



Reporte entregable 52

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Monitoreo en tiempo real de fuentes hídricas en Vaca Muerta

I. Introducción

Vaca Muerta, ubicada en la provincia de Neuquén, Argentina, representa una de las mayores reservas mundiales de hidrocarburos no convencionales. Su explotación intensiva, si bien ofrece un potencial económico significativo, plantea desafíos ambientales cruciales, especialmente en lo referente a la gestión y calidad de los recursos hídricos.

Las operaciones de fractura hidráulica requieren volúmenes sustanciales de agua dulce y generan efluentes potencialmente contaminantes, incluyendo agua de retorno cargada de químicos y metales pesados, lo que ha intensificado la preocupación por la sostenibilidad de las fuentes hídricas en la región.

Los métodos tradicionales de monitoreo de la calidad del agua, basados principalmente en muestreos periódicos y análisis de laboratorio, presentan limitaciones inherentes para abordar la complejidad y la escala de los posibles impactos ambientales en tiempo real. La vasta extensión geográfica de la actividad hidrocarburífera y la naturaleza dinámica de los procesos de contaminación exigen un enfoque de monitoreo más avanzado y adaptable.

En este contexto, la Inteligencia Artificial (IA) emerge como un conjunto de tecnologías transformadoras con la capacidad de mejorar significativamente la profundidad, la eficiencia, la proactividad y la escalabilidad del monitoreo de la calidad del agua en esta región crítica. La IA, que abarca el aprendizaje automático,

el aprendizaje profundo, la visión por computadora y el procesamiento del lenguaje natural, ofrece herramientas analíticas y de automatización avanzadas esenciales para una gestión sostenible de los recursos hídricos en Vaca Muerta.

Hoy en día, cobra especial relevancia la inteligencia artificial generativa que cuenta con el potencial para optimizar en mayor medida las tareas en las que impacta. La Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) es una rama de la inteligencia artificial que se centra en la creación de nuevo contenido, como modelos, imágenes, código o texto, a partir de datos existentes. Esta tecnología utiliza algoritmos avanzados para analizar grandes cantidades de información, identificar patrones y generar contenido nuevo y original que a menudo es indistinguible del creado por humanos.

La combinación de agentes con modelos de IA generativa, facilitan la automatización de los procesos productivos y pueden ser utilizados en la actividad a la que se refiere este reporte, tal como se verá.

La necesidad de una supervisión continua e inteligente se vuelve cada vez más evidente a medida que la extracción de hidrocarburos no convencionales continúa expandiéndose.

II. Estado actual del monitoreo del agua en vaca muerta

Actualmente, la provincia de Neuquén cuenta con programas de control de la calidad del agua vinculados al desarrollo de Vaca Muerta. Desde 2013 se implementó un monitoreo periódico en puntos críticos de la cuenca del río Neuquén, incluidos embalses utilizados por la industria (como Barreales y Mari Menuco), con muestreos cuatrimestrales en 21 sitios estratégicos.

El uso de sensores permite reportar en tiempo real variables como la presión y caudal de inyección, facilitando una vigilancia permanente de las condiciones de disposición final del agua de producción. Durante campañas de campo, técnicos provinciales verifican la exactitud de estos datos online contra mediciones directas, para asegurar la confiabilidad de la información.

Estas acciones indican que existe ya un sistema en funcionamiento de monitoreo remoto de ciertos aspectos de la calidad del agua (principalmente ligado a efluentes

industriales), complementado por proyectos en planificación para ampliar la cobertura y profundidad de los controles (por ejemplo, extensión de redes de sensores en cuerpos de agua superficiales y nuevas estaciones de muestreo en otras cuencas).

En síntesis, el estado actual combina métodos tradicionales de muestreo periódico con sistemas telemétricos operativos (en pozos efluentes) y pasos iniciales hacia redes de sensores ambientales en tiempo real.

III. Monitoreo de recursos hídricos impulsado por IA

La modernización del monitoreo hídrico en Vaca Muerta no solo implica sensores, sino también nuevas metodologías de análisis de datos. Aquí es donde la Inteligencia Artificial (IA) comienza a jugar un papel transformador. La combinación de sensores + IA permite manejar volúmenes masivos de información en tiempo real y extraer de ellos conocimiento útil.

