



Reporte entregable 51

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Evaluación de Riesgos Ambientales en la Gestión del Agua en Vaca Muerta, Neuquén

I. Introducción

La formación Vaca Muerta representa una de las reservas de hidrocarburos no convencionales más significativas a nivel mundial, posicionando a Argentina como un actor clave en el panorama energético global. Su desarrollo se considera una prioridad estratégica nacional, con proyecciones que apuntan a la autosuficiencia energética e importantes ingresos por exportaciones, lo que podría transformar la economía del país.

No obstante, esta expansión de la actividad hidrocarburífera plantea desafíos ambientales complejos, particularmente en la gestión de los recursos hídricos, que requieren una atención exhaustiva para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. Este informe profundiza en los problemas ambientales asociados con la gestión del agua en Vaca Muerta, analiza las limitaciones de las prácticas de monitoreo convencionales y explora el potencial transformador de la inteligencia artificial (IA) para mejorar la supervisión y la protección del medio ambiente en esta región crucial.

En este contexto, la IA aplicada al análisis de datos geoespaciales, hidrológicos y operacionales ofrece una oportunidad sin precedentes para reforzar la evaluación de riesgos ambientales y optimizar la toma de decisiones en tiempo real.

A continuación, se detalla el caso de uso específico de IA en la evaluación de riesgos y cumplimiento normativo de la gestión del agua en Vaca Muerta, describiendo los desafíos identificados, las soluciones basadas en IA, beneficios obtenibles y recomendaciones para su implementación efectiva.

II. Oportunidades para mejorar la gestión ambiental del agua mediante IA

La inteligencia artificial ofrece una oportunidad significativa para transformar la gestión ambiental del agua en Vaca Muerta, permitiendo pasar de un enfoque reactivo a uno proactivo y preventivo. Al analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, la IA puede generar alertas tempranas e información accionable, facilitando la detección y corrección de desviaciones antes de que escalen a problemas mayores.

1. Análisis geoespacial inteligente: mediante técnicas de GeoAI (GIS potenciado con IA), se entrenan modelos para identificar patrones y cambios en imágenes satelitales que podrían indicar actividades o impactos ambientales.

Este sistema puede ser de utilidad para mapear la expansión anual de pozos y estimar su consumo de agua, aun cuando los datos industriales eran escasos.

2. Monitoreo de sensores e IoT con detección de anomalías: en los campos de Vaca Muerta ya operan múltiples sensores: medidores de caudal y presión en cabezales de pozo, sensores de presión en ductos, pHímetros y conductímetros en plantas de tratamiento de agua, estaciones meteorológicas, etc.

La IA aprovecha estos flujos de datos en tiempo real aplicando técnicas de *machine learning* para detectar anomalías o desviaciones sutiles que podrían pasar inadvertidas. Por ejemplo, un modelo de detección de anomalías (como bosques de aislamiento o *autoencoders* entrenados con los patrones normales) puede identificar incrementos atípicos en la conductividad eléctrica del agua subterránea monitoreada cerca de un pozo, lo que sugeriría una contaminación incipiente.

Del mismo modo, una red neuronal LSTM (memoria de largo corto plazo) entrenada con series históricas de presión de inyección en pozos sumideros podría predecir

variaciones anómalas que indiquen una posible falla en la integridad del pozo (fisuras en la tubería, por ejemplo). Al saltar una alerta, el sistema notifica inmediatamente a los responsables para que investiguen y tomen medidas preventivas antes de un incidente mayor (como una fuga al acuífero).

3. Modelos predictivos y detección de tendencias: más allá de alertar sobre anomalías en tiempo real, la IA puede descubrir tendencias a largo plazo que ayuden en la planificación y prevención. Algoritmos de aprendizaje supervisado pueden analizar datos históricos de operaciones y resultados ambientales para predecir zonas o momentos de mayor riesgo.

Un modelo podría indicar que ciertos patrones (como alta densidad de fracturas en una área con fallas geológicas cercanas al río) correlacionan con mayor probabilidad de microsismos o filtraciones, permitiendo a la empresa fortalecer monitoreos allí. Asimismo, la IA puede optimizar la gestión del agua misma: mediante técnicas de optimización y aprendizaje por refuerzo, se pueden recomendar estrategias de reúso de agua de fractura o tiempos óptimos de inyección en sumideros para minimizar impactos (por ejemplo, evitar inyectar durante crecidas del río para no agregar estrés a la cuenca). Estos modelos incorporan múltiples variables (clima, operación, características geológicas) para asesorar decisiones operativas que mantengan la producción dentro de parámetros seguros y sostenibles.

