

## 7. Descripción del Proyecto

El proyecto “*Smart Irrigation for Water Positive Viticulture – Viñedos Mendoza*” constituye una intervención integral orientada a transformar el modelo de riego agrícola mediante la aplicación de tecnologías inteligentes en una de las cuencas más estresadas del Cono Sur. Técnicamente, se basa en la sustitución de sistemas tradicionales de riego por inundación por un sistema de riego por goteo inteligente, que integra sensores IoT, algoritmos de inteligencia artificial y plataformas digitales de monitoreo *SCADA*. Estos equipos permiten medir y ajustar en tiempo real la cantidad de agua aplicada según variables de evapotranspiración, humedad del suelo, temperatura y estado fenológico de la vid. El sistema cubre una superficie inicial de 120 hectáreas y opera a una presión de 2 bar, alcanzando un rendimiento hidráulico superior al 90%.

La relevancia de esta solución radica en que responde a un contexto de crisis hídrica estructural y sobreexplotación de acuíferos, que amenaza la sostenibilidad del sector vitivinícola mendocino. Frente a una línea base de 8.000 m<sup>3</sup>/ha/año y una eficiencia de apenas 35%, el nuevo sistema reduce entre un 40 y un 60% el consumo de agua, equivalente a 40-50 millones de litros anuales ahorrados, y disminuye en un 30% el consumo energético asociado al bombeo. La mejora en la calidad del agua y del suelo se logra mediante la reducción de lixiviados y escorrentías contaminantes, evitando la acumulación de sales y nutrientes en la cuenca baja. Este cambio genera beneficios ambientales medibles (reducción de CO<sub>2</sub> indirecto y mejora de la recarga natural), sociales (empleo técnico calificado y seguridad hídrica comunitaria) y económicos (reducción de costes y estabilidad productiva).

Desde una perspectiva estratégica, el proyecto impulsa la transición hacia una vitivinicultura *Water Positive*, aportando resultados tangibles a la hoja de ruta corporativa en materia de sostenibilidad hídrica. Se alinea con los compromisos globales de *Science*

*Based Targets for Water (SBTN)*, *Nature Positive Water Impact (NPWI)* y los estándares *ESRS E3* de la Unión Europea, consolidando indicadores verificables de ahorro volumétrico, eficiencia energética y gobernanza del recurso. Además, fortalece la licencia social para operar de las empresas vitivinícolas al demostrar una gestión responsable y transparente del agua, incrementando su reputación ESG y su diferenciación competitiva frente a mercados que exigen certificaciones ambientales.

La replicabilidad del modelo está asegurada por su diseño modular y adaptable, que permite su implementación en otras cuencas áridas o semiáridas de Argentina, Chile, Perú y México, donde la escasez hídrica y la presión agrícola son equivalentes. Su escalabilidad técnica se sustenta en el uso de plataformas abiertas IoT y en alianzas público privadas con gobiernos locales, universidades y empresas tecnológicas, que facilitan transferencia de conocimiento y cofinanciamiento.

El impacto final del proyecto se refleja en la mejora del balance hídrico de la cuenca del río Mendoza, reduciendo la extracción neta y aumentando la eficiencia parcelaria, con beneficios que se traducen en resiliencia frente al cambio climático y estabilidad productiva a largo plazo. A nivel social, fortalece la cohesión comunitaria y genera oportunidades de capacitación e innovación rural. En conjunto, el proyecto demuestra que la gestión inteligente del agua puede convertirse en un motor de desarrollo regenerativo: un modelo donde la eficiencia, la tecnología y la naturaleza se integran para garantizar el futuro hídrico y productivo de Mendoza y posicionar a la región como referente global de la economía *Water Positive*.

## Referencias Bibliográficas

1. Segovia-Hernández, J. G., Contreras-Zarazúa, G., & Ramírez-Márquez, C. (2023). *Sustainable design of the water–energy–food nexus: A literature review*. *RSC Sustainability*, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/su/d3su00110e>
2. *Blueprint for Acceleration: Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation 2023*. (2023). *UN-Water*. Disponible en <https://www.unwater.org/publications/sdg-6-synthesis-report-2023/UN-Water>
3. Abdelzaher, M. A., & Awad, M. M. (2022). *Sustainable Development Goals for the Circular Economy and the Water-Food Nexus: Full Implementation of New Drip Irrigation Technologies in Upper Egypt*. *Sustainability*, 14(21), 13883. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/21/13883>
4. *The Sustainable Development Goals (Extended Report) – Goal-6*. (2023). *UN*. Disponible en [https://mdgs.un.org/sdgs/report/2024/extended-report/Extended-Report\\_Goal-6.pdf](https://mdgs.un.org/sdgs/report/2024/extended-report/Extended-Report_Goal-6.pdf) [mdgs.un.org](https://mdgs.un.org)
5. *The UN World Water Development Report*. (2023). *UNESCO / UN-Water*. (Resumen disponible en Wikipedia). [https://en.wikipedia.org/wiki/UN\\_World\\_Water\\_Development\\_Report](https://en.wikipedia.org/wiki/UN_World_Water_Development_Report)

6. *The potential of the water-energy-food nexus approach in advancing the sustainable development goals: A PRISMA-based systematic review*. (2025). *Environmental Science & Policy*, 163, 103961.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901124002958?via%3Dihub>

7. *Nexus as a Lens for SDG Implementation*. (2024). *En The Water, Energy, and Food Security Nexus in Asia and the Pacific*. Springer.