El despliegue de redes de sensores integradas y el uso del Internet de las Cosas (IoT) son fundamentales para la recopilación continua y de alta frecuencia de datos diversos sobre la calidad del agua en la extensa área de Vaca Muerta.

Sensores modernos y de bajo costo pueden monitorear constantemente una amplia gama de parámetros críticos, incluyendo características físicas como temperatura, turbidez y conductividad; propiedades químicas como pH, oxígeno disuelto, salinidad y la presencia de iones y hidrocarburos específicos; e incluso indicadores biológicos, proporcionando una visión mucho más detallada de la calidad del agua en comparación con el muestreo periódico. Los avances en la tecnología de sensores incluyen sondas multiparamétricas y sensores ópticos, que, al combinarse con algoritmos de IA, pueden ofrecer respuestas inmediatas a eventos de contaminación.

Adicionalmente, algoritmos de aprendizaje automático pueden correlacionar las mediciones en campo con factores externos (lluvias, estacionalidad, operaciones cercanas) para identificar patrones emergentes de contaminación.

Los algoritmos de aprendizaje automático, entrenados con datos históricos, pueden aprender las líneas de base operativas normales y la variabilidad natural de los parámetros de calidad del agua, lo que les permite señalar incluso las desviaciones sutiles que podrían indicar eventos de contaminación (por ejemplo, derrames químicos, fugas de operaciones de fracking) o errores en los sensores.

Un sistema de IA podría detectar que un aumento atípico de turbidez en cierto arroyo coincide con una fractura hidráulica reciente aguas arriba, o que variaciones de conductividad se relacionan con descargas salinas, emitiendo alertas antes de que el problema se agrave. De esta manera, la IA brinda una capacidad de alerta temprana predictiva, anticipando escenarios de riesgo y recomendando acciones correctivas basadas en datos.

En la práctica, se avanza hacia *redes de monitoreo masivo* inteligentes: múltiples sensores distribuidos por la cuenca envían datos a una plataforma central, donde algoritmos avanzados los analizan en tiempo real y disparan alarmas si algún parámetro sale de rango aceptable. Esto multiplica la eficacia frente a métodos manuales, permitiendo respuesta inmediata ante, por ejemplo, un derrame químico detectado o una anomalía en la calidad del agua subterránea.

No hay dudas de que la integración sinérgica de la IA con los datos de los sensores en tiempo real facilita un cambio crítico de una gestión ambiental reactiva a una proactiva en Vaca Muerta. Esto permite la identificación y respuesta inmediatas a los eventos de contaminación, lo que podría mitigar la contaminación generalizada y proteger los recursos hídricos vitales tanto para uso industrial como comunitario. La capacidad de la IA para analizar datos en tiempo real permite una respuesta oportuna a los incidentes ambientales, minimizando el daño potencial.

Otra tecnología complementaria es la teledetección mediante imágenes satelitales y drones. En áreas extensas como Vaca Muerta, los satélites (ej. Sentinel-2) pueden ayudar a monitorear indicadores indirectos: cambios en la coloración de cuerpos de agua (señal de sedimentos o algas), o en la humedad/vegetación circundante (posible fuga en piletas de residuos). De hecho, la plataforma *ObservAR* mencionada anteriormente aprovecha datos satelitales combinados con información geológica

para mapear zonas de mayor riesgo de contaminación de acuíferos por cercanía a pozos.

Los drones, por su parte, podrían equiparse con sensores para sobrevolar cursos de agua de difícil acceso, tomando mediciones o imágenes térmicas en busca de irregularidades. Estas metodologías actuales – muestreo tradicional, sensores IoT, análisis IA, teledetección y drones – no son excluyentes sino complementarias.

La utilización de visión por computadora y el análisis impulsado por IA de datos de teledetección, incluyendo imágenes satelitales y aéreas (de drones y aeronaves), representa un avance para la detección, el seguimiento y la identificación de fuentes de eventos de contaminación en la región de Vaca Muerta.

Las imágenes satelitales de alta resolución pueden utilizarse para monitorear cambios en los indicadores de calidad del agua (por ejemplo, clorofila-a, turbidez, sólidos suspendidos totales), detectar la presencia de manchas de petróleo en las masas de agua superficial y evaluar la salud general y la extensión de la vegetación ribereña, que desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la calidad del agua.