4. Plataformas integradas y dashboards inteligentes: la aplicación práctica de lo anterior suele plasmarse en plataformas digitales que integran todos los flujos de datos y algoritmos de IA, presentando información clara a los usuarios.

De este modo, ingenieros ambientales y gerentes pueden visualizar en un panel unificado el estado ambiental de todo el yacimiento: niveles de cada pileta de residuos, calidad del agua superficial río abajo, desempeño de plantas de tratamiento, etc., con indicadores calculados por IA que simplifican la complejidad. Por ejemplo, un *dashboard* podría mostrar un “índice de cumplimiento hídrico” para cada área operativa, calculado en base a métricas como porcentaje de agua reutilizada, desviación de calidad vs norma, alertas atendidas, etc.

Técnicamente, la IA aplicada incluye un abanico de métodos: algoritmos de detección de anomalías (estadísticos y de *machine learning*), redes neuronales convolucionales (CNN) para análisis de imágenes satelitales, modelos de series temporales para pronóstico (p.ej. *Prophet* de Facebook o LSTM), y sistemas de aprendizaje automático supervisado para clasificación de eventos (normal vs. incidente). Estas herramientas se ejecutan sobre infraestructuras de datos que pueden ser *cloud* (nube) o híbridas, dado que manejar imágenes satelitales o streams IoT en tiempo real demanda escalabilidad.

Adicionalmente, se pueden incorporar modelos de física de datos (*digital twins*) que simulan el flujo de agua y la dispersión de contaminantes subsuperficiales, calibrados con IA en base a datos reales, para predecir cómo un contaminante podría propagarse si ocurre una pérdida en cierto estrato geológico.

En resumen, la IA actúa como un “guardián digital ambiental” en Vaca Muerta: constantemente absorbe datos dispersos y complejos, y aplica inteligencia para revelar aquello que el ojo humano o los métodos tradicionales no detectan a tiempo. Esto permite que los responsables reaccionen con rapidez ante cualquier señal de alarma y ajusten la operación para evitar daños. Veamos ahora los beneficios concretos que aporta esta aplicación de IA, tanto operativos como estratégicos.

III. Comparación con métodos tradicionales y mejoras claves de la IA

La adopción de IA en la gestión ambiental marca un cambio de paradigma respecto a los métodos tradicionales. A continuación se comparan ambos enfoques en puntos críticos, destacando las mejoras que aporta la IA:

- Cobertura de monitoreo: tradicionalmente, la vigilancia dependía de inspecciones programadas y muestreos puntuales (p.ej., personal recorriendo locaciones con checklists, o tomando muestras de agua mensualmente). Grandes extensiones quedaban sin observación directa durante días o semanas. Con IA, el monitoreo es continuo y omnipresente.
- Velocidad de detección y reacción: antes podía ocurrir que un problema se detecte solo en la próxima ronda de inspección o cuando alguien advierte un

cambio visible (peces muertos, mancha de aceite, etc.). Esa demora permitía que un pequeño incidente se convierta en desastre. Ahora, la IA acelera drásticamente la detección. Por ejemplo, un cambio anómalo en un sensor activa una alarma inmediata al centro de control. En lugar de días, la respuesta inicia en minutos.

- Precisión y volumen de datos analizados: los métodos manuales son propensos a errores humanos y limitados en la cantidad de datos que pueden procesar. Un analista puede pasar por alto correlaciones o tendencias sutiles al revisar planillas o gráficos. La IA, en cambio, maneja grandes volúmenes de datos heterogéneos con alta precisión, encontrando agujas en pajares de información. Por ejemplo, puede correlacionar años de datos meteorológicos, operativos y de calidad de agua para descubrir un patrón que indique riesgo creciente en cierta área, algo prácticamente imposible de lograr sin automatización.

Integración de múltiples variables: tradicionalmente, cada departamento manejaba su parte: producción enfocada en volúmenes extraídos, ambiente en calidad de agua, mantenimiento en presión de equipos, etc., con sistemas poco comunicados. Esto dificulta ver *el panorama completo*. La IA facilita una visión integrada, combinando variables de distintas disciplinas en sus modelos. Por ejemplo, un modelo puede considerar simultáneamente la tasa de fractura de un pozo, la cercanía de ese pozo a un acuífero y la tendencia de microsismos en la zona para determinar el nivel de alerta. Esta integración multidimensional es una mejora clave, ya que los impactos ambientales suelen ser el resultado de la convergencia de factores (no de uno solo aislado).