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-25463-5\\_16](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-25463-5_16)

8. From dialogues to results: Recommendations for accelerating cross-sectoral SDG 6 implementation. (s.f.). Nexus – Water, Energy & Food Security Resource Platform.

<https://www.water-energy-food.org/resources/publication-from-dialogues-to-results-recommendations-for-accelerating-cross-sectoral-sdg-6-implementation/water-energy-food.org>

9. *Interlinkages of Water-Related SDG Indicators Globally and in Low-Income Countries*. (2023). *Water*, 15(4), 613. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/4/613>

Mujica Trejo, B. E., Sánchez Torres, Y., Vargas-Canales, J. M., & Ortiz Zarco, R. (2024). El agua y su interrelación con los objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4610>

UNESCO. (2023). Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2023 — Alianzas y Cooperación por el Agua. *UNESCO World Water Assessment Program (WWAP)*. <https://www.unesco.org/es/articles/alianzas-y-cooperacion-por-el-agua>

UN-Water. (2025). SDG 6 Progress on Change in Water Use 2024 (Informe del monitoreo de indicadores del ODS 6). UN-Water. [https://www.unwater.org/sites/default/files/2025-06/SDG6\\_Indicator\\_Report\\_641\\_Progress-on-change-in-water-use\\_2024\\_SP.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/2025-06/SDG6_Indicator_Report_641_Progress-on-change-in-water-use_2024_SP.pdf)

*Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)* [https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting\\_en](https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en)

*European Sustainability Reporting Standards (ESRS)* <https://www.icaew.com/groups-and-networks/local-groups-and-societies/europe/european-sustainability-reporting-and-assurance/esrs>

*EU Taxonomy Regulation* (Reglamento de Taxonomía de la Unión Europea) <https://www.esma.europa.eu/esmas-activities/sustainable-finance/sustainability-reporting>

*ESG Omnibus Package* (Propuestas de simplificación y ajuste) <https://www.pwc.nl/en/topics/sustainability/esg/sustainability-regulations/the-esg-omnibus.html>

Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C., Shyamsundar,

P., ... & Noble, I. (2013). Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 495(7441), 305–307. <https://www.nature.com/articles/495305a>

Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets (DESA Working Paper No. 141). United Nations Department of Economic and Social Affairs. [https://www.un.org/esa/desa/papers/2015/wp141\\_2015.pdf](https://www.un.org/esa/desa/papers/2015/wp141_2015.pdf)

UN-Habitat. (s. f.). Localizing the SDGs. UN-Habitat — SDG Localisation platform. <https://sdglocalization.org/>.

Krantz, V. (2021). Localizing the sustainable development goals through an integrated municipal approach. *Local Environment / Environment and Planning* (artículo). <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09640568.2021.1877642>

Abidoye, B. (2022). Localizing the Sustainable Development Goals: data & managerial challenges (Special issue / article). *Scandinavian Journal of Insights / SJI*. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.3233/SJI-220058>

Alcamo, J., Henrichs, T., & Rösch, T. (2000). World water in 2025: Global modelling and scenario analysis for the world commission on water for the 21st century. Research Report No. 9. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). <https://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Water/Water.html>

Foodtank. The think tank for Food. <https://foodtank.com/>

World Food Relief. [https://www.worldfoodrelief.org/?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=22573623486&gbraid=0AAAAA\\_Ka-ScwSbkHTMsa\\_N4fVEyHt7niM&gclid=Cj0KCQiAgP\\_JBhD-ARIsANpEMxzVgzyV5lqTSUx\\_RHEYDjajUMJmRW0sDIC5zeU0lLef\\_8y7yBqJMpUaAp\\_JEALw\\_wcB](https://www.worldfoodrelief.org/?gad_source=1&gad_campaignid=22573623486&gbraid=0AAAAA_Ka-ScwSbkHTMsa_N4fVEyHt7niM&gclid=Cj0KCQiAgP_JBhD-ARIsANpEMxzVgzyV5lqTSUx_RHEYDjajUMJmRW0sDIC5zeU0lLef_8y7yBqJMpUaAp_JEALw_wcB)

UN-Water. (2021). The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. UNESCO. <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2021-valuing-water/>

World Bank. (2018). The Economic Value of Water in Agriculture: A Global Perspective. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement/brief/water-in-agriculture>

United Nations. (2019). Sustainable Development Goal 6: Water and Sanitation for All. UN. <https://sdgs.un.org/goals/goal6>

United Nations. (2019). Sustainable Development Goal 12: Ensure sustainable consumption and production patterns, UN. <https://sdgs.un.org/goals/goal12>

Stockholm Resilience Center. Planetary Boundaries. <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

UNESCO. United Nations World Water Development Reports. <https://www.unesco.org/reports/wwdr/en/reports>