Por otro lado, la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo en la industria del petróleo y el gas, donde los algoritmos de IA analizan los datos de los sensores de los equipos (por ejemplo, tuberías, tanques de almacenamiento) para predecir posibles fallas, ofrece beneficios significativos. Por ejemplo, los sistemas de IA pueden analizar los datos de vibración de las bombas o monitorear la presión de los filtros para predecir las necesidades de mantenimiento antes de que una falla afecte los procesos de gestión del agua. El modelado predictivo impulsado por IA también ha demostrado un rendimiento superior en la predicción de los niveles de agua subterránea y los riesgos de contaminación.

En una estrategia óptima, se emplearían en conjunto. Los sensores e IA aportan monitoreo continuo y panorámico, mientras los laboratorios y muestreos tradicionales aportan confirmación detallada y parámetros complejos (ej. presencia de trazas de hidrocarburos, bacterias, radionúclidos) que aún no es posible medir automáticamente en sitio.

El uso del análisis predictivo en el monitoreo del agua en Vaca Muerta permitirá una transición de respuestas reactivas a una administración ambiental proactiva. Al pronosticar posibles eventos de contaminación y fallas en los equipos, los operadores y reguladores pueden implementar medidas preventivas, optimizar la asignación de recursos para el mantenimiento y la mitigación, y, en última instancia, minimizar la huella ambiental de la producción de energía. La capacidad de la IA para predecir los niveles de agua subterránea y los riesgos de contaminación permite intervenciones proactiva.

IV. Agentes de IA y workflows agénticos. La evolución de la IA generativa.

1. Concepto de agentes de IAGEN

En los últimos años, la inteligencia artificial generativa (IAGen) ha revolucionado la manera en que interactuamos con la tecnología, permitiendo el desarrollo de sistemas capaces de generar contenido, responder preguntas complejas y asistir en tareas cognitivas de alta demanda.

La Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) es una rama de la inteligencia artificial que se centra en la creación de nuevo contenido, como modelos, imágenes, código o texto, a partir de datos existentes. Esta tecnología utiliza algoritmos avanzados para analizar grandes cantidades de información, identificar patrones y generar contenido nuevo y original que a menudo es indistinguible del creado por humanos.

A partir de esta capacidad, surge una nueva arquitectura tecnológica: los agentes impulsados por IAGen. Estos agentes no son simples interfaces conversacionales, sino sistemas autónomos que pueden interpretar instrucciones, tomar decisiones, ejecutar tareas y aprender de sus interacciones con el entorno.

Un agente de IAGen combina grandes modelos de lenguaje con componentes adicionales como herramientas externas, memoria, planificación y ejecución autónoma. Esto les permite operar en entornos complejos, con capacidad para descomponer objetivos en pasos, coordinar múltiples acciones, interactuar con

sistemas digitales (como bases de datos, APIs o documentos) y adaptarse a los cambios del contexto en tiempo real. Estas cualidades los distinguen de los chatbots tradicionales, y abren un espectro de aplicaciones más sofisticadas y personalizables.

En el ámbito organizacional, estos agentes se están utilizando para automatizar procesos, generar análisis de datos, asistir en la toma de decisiones y mejorar la experiencia del usuario, tanto interna como externamente. Por ejemplo, pueden asumir tareas de recursos humanos, legales, financieras o logísticas, e incluso, vinculadas a las áreas técnicas de procesos productivos, actuando como asistentes inteligentes que colaboran con equipos humanos. Esta capacidad de integrar conocimientos y ejecutar tareas de forma autónoma transforma la forma en que las organizaciones pueden escalar sus operaciones sin perder calidad ni control.

Además, los workflows agénticos —estructuras donde múltiples agentes colaboran entre sí para resolver problemas complejos— permiten distribuir responsabilidades entre distintos perfiles de agentes, cada uno con funciones específicas. Esto genera entornos de trabajo híbridos donde humanos y agentes coexisten, optimizando tiempos, costos y resultados. La posibilidad de conectar agentes con herramientas como Google Drive, CRMs o plataformas de gestión documental amplía aún más sus capacidades.

El desarrollo de agentes impulsados por IAGen representa un paso crucial hacia una nueva era de automatización inteligente.

Entre los beneficios de los workflows auténticos impulsados por modelos de inteligencia artificial generativa, se encuentra la posibilidad de automatizar procesos productivos completos, de punta a punta, e incluso, agregar valor a partir del aprovechamiento de las habilidades de los modelos de lenguaje basados en dichas tecnologías.