- Adaptabilidad y mejora continua: Los métodos tradicionales suelen basarse en procedimientos fijos (checklists estáticos, umbrales prefijados en alarmas). La IA, especialmente con aprendizaje automático, se adapta con el tiempo. A medida que recopila más datos, el sistema “aprende” y refina sus modelos, volviéndose más preciso y reduciendo falsas alarmas. Por ejemplo, si al inicio un algoritmo genera algunas alertas falsas de contaminación (que

luego se comprueba que no lo eran), ajustará sus parámetros para afinarse. En otras palabras, la IA aporta una mejora continua casi autónoma.

- Recursos humanos y costo de monitoreo: con IA, muchas tareas rutinarias se automatizan, liberando a los profesionales para actividades de mayor valor (interpretar resultados, diseñar soluciones). No se trata de reemplazar al humano, sino de potenciarlo: un analista ahora puede supervisar 100 pozos a la vez desde un dashboard, tarea impensable sin IA. Esto reduce costos operativos, pues la empresa puede operar con equipos más reducidos pero más especializados, apoyados en herramientas inteligentes.

En resumen, la IA supera a los métodos tradicionales en alcance, rapidez, precisión, inteligibilidad global y eficiencia. Cabe aclarar que los enfoques clásicos (inspecciones de campo, auditorías) siguen teniendo su lugar, especialmente para validaciones y para complementar los hallazgos de la IA. De hecho, una sinergia óptima ocurre cuando la IA se usa para enfocar los esfuerzos humanos donde realmente importan. Por ejemplo, en vez de muestrear 50 sitios de agua aleatoriamente, los técnicos pueden –guiados por la IA– muestrear los 5 sitios que el modelo señala como más probables de problema. De esta manera, se combinan lo mejor de ambos mundos: la capacidad analítica incansable de la IA y el juicio y experiencia humana en la toma de decisiones finales. Esta complementariedad potencia los estándares de cuidado ambiental a niveles antes inalcanzables.

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.

2. Agentes impulsados por IAGEN

a. Propuesta de diseño de flujo de trabajo

Agente IAGEN: Guardián Ambiental para Gestión Hídrica en Vaca Muerta

Funcionalidades principales del agente:

Monitoreo Continuo Multifuente

- Integración en tiempo real de:
 - Sensores IoT (presión, caudal, pH, conductividad)
 - Imágenes satelitales (Sentinel, Landsat)
 - Datos climáticos y operacionales
- Aplicación de redes LSTM y modelos de detección de anomalías.

Análisis Predictivo de Riesgos

- Predicción de eventos de riesgo hídrico (filtraciones, microsismos, contaminación) mediante modelos entrenados con datos históricos y geológicos.
- Evaluación preventiva de zonas sensibles antes de expandir operaciones.

Simulaciones con Modelos Generativos

- Generación de escenarios y simulaciones (digital twins) de propagación de contaminantes en caso de incidentes.
- Simulación de planes de respuesta y su impacto ambiental/operativo.

Generación Automática de Reportes

- Creación de reportes normativos, internos y públicos usando PNL (como ChatGPT) con trazabilidad de datos.
- Producción de índices como:
 - Índice de cumplimiento hídrico
 - Score de riesgo ambiental por locación
 - Nivel de reciclaje y eficiencia hídrica

Dashboard Inteligente Integrado

- Visualización clara para gerencias, ingenieros ambientales y auditores.

- Alertas tempranas, recomendaciones automáticas y análisis comparativo entre áreas operativas.

Módulo de Transparencia y Comunicación Comunitaria

- Publicación de datos seleccionados en formato amigable para stakeholders y comunidades (ej. observatorio ambiental abierto).
- Traducción automática a lenguaje ciudadano.

b. Fases de implementación

Fase 1 - Piloto:

- Selección de un bloque de alta actividad.
- Instalación de sensores adicionales.
- Entrenamiento inicial del modelo con datos históricos.

Fase 2 - Escalado modular:

- Ampliación a más bloques.
- Integración de dashboards y módulos de reporte.

