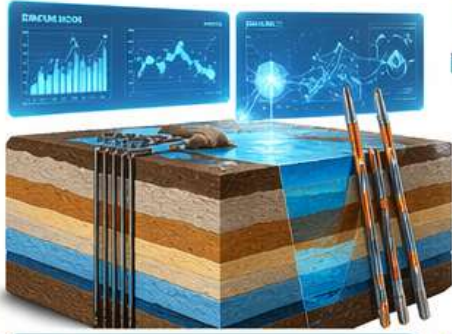


DATOS E IA: LA NUEVA ERA DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Integrando ML y Índices de Contaminación Estándar



Sistema de Pronóstico Avanzado para la Gestión de la Calidad del Agua Subterránea

El nuevo enfoque para la gestión de la calidad del agua integra modelos de Machine Learning (ML) o Deep Learning (DL) con el análisis de índices de contaminación estandarizados (DWQI, HPI, MI, Cd, PI). El objetivo es proporcionar pronóstico y alerta temprana de la degradación de los recursos hídricos, combinando la precisión de las predicciones de ML con la interpretabilidad de los índices.

CONTEXTO DEL PROYECTO

En una operación minera, la evaluación de la calidad del agua subterránea se realizaba mediante campañas intensivas de perforación exploratoria, generando altos costos, tiempos prolongados y redundancia de información.

Se necesitaba un enfoque predictivo que permita anticipar zonas críticas de contaminación y optimizar la ubicación de nuevas perforaciones.

PROBLEMA

- Alto número de perforaciones exploratorias sin priorización inteligente.
- Costos elevados en campañas hidrogeológicas.
- Baja capacidad predictiva de zonas contaminadas.
- Dependencia de muestreo físico continuo.

3. SOLUCIÓN IMPLEMENTADA

EOS – Sistema de Pronóstico Avanzado de Calidad de Agua Subterránea



MODELOS DE IA
Machine Learning y Deep Learning



DATOS INTEGRADOS

- Geoespaciales
- Litología
- Hidrogeología
- Datos históricos



ÍNDICES ESTANDARIZADOS

- DWQI
- HPI
- MI
- Cd
- PI



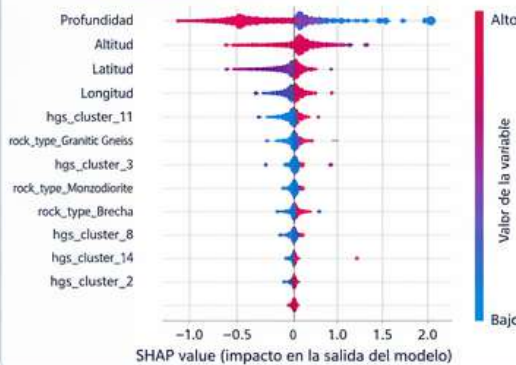
RESULTADOS

- Mapas predictivos
- Zonas de riesgo
- Perforaciones óptimas
- Alertas tempranas

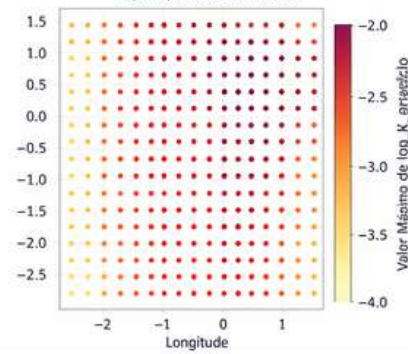
4. METODOLOGÍA



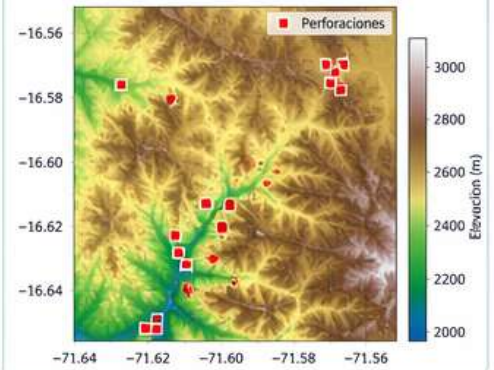
IMPORTANCIA DE VARIABLES (SHAP SUMMARY)



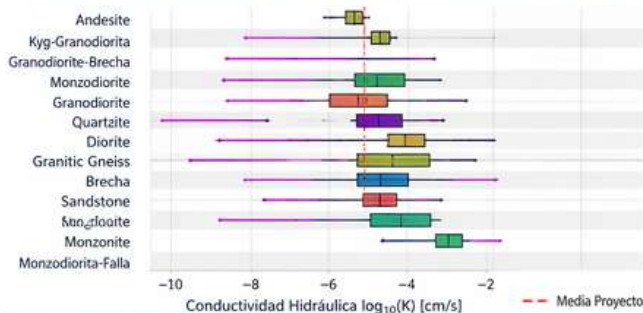
MAPA PREDICTIVO DE CALIDAD DEL AGUA (log₁₀K_{predicho} Máximo)



MAPA DE LOCALIZACIÓN



COMPARACIÓN LITOLÓGICA: DATOS DE CAMPO VS. REFERENCIA CIENTÍFICA



5. RESULTADOS OBTENIDOS

REDUCCIÓN DE PERFORACIONES

Reducción del **30% - 50%** en el número de perforaciones exploratorias.

IMPACTO ECONÓMICO

Disminución significativa de costos en campañas de perforación y optimización de recursos técnicos y humanos.

MEJORA EN LA PRECISIÓN

Incremento en la tasa de acierto en la identificación de zonas críticas. Mejor correlación entre datos predichos y reales.

GESTIÓN DE RIESGOS

Alertas tempranas de contaminación y mayor control sobre la calidad del recurso hídrico.

EFICIENCIA OPERATIVA

Reducción de tiempos de exploración y mejor planificación de las campañas.

6. CONCLUSIÓN

La implementación del sistema EOS permitió transformar la gestión de la calidad del agua subterránea, pasando de campañas intensivas de perforación a un **modelo** inteligente basado en predicción, logrando una **reducción significativa** de perforaciones sin comprometer la calidad del análisis.

BENEFICIOS CLAVE

- ✓ Integración de IA + geociencia + datos reales
- ✓ Reducción de incertidumbre en decisiones operativas
- ✓ Transición de un enfoque reactivo a uno predictivo
- ✓ Base para un gemelo digital hidrogeológico