Sin embargo, su implementación también plantea desafíos técnicos, éticos y jurídicos, desde el diseño responsable hasta la supervisión humana. Por eso, comprender su arquitectura, su lógica operativa y sus impactos potenciales es

fundamental para su adopción efectiva y segura en diversos contextos profesionales.

V. Agentes impulsados por IAGEN

Objetivo principal:

Detectar, alertar y recomendar acciones ante posibles eventos de contaminación hídrica o ineficiencias operativas en Vaca Muerta, utilizando IA e integración de datos en tiempo real.

a. Propuesta de diseño de flujo de trabajo

Capacidades del agente:

1. Monitoreo en tiempo real

- Conexión a redes de sensores IoT para captar parámetros como turbidez, pH, oxígeno, salinidad, etc.
- Lectura continua de datos en embalses, arroyos, pozos de inyección, etc.

2. Análisis con IA (Machine Learning y Visión por Computadora)

- Detección de anomalías comparando datos actuales vs históricos.
- Detección de manchas, coloraciones y cambios sospechosos en cuerpos de agua mediante imágenes satelitales y drones.

3. Alertas y acciones predictivas

- Emisión automática de alertas en caso de eventos fuera de parámetros.

- Recomendación de acciones (parar operaciones, verificar válvulas, etc.).

4. Reportes automáticos para autoridades y empresas

- Informes periódicos en PDF o web interactiva.
- Acceso para diferentes usuarios (reguladores, operadoras, comunidades).

5. Sugerencias para optimización de uso del agua

- Identificación de oportunidades de reúso de agua tratada.
- Planificación eficiente del uso de embalses y acueductos.

6. Módulo Legal y de Licencia Social

- Seguimiento del cumplimiento normativo.
- Publicación de datos abiertos para reforzar la confianza ciudadana.

Entradas esperadas del agente:

- Lecturas de sensores (temperatura, turbidez, pH...).
- Imágenes satelitales (ej. Sentinel-2) y de drones.
- Datos de operaciones (fracturas, reinyecciones, transporte de residuos).
- Normativa vigente y umbrales críticos ambientales.

Salidas que genera:

- Alertas tempranas vía correo, app o panel.
- Reportes automáticos (PDFs, dashboards).
- Mapas de calor de riesgo hídrico.
- Diagnóstico de origen probable de contaminación.
- Sugerencias para mantenimiento predictivo.

Tecnología sugerida:

- **Backend:** Python + FastAPI
- **Frontend:** React o Streamlit para dashboards
- **IA:** Modelos de ML para detección de anomalías y clasificación de imágenes
- **Bases de datos:** PostgreSQL + TimescaleDB (datos temporales)
- **Conectividad:** MQTT o HTTP para IoT
- **Integraciones:** API de Sentinel Hub, drones, ObservAR, etc.

VI. Desafíos principales en el monitoreo de fuentes hídricas

Monitorear en tiempo real el agua en Vaca Muerta conlleva desafíos significativos de índole técnica, geográfica e institucional. Uno de los primeros obstáculos es la

cobertura espacial y logística: la actividad hidrocarburífera se expande sobre un territorio amplio y semiárido, donde las fuentes hídricas (ríos, arroyos y acuíferos) son dispersas. Supervisar efectivamente requiere múltiples puntos de control. Por ejemplo, solo en Neuquén existen casi 140 pozos de inyección de efluentes a recorrer y auditar periódicamente, muchos en zonas remotas. Los equipos de fiscalización deben desplazarse *pozo por pozo*, y cumplir protocolos de seguridad en cada yacimiento, por lo que una campaña completa puede tardar meses.

Esta realidad evidencia la necesidad de automatizar y priorizar: sin sistemas remotos, el monitoreo manual resulta arduo y costoso en tiempo y recursos humanos. Instalar redes de sensores en campo es una solución, pero implica retos de infraestructura (alimentación eléctrica con paneles solares, conectividad en áreas de poca señal) y mantenimiento constante para garantizar lecturas fiables. Otro gran desafío es la disponibilidad de datos base y continuidad en el seguimiento.

Esta falta de *línea de base* dificulta evaluar cambios: sin datos históricos robustos, puede ser complejo discernir si una alteración en la calidad del agua se debe a la nueva actividad o a pasivos previos.