Fase 3 - Transparencia & Regulación:

- Integración con entes reguladores.

- Publicación de indicadores seleccionados.
- Validación legal de datos generados por IA.

V. Beneficios directos en términos operativos y estratégicos

Implementar IA en la evaluación de riesgos ambientales hídricos ofrece beneficios inmediatos y tangibles para las operaciones y la estrategia de las compañías energéticas:

- **Detección temprana de incidentes:** un sistema inteligente puede identificar cambios anómalos (en calidad de agua, presiones, etc.) en minutos, permitiendo contener una fuga o derrame antes de que se expanda. Esto contrasta con la detección tradicional, que podría demorar días hasta la próxima inspección. La respuesta oportuna minimiza el impacto ambiental y evita interrupciones prolongadas de la producción.
- **Cumplimiento normativo automatizado:** la IA actúa como un vigilante continuo del cumplimiento de límites y condiciones de los permisos ambientales. Por ejemplo, verifica 24/7 que las descargas o inyecciones se mantengan dentro de parámetros legales (volúmenes, concentraciones). Ante cualquier potencial incumplimiento, genera alertas internas proactivas para corregir el curso o notificar a las autoridades si es necesario. Esto reduce el riesgo de sanciones y mejora la relación con los reguladores, demostrando un enfoque responsable.
- **Optimización operativa y ahorro de costos:** al analizar patrones, la IA puede optimizar el uso del agua – por ejemplo, recomendando aumentar la tasa de reciclaje de agua de flowback cuando detecta disponibilidad, o ajustando la logística de camiones de agua para minimizar recorridos. También ayuda a focalizar recursos de monitoreo donde más se necesitan (en lugar de muestreos uniformes en todas partes). Esto se traduce en eficiencias operativas: menos desperdicio de agua, menos costos de tratamiento y transporte, y un uso más eficaz del personal técnico (que dedica menos

tiempo a tareas manuales de revisión de datos).

- Mejora en la toma de decisiones estratégicas: contar con datos procesados inteligentemente permite a los directivos tomar decisiones informadas basadas en evidencia. Por ejemplo, si el sistema IA muestra que cierta área tiene crecientes indicadores de riesgo hídrico, la empresa puede priorizar inversiones en infraestructura ambiental allí (como reforzar liners de piletas o mejoras en plantas de tratamiento) antes de escalar la producción. A nivel más amplio, las tendencias identificadas (como consumo de agua por pozo, eficiencia de reúso, etc.) alimentan la planificación sostenible del campo e incluso las estrategias de comunicación con stakeholders, al poder mostrar métricas de desempeño ambiental mejoradas gracias a la IA.
- Transparencia y confianza: un sistema de monitoreo apoyado en IA puede generar reportes automáticos claros, con datos trazables y objetivos, sobre el desempeño ambiental. Compartir parte de esta información con autoridades e incluso con la comunidad (por ejemplo, a través de observatorios ambientales abiertos) mejora la transparencia. Las partes interesadas ven que se monitorea todo en tiempo real y que la empresa adopta tecnología de punta para garantizar la seguridad ambiental, lo cual incrementa la confianza pública y reduce tensiones sociales relacionadas con el agua.

VI. Desafíos en la implementación de IA y estrategias para superarlos

Si bien las ventajas son claras, la incorporación de IA en la gestión ambiental de Vaca Muerta enfrenta una serie de desafíos que deben abordarse con estrategias adecuadas:

- Calidad y disponibilidad de datos: La IA es tan buena como los datos que analiza. Un obstáculo inicial es la disponibilidad de datos confiables y suficientes. En Vaca Muerta, mucha información operativa y ambiental es confidencial o no está centralizada.

Estrategia: Establecer acuerdos de data-sharing entre empresas y reguladores, bajo protocolos que garanticen confidencialidad donde corresponda, pero permitan alimentar los algoritmos con datos esenciales. Aprovechar *datasets* públicos y de terceros: imágenes satelitales (Sentinel, Landsat) de libre acceso, datos climáticos del Servicio Meteorológico, informes hídricos provinciales, etc.

En paralelo, invertir en la instrumentación IoT necesaria para cubrir vacíos (instalar sensores adicionales en puntos críticos, estaciones de monitoreo de aguas subterráneas, etc.). Una etapa inicial del proyecto debe enfocarse en crear un repositorio de datos integrado y limpio, aplicando técnicas de validación y depuración (eliminación de valores anómalos espurios, calibración de sensores).

