María Jaya-Montalvo
mjaya@espol.edu.ec
FICT/FIMCP/CIPAT

Alanis Jara-Vargas
alanjara@espol.edu.ec
CIPAT

Fernando Morante-Carballo
fmorante@espol.edu.ec
FCNM/CIPAT

Edgar Berrezueta
e.berrezueta@igme.es
IGME

Paúl Carrión-Mero
pcarrion@espol.edu.ec
FICT/CIPAT

Análisis bibliométrico de las aplicaciones del método Transiente Electromagnético (TEM) terrestre en acuíferos costeros para la evaluación de la intrusión salina.

PROBLEMA

Las zonas costeras presentan una creciente demanda de agua dulce debido al aumento poblacional y la presión sobre los recursos hídricos subterráneos. Aproximadamente 24 millones de km² del planeta contienen aguas subterráneas con alta salinidad a poca o mediana profundidad, afectando la disponibilidad de agua potable. La intrusión salina representa una amenaza para los acuíferos costeros, por lo que es necesario mejorar las herramientas de caracterización y monitoreo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la literatura científica existente sobre las aplicaciones del método TEM terrestre para la caracterización de acuíferos costeros, centrándose en sus configuraciones metodológicas y su eficacia en la detección de intrusiones salinas. Mediante análisis bibliométrico, se identificaron tendencias temáticas, evolución temporal y oportunidades de integración con herramientas avanzadas de modelado hidrogeológico.

PROPUESTA

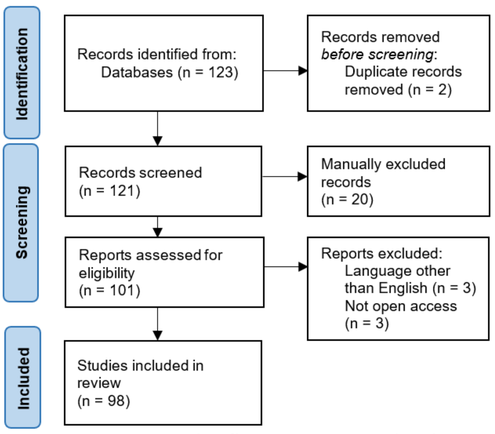

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA aplicado en el estudio.

RESULTADOS

- Se analizaron 98 documentos científicos publicados entre 1991 y 2025 sobre el uso del TEM terrestre en acuíferos costeros.
- La mayoría de las contribuciones se centran en Egipto e Israel, situados cerca del mar Mediterráneo, el mar Rojo y el mar Muerto.

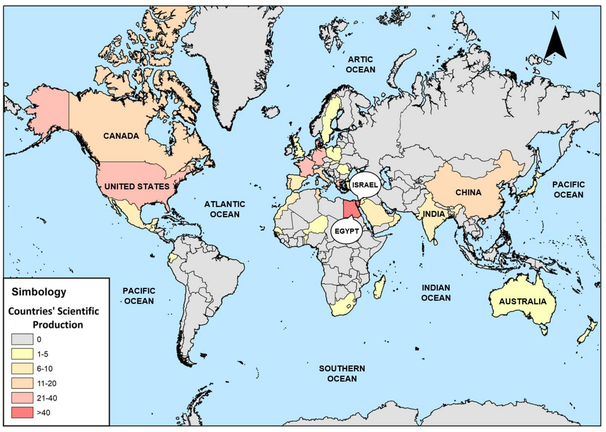

Figura 2. Mapa de las contribuciones científicas por país.

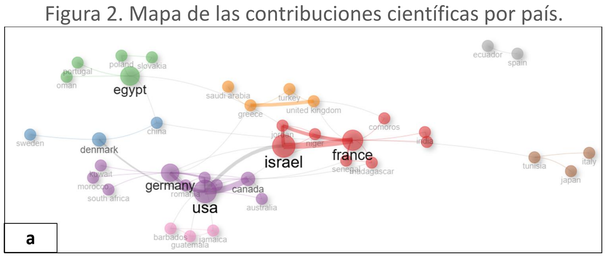

Figura 3. Red de colaboración internacional.

Se identificaron cinco líneas principales de investigación:

1. Detección y modelamiento de intrusión salina.
2. Integración con modelos hidrogeológicos 2D y 3D.
3. Evaluación del impacto de la salinización en acuíferos.
4. Estudio de la interfaz agua dulce–agua salada.
5. Integración con otros métodos geofísicos.

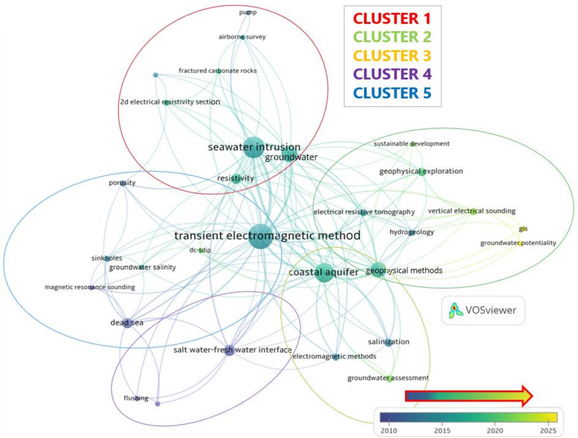

Figura 4. Mapa de coocurrencia de palabras clave a lo largo del tiempo.

- El TEM terrestre permite caracterizar acuíferos hasta aproximadamente 300 m de profundidad y presenta ventajas por ser una técnica no invasiva y de apoyo para la planificación del uso sostenible del agua.
- Sus principales limitaciones están relacionadas con la detección de capas delgadas, ruido urbano e incertidumbres en la interpretación, por lo que requiere integración con otros métodos como ERT, VES, MRS y datos de pozos.

Tabla 1. Aplicación de TEM en diferentes entornos geológicos.

Contexto geológico	Aplicación TEM	DOI
Sedimentario/Aluvial	Identificación de la presencia de comunicación hidráulica entre un acuífero salino libre y un acuífero de agua dulce confinado.	10.1190/GEO2012-0004.1
Carbonatos/Karst	Definición de la forma y el espesor de la lente de agua situada bajo la meseta carbonatada.	10.1007/BF03175403
Base cristalina/ metamórfica	Prospección compatible en un entorno volcánico joven y un enfoque mejorado para la gestión de las aguas subterráneas.	10.1007/978-3-642-31395-0_24
Volcánica (basaltos, tobas, lavas)	Detección de paleocanales bajo flujos de lava.	10.1111/j.1745-6584.1997.tb00123.x
Marina de alta mar	Detección de la conexión entre el sistema marino y el sistema acuífero terrestre.	10.3389/fmars.2020.531293

CONCLUSIONES

El método TEM terrestre se ha consolidado como una herramienta efectiva para la caracterización de acuíferos costeros y evaluación de intrusión salina. Sin embargo, su aplicación futura requiere mayor integración con modelos numéricos, monitoreo temporal y escenarios de cambio climático para fortalecer la gestión sostenible de los recursos hídricos.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al proyecto de investigación titulado "Registro de sitios de interés geológico de Ecuador para estrategias de desarrollo sostenible" con código CIPAT-004-2024 por su apoyo y contribuciones a este estudio.

SCAN ME