La transparencia es crucial para generar confianza; sin embargo, hasta ahora mucha información queda en informes técnicos internos o dispersos entre organismos. Optimizar el monitoreo requerirá integrar las distintas fuentes de datos (provinciales, empresas, academia) en plataformas accesibles, algo que comienza a promoverse con herramientas abiertas (e.g. la plataforma *ObservAR* propuesta por investigadores para centralizar datos de pozos y riesgos ambientales).

Los desafíos institucionales y normativos también son notables. La región involucra jurisdicciones superpuestas: Neuquén regula su territorio, pero las cuencas hídricas son compartidas con Río Negro y otras provincias. Si cada provincia impone estándares distintos o carece de coordinación, se generan brechas – por ejemplo, *“si Neuquén aprueba y monitorea los pozos de su lado del río, los impactos pueden trasladarse al lado de Río Negro”*.

Esto exige una gestión integrada de cuenca, alineando criterios y esfuerzos de monitoreo interprovinciales. Asimismo, en un contexto de crecimiento acelerado de

la industria, los entes reguladores locales deben fortalecer su capacidad técnica y presupuestaria para cubrir la creciente demanda de control ambiental. La implementación de tecnologías avanzadas conlleva inversión y capacitación; asegurar financiamiento sostenible es un reto en sí mismo.

En resumen, los principales desafíos abarcan: la densidad de monitoreo necesaria (muchos puntos dispersos), la falta de datos históricos y acceso público, la coordinación normativa entre entes, y las limitaciones técnicas/económicas para desplegar un monitoreo continuo de amplio alcance.

VII. Impacto ambiental y optimización operativa

El principal objetivo del monitoreo del agua en Vaca Muerta es prevenir impactos ambientales y mitigar los que pudieran ocurrir. Entre los riesgos conocidos está la contaminación de acuíferos o ríos por derrames de hidrocarburos o químicos, ya sea desde la superficie (por derrame accidental de piletas de flowback, transporte de residuos, etc.) o desde el subsuelo (por fuga en un pozo mal cementado).

También preocupa la posible afectación de la disponibilidad de agua para otros usos (agricultura, consumo humano) si la industria extrae volúmenes excesivos o contamina fuentes existentes. A través de los programas de monitoreo implementados, no se han detectado hasta ahora contaminaciones significativas en el agua de uso humano en la zona de influencia inmediata: muestreos oficiales en la cuenca del río Neuquén concluyeron que el agua se mantenía *“apta para consumo humano”*.

Este dato aporta tranquilidad, pero debe interpretarse con cautela: la ausencia de contaminación grave al momento no garantiza que no pueda ocurrir, de allí la importancia de un seguimiento continuo.

Por otro lado, sí se han registrado eventos ambientales que subrayan el valor del monitoreo. Por ejemplo, en 2018 un incidente de blowout en un pozo no convencional generó derrames en suelo que requirieron remediación; disponer de

vigilancia constante ayuda a que, de repetirse algo así, se pueda actuar de inmediato antes de que alcance cursos de agua.

Adicionalmente, el monitoreo permite observar efectos de más largo plazo, como la posible acumulación de sales o trazas químicas en acuíferos poco profundos debido a la reinyección constante. Si bien las empresas deben confinar los efluentes en formaciones muy profundas, el seguimiento de pozos de agua cercanos confirmará con el tiempo que no haya migración indeseada.

En resumen, un programa robusto de monitoreo minimiza el riesgo de impactos irreversibles, protegiendo tanto los ecosistemas acuáticos (flora, fauna, funciones ecológicas de los ríos) como la salud de las comunidades que dependen del agua.

Además de proteger el ambiente, la información en tiempo real sobre el agua aporta beneficios operativos a la industria y al regulador. Un control estrecho de variables como la presión y caudal en pozos de inyección ha permitido detectar desviaciones o prácticas subóptimas: por ejemplo, si un operador excede la tasa de inyección permitida, el sistema online puede alertar y prevenir daños en la formación geológica o sismos inducidos.