- Competencias técnicas y cultura organizacional: implementar IA requiere personal con conocimientos en ciencia de datos, análisis geoespacial y manejo de las herramientas digitales. Puede existir resistencia de ciertos técnicos tradicionales que confíen más en “la forma en que siempre se hizo”.

Estrategia: impulsar un programa de capacitación y cambio cultural. Comenzar con talleres demostrativos mostrando casos de éxito (por ejemplo, cómo la IA detectó una anomalía que se hubiera escapado).

Formar equipos multidisciplinarios que combinen expertos en ambiente con data scientists, para que desarrollen juntos las soluciones (esto facilita la aceptación, al ver la IA como un aliado y no como una caja negra impuesta).

Adicionalmente, patrocinio desde la alta dirección comunicando la visión de “transformación digital sostenible” ayudará a vencer resistencias y motivar a la adopción. Celebrar pequeños triunfos tempranos (por ejemplo, “el sistema IA nos ayudó a evitar un derrame la semana pasada”) refuerza la confianza del equipo en la herramienta.

- Costo e infraestructura tecnológica: la implementación de sensores, redes de comunicación, plataformas de análisis y personal especializado supone una inversión inicial significativa. Algunas operadoras más pequeñas podrían verlo como un costo difícil de asumir.

Estrategia: enfatizar el retorno de inversión (ROI): modelar económicamente cuánto costaría *no* tener el sistema (costos de limpieza de un derrame grande, multas, pérdidas de producción) versus la inversión en prevenirlo. Muy probablemente, prevenir solo *un* evento serio con IA ya pague el sistema completo. Además, se pueden escalar las inversiones: iniciar con un proyecto piloto acotado (por ejemplo, en un bloque de Vaca Muerta con alta actividad) para demostrar el valor, y luego escalar gradualmente. Apoyarse en infraestructuras *cloud* puede reducir costos iniciales, evitando comprar servidores costosos – en su lugar, usar servicios en la nube pagando solo por el uso necesario.

- Desafíos técnicos (integración y mantenimiento): Integrar datos tan diversos (satélites, sensores de campo, bases de datos de diferentes empresas) no es trivial. Pueden surgir problemas de compatibilidad de formatos, conectividad en áreas remotas sin señal, o necesidad de calibrar modelos a condiciones locales únicas de Vaca Muerta.

Estrategia: adoptar estándares abiertos y arquitectura modular. Por ejemplo, usar formatos como JSON/CSV para datos IoT, estándares OGC para geodatos, APIs bien documentadas para que distintos sistemas se conecten.

- Planificar un periodo de prueba piloto donde los modelos se ajusten localmente y el sistema se ponga a punto antes de la implementación total. También es clave prever el mantenimiento continuo: actualizar modelos IA según nuevas condiciones (p.ej., nuevos químicos introducidos en fluidos de fractura deberán incorporarse a los patrones de detección) y dar soporte técnico a los equipos.

- Aspectos regulatorios y legales: actualmente, la normativa ambiental neuquina establece qué monitoreos hacer y con qué frecuencia, pero quizás no contempla aún el uso de IA explícitamente. Podría haber incertidumbre sobre si los datos generados automáticamente son aceptados en auditorías o juicios.

Estrategia: trabajar colaborativamente con las autoridades regulatorias desde el inicio. Incluir al organismo ambiental provincial en el diseño del sistema de IA, de modo que sus necesidades (reportes, formatos) queden cubiertas. Promover actualizaciones regulatorias que incorporen la posibilidad de monitoreo continuo asistido por IA como complemento válido. Por ejemplo, que un informe anual de calidad de agua pueda incluir datos de sensores en continuo analizados por IA, y que eso se reconozca como cumplimiento equivalente o superior a X muestreos manuales. En cuanto a responsabilidad legal, asegurar trazabilidad de los datos y decisiones: cada alerta importante debería guardar registro de qué la gatilló, para poder explicarlo si hiciera falta (esto ayuda a la explicabilidad, haciendo la IA más transparente y defendible).

- Ciberseguridad y confidencialidad: al digitalizar la operación ambiental, se abre el riesgo de ataques cibernéticos o accesos no autorizados a datos sensibles. Un sabotaje al sistema IA podría, en el peor caso, desactivar alertas críticas.

