



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA

FACULTAD DE INGENIERÍA



MODELADO DE RESISTIVIDAD Y PH DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES: CAPITALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL SUELO Y CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DEL SECTOR DE LA PROTECCIÓN ANTICORROSIVA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA.

AUTOR: MG. ING. RODRÍGUEZ LEANDRO SEBASTIÁN

DIRECTOR: DR. ING. PASCAL OSCAR MANUEL

BUENOS AIRES, ARGENTINA

FECHA: 20 DE ABRIL DE 2017

Esta investigación se origina como un proyecto de desarrollo y transferencia tecnológica a partir de la necesidad encontrada en una empresa aledaña a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora líder en el rubro de la protección catódica.



MontamaR
Protección Anticorrosiva
Ingeniería - Montajes - Servicios



Preguntas que dieron origen a la investigación

1. ¿Existe alguna relación entre la resistividad del terreno y la profundidad? De existir dicha relación ¿Existe alguna regularidad en la misma?
2. ¿Existe relación entre la resistividad y la ubicación geográfica?
3. En ese caso, ¿Cuál debe ser la distancia máxima promedio a la que se deben tomar muestras?
4. ¿La variación del pH en el suelo de la provincia de Buenos Aires también influye como variable para el diseño de sistemas de protección catódica?



Objetivos de la Investigación

1. Modelizar la variabilidad espacial de las propiedades eléctricas y químicas del suelo (resistividad y pH) a diferentes profundidades para contribuir a generar nuevas herramientas que faciliten la toma de decisiones en el diseño de sistemas de protección catódica, disminuyendo la incertidumbre en las etapas previas del proyecto ingenieril.
2. Determinar la densidad de muestras necesarias que permitan estimar las resistividades y pH del suelo de la provincia de Buenos Aires.
3. Aplicar lo anterior en la confección de una carta-mapa provincial para ser utilizada como herramienta de diseño y proyecto en los sistemas de protección catódica.



Hipótesis General

“El proceso de confección de una carta-mapa provincial que sea útil para la toma de decisiones para el diseño y/o proyecto de sistemas de protección catódica se ve influenciado por la resistividad del terreno y su profundidad (propiedades eléctricas), el pH (propiedades químicas), su ubicación geográfica y la densidad muestral.”

Resistividad y pH

Definiciones previas

La resistividad del suelo es la resistencia específica del terreno y está relacionada con la conducción eléctrica del mismo.

El pH del suelo es una propiedad química, controla la movilidad de iones, la precipitación y disolución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes.

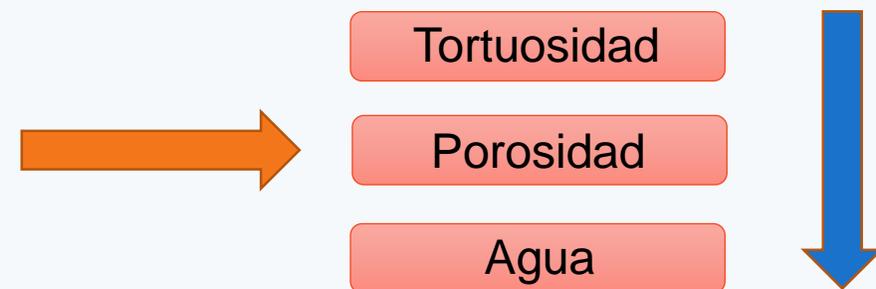


Definiciones previas: Ley de Archie

Interpretación cuantitativa moderna de los perfiles de pozo y su aplicación al caso donde la variable profundidad es despreciable frente a la distancia entre mediciones en la superficie del terreno

ARCHIE: La resistividad de una formación llena de agua y la resistividad del agua pueden relacionarse por medio de un factor de resistividad de la formación.

*Si el suelo es homogéneo, el valor así obtenido coincide con la **resistividad verdadera**, pero, de no ser así - suelo homogéneo, como sucede generalmente - el valor obtenido depende de las resistividades de las **distintas formaciones que atraviesa la corriente**.*



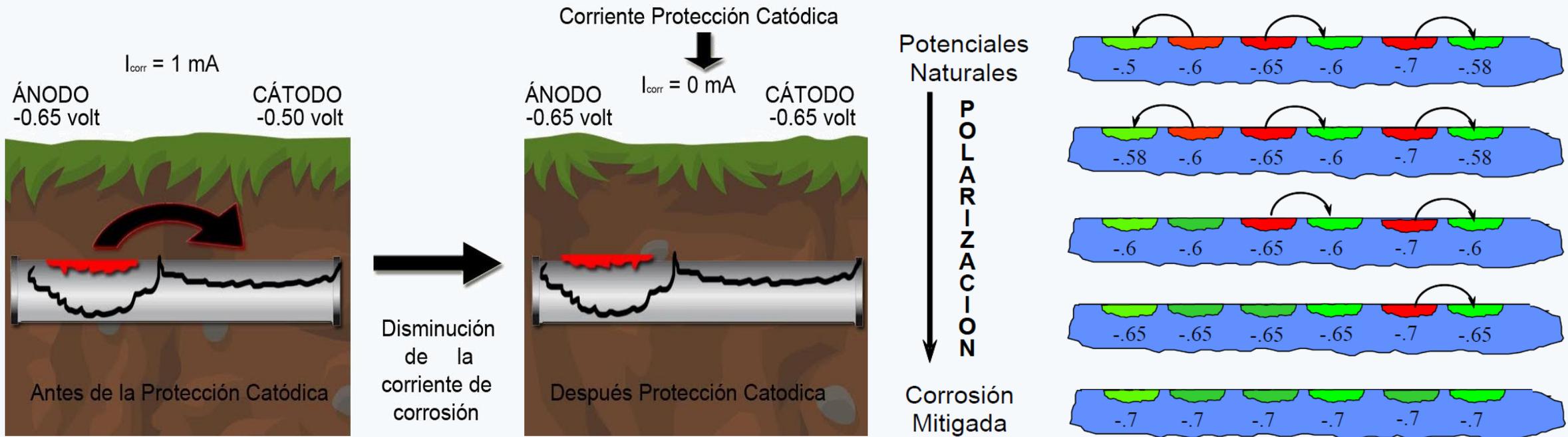
El estudio se realizó a profundidades de 1 y 2 metros

Suelo Homogéneo

Método Wenner