De igual modo, conocer en tiempo real la disponibilidad de agua en ciertos embalses o acueductos puede ayudar a planificar las operaciones de fractura de manera más eficiente, evitando retiradas simultáneas de grandes volúmenes que bajen el nivel de un lago. La IA aplicada a estos datos operativos puede optimizar procesos como la reutilización del agua: mediante algoritmos, se puede identificar qué fracciones de agua de retorno (ya tratadas) cumplen condiciones para volver a usarse en nuevas fracturas, reduciendo la demanda de agua fresca. Neuquén ha enfatizado que la disposición final (inyectar para descarte) debe ser el *último recurso*, privilegiando la reutilización en la mayor medida posible.

Gracias al monitoreo, se verifican las calidades y volúmenes de agua producida disponibles para reciclar. Incluso se explora un esquema colaborativo donde *“una empresa pueda utilizar el agua tratada por otra”*, lo cual exige trazabilidad y confianza en los datos de calidad: aquí un sistema monitoreado y auditado es vital para que

diferentes operadoras intercambien agua con seguridad. En la práctica, optimizar el uso del agua no solo tiene impacto ambiental positivo (menor extracción neta y menos efluente descartado) sino también reducción de costos para las empresas (menos transporte de agua y menos pago por disposición).

Por último, un monitoreo robusto reduce la probabilidad de incidentes mayores que interrumpan la producción. Si una contaminación es detectada a tiempo en un punto de control aguas abajo, se pueden tomar medidas correctivas en la operación upstream antes de que se convierta en un problema legal o de limpieza costosa.

Esto protege la *licencia social para operar*: las comunidades y autoridades estarán más dispuestas a acompañar el desarrollo de Vaca Muerta si ven un compromiso tangible con el cuidado del agua, respaldado por datos abiertos y vigilancia constante. En suma, la optimización operativa y la ambiental van de la mano: invertir en monitoreo continuo con apoyo de IA mejora la eficiencia del uso del recurso hídrico y reduce riesgos, contribuyendo a una explotación más sustentable y competitiva.

VIII. Conclusiones

El monitoreo en tiempo real de la calidad del agua en Vaca Muerta está emergiendo como una pieza clave para equilibrar el crecimiento energético con la protección ambiental y la gestión responsable del agua. Hoy existen programas en marcha – desde muestreos periódicos en ríos y embalses, hasta sensores remotos en pozos de inyección – que sientan las bases de un sistema de vigilancia hídrica integral en la región.

No obstante, persisten desafíos importantes: ampliar la cobertura de monitoreo a todas las fuentes hídricas relevantes, mejorar la coordinación interinstitucional, y asegurar la transparencia de los datos para que sean creíbles y útiles tanto para autoridades como para la ciudadanía. Las tecnologías modernas ofrecen soluciones prometedoras; en particular, la aplicación de IoT e inteligencia artificial puede llevar el monitoreo de una modalidad reactiva a una proactiva y predictiva, capaz de anticipar problemas y optimizar el uso del agua en las operaciones.

Hacia el futuro, un enfoque estratégico y práctico consistirá en integrar todos estos elementos: robustecer el marco normativo específico para el control del agua en desarrollos no convencionales, desplegar redes de sensores en tiempo real en puntos críticos de Vaca Muerta, aprovechar algoritmos de IA para procesar la información en grandes centros de control, y fomentar la participación ciudadana mediante datos abiertos y accesibles.

Los ejemplos analizados muestran que Neuquén ya se mueve en esa dirección, con planes de preservación del agua que incorporan tecnología avanzada y colaboración científico-técnica. En definitiva, la gestión inteligente del agua en Vaca Muerta no sólo mitigará el impacto ambiental y resguardará un recurso vital, sino que también optimizará las operaciones petroleras, aportando estabilidad a largo plazo. Con monitoreo continuo, normas claras y apoyo de IA, Vaca Muerta puede ser un modelo de desarrollo energético responsable, donde la protección de las fuentes hídricas vaya de la mano con la eficiencia y la sustentabilidad industrial.