Estrategia: implementar desde el diseño medidas de ciberseguridad robustas, como encriptación de datos en tránsito y en reposo, autenticación fuerte para acceder a las plataformas, segmentación de redes industriales, etc. Realizar auditorías de seguridad periódicas y tener planes de contingencia (ej.: si el sistema IA cae, que existan alarmas locales de respaldo en los sitios críticos).

Respecto a la confidencialidad, definir claramente qué datos son de uso interno vs. qué datos se comparten externamente (p.ej., con la comunidad). Los datos públicos pueden anonimizarse o agregarse para no exponer información competitiva. En definitiva, blindar el sistema contra riesgos

informáticos asegurará que la confianza en la IA se mantenga y que su operación sea ininterrumpida.

Recomendación: Inversión de corto plazo en equipos de implementación de agentes de IA en tecnología y capacitación

Se requiere inversión en pruebas de concepto y pruebas piloto. El foco aquí tiene que ser la formación del talento para implementar, ya que se verifica una tendencia de reducción de costos en sistemas que permiten automatización “no code” y “low code”. Para la primera etapa, también se recomienda recurrir a equipos con experiencia en diseño e implementación de agentes de IA. Por último, es clave formar un equipo “in house” para el acompañamiento y la apropiación de una cultura agéntica que redefine la interacción humano-máquina.

En conclusión, la integración efectiva de IA en la gestión hídrica de Vaca Muerta requiere una visión estratégica y ejecución por etapas, cuidando tanto los aspectos técnicos como humanos y organizacionales. No se trata solo de comprar un software, sino de transformar la forma de operar hacia una cultura apoyada en datos y prevención. Las recomendaciones anteriores ofrecen una hoja de ruta para transitar ese camino, minimizando riesgos y maximizando la probabilidad de éxito.

VII. Conclusión

La aplicación de inteligencia artificial en la gestión ambiental del agua en Vaca Muerta representa una oportunidad estratégica para avanzar hacia una industria energética más sostenible, eficiente y transparente. A través del uso combinado de sensores IoT, análisis geoespacial, modelos predictivos, y agentes inteligentes generativos, es posible transformar la supervisión ambiental de un enfoque reactivo a uno preventivo y proactivo.

Esta transformación no solo permite detectar riesgos con mayor anticipación y precisión, sino también optimizar recursos, cumplir con normativas de manera automatizada y fortalecer la confianza con reguladores y comunidades. La IA no

reemplaza la supervisión humana, sino que la potencia, permitiendo decisiones más informadas y respuestas más rápidas ante posibles incidentes.

Sin embargo, para lograr una implementación exitosa, es necesario abordar desafíos técnicos, culturales, regulatorios y de infraestructura con una planificación por etapas, inversión inicial en capacitación y adopción de una cultura orientada a la inteligencia de datos. La evolución hacia una gestión hídrica inteligente en Vaca Muerta es no solo posible, sino urgente, y requiere liderazgo, colaboración multisectorial y compromiso con la innovación responsable.

Fuentes citadas

1. Efectos, impactos y riesgos socioambientales del megaproyecto Vaca Muerta. acceso: 3 de abril de 2025. Disponible en: [Efectos, impactos y riesgos socioambientales del megaproyecto Vaca Muerta*](#)
2. El desafío de Vaca Muerta al 2030: llegar a generar los 25.000 millones de U\$S que hoy aporta el campo y la agroindustria acceso: 3 de abril de 2025. Disponible en: [El desafío de Vaca Muerta al 2030: llegar a generar los 25.000 millones de U\\$S que hoy aporta el campo y la agroindustria | Bolsa de Comercio de Rosario. Vaca Muerta: el futuro de Argentina. Vaca Muerta: desafíos y contradicciones del uso de gas en Argentina](#)
3. Sistemas DAF para el tratamiento de aguas residuales generadas por el fracking. acceso: 3 de abril de 2025. Disponible en: [Sistemas DAF para el tratamiento de aguas residuales generadas por el fracking. Usos de la IA en la industria del agua | Seven Seas Water Group. Desarrollado un sistema para descontaminar el agua producida en la fracturación hidráulica | iAgua.](#)
4. Usos de la IA en la industria del agua. acceso: 3 de abril de 2025. Disponible en: [Usos de la IA en la industria del agua | Seven Seas Water Group. Harnessing AI Mapping for a Cleaner, Smarter Oil and Gas Industry – Oilfield Workers](#)