Fuentes citadas

1. El ambiente fracturado: La necesidad de una evaluación ambiental estratégica en Vaca Muerta acceso 2 de abril de 2025, disponible en: [EL AMBIENTE FRACTURADO: LA NECESIDAD DE UNA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA EN VACA MUERTA.](#)
2. Por la actividad en Vaca Muerta, realizarán monitoreos del agua. acceso 2 de abril de 2025, disponible en: [Por la actividad en Vaca Muerta, realizarán monitoreos del agua.](#)
3. Cómo se controla el agua que desecha Vaca Muerta y la industria petrolera acceso 2 de abril de 2025, disponible en: [Cómo se controla el agua que desecha Vaca Muerta y la industria petrolera - Runrún energético](#)
4. Cómo se controla el agua que desecha Vaca Muerta y la industria petrolera acceso 2 de abril de 2025, disponible en: [Cómo se controla el agua que desecha Vaca Muerta y la industria petrolera - Runrún energético](#)
5. Se podrá ver la contaminación del río en tiempo real acceso 2 de abril de 2025, disponible en: [Se podrá ver la contaminación del río en tiempo real](#)

6. Nace el "Plan de Preservación del Agua" en el sur de Neuquén: qué es y para qué sirve acceso 4 de abril de 2025, disponible en:[Nace el "Plan de Preservación del Agua" en el sur de Neuquén: qué es y para qué sirve](#)
7. How can AI and machine learning be integrated into water quality assessments? acceso 4 de abril de 2025, disponible en:[How can AI and machine learning be integrated into water quality assessments? | Simple But Needed](#)
8. Advances in machine learning and IoT for water quality monitoring: A comprehensive review acceso: 4 de abril de 2025, disponible en:[Advances in machine learning and IoT for water quality monitoring: A comprehensive review - PMC](#)
9. Monitoreo de la calidad del agua acceso 4 de abril de 2025, disponible en:[Monitoreo de la calidad del agua | Badger Meter. The Role of AI in Water Quality Management - WCP Online](#)
10. Sensores y Análisis de IA: Transformando el Monitoreo de la Calidad del Agua acceso 5 de abril de 2025, disponible en:[Sensores y Análisis de IA: Transformando el Monitoreo de la Calidad del Agua - Metaversos Agency](#)
11. How can AI and machine learning be integrated into water quality assessments? acceso 5 de abril de 2025, disponible en:[How can AI and machine learning be integrated into water quality assessments? | Simple But Needed](#)
12. AI in Environmental Monitoring | Keeping Our Planet Healthy acceso 5 de abril de 2025, disponible en:[AI in Environmental Monitoring | Keeping Our Planet Healthy](#)
13. Equilibrar la seguridad energética y un ambiente sostenible: recomendaciones estratégicas para el desarrollo de vaca muerta acceso 5 de abril de 2025, disponible en:[artículo equilibrar la seguridad energética y un ambiente sostenible: recomendaciones estratégicas para el desarrollo de vaca muerta](#)
14. The Role of AI in Water Quality Management acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [The Role of AI in Water Quality Management - WCP Online. Water Quality | NASA Earthdata](#)

15. UAV Quantitative Remote Sensing of Riparian Zone Vegetation for River and Lake Health Assessment: A Review acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [UAV Quantitative Remote Sensing of Riparian Zone Vegetation for River and Lake Health Assessment: A Review](#)
16. Beyond SCADA: 3 Quick Wins for AI in Water Utilities.. acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [Beyond SCADA: 3 Quick Wins for AI in Water Utilities.](#)
17. AI in Oil and Gas: Future Trends & Use Cases. acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [AI in Oil and Gas: Future Trends & Use Cases.](#)
18. The Role of AI in Water Quality Management acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [The Role of AI in Water Quality Management - WCP Online](#)
19. Sensores y Análisis de IA: Transformando el Monitoreo de la Calidad del Agua acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [Sensores y Análisis de IA: Transformando el Monitoreo de la Calidad del Agua - Metaversos Agency](#)
20. Por la actividad en Vaca Muerta, realizarán monitoreos del agua. acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [Por la actividad en Vaca Muerta, realizarán monitoreos del agua](#)
21. Neuquén multó a YPF por un derrame de petróleo y le prohibió explotar 4 pozos acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [Neuquén multó a YPF por un derrame de petróleo y le prohibió explotar 4 pozos - La Nueva](#)
22. Cómo se controla el agua que desecha Vaca Muerta y la industria petrolera acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [Cómo se controla el agua que desecha Vaca Muerta y la industria petrolera - Runrún energético](#)
23. Nace el “Plan de Preservación del Agua” en el sur de Neuquén: qué es y para qué sirve acceso 5 de abril de 2025, disponible en: [Nace el “Plan de Preservación del Agua” en el sur de Neuquén: qué es y para qué sirve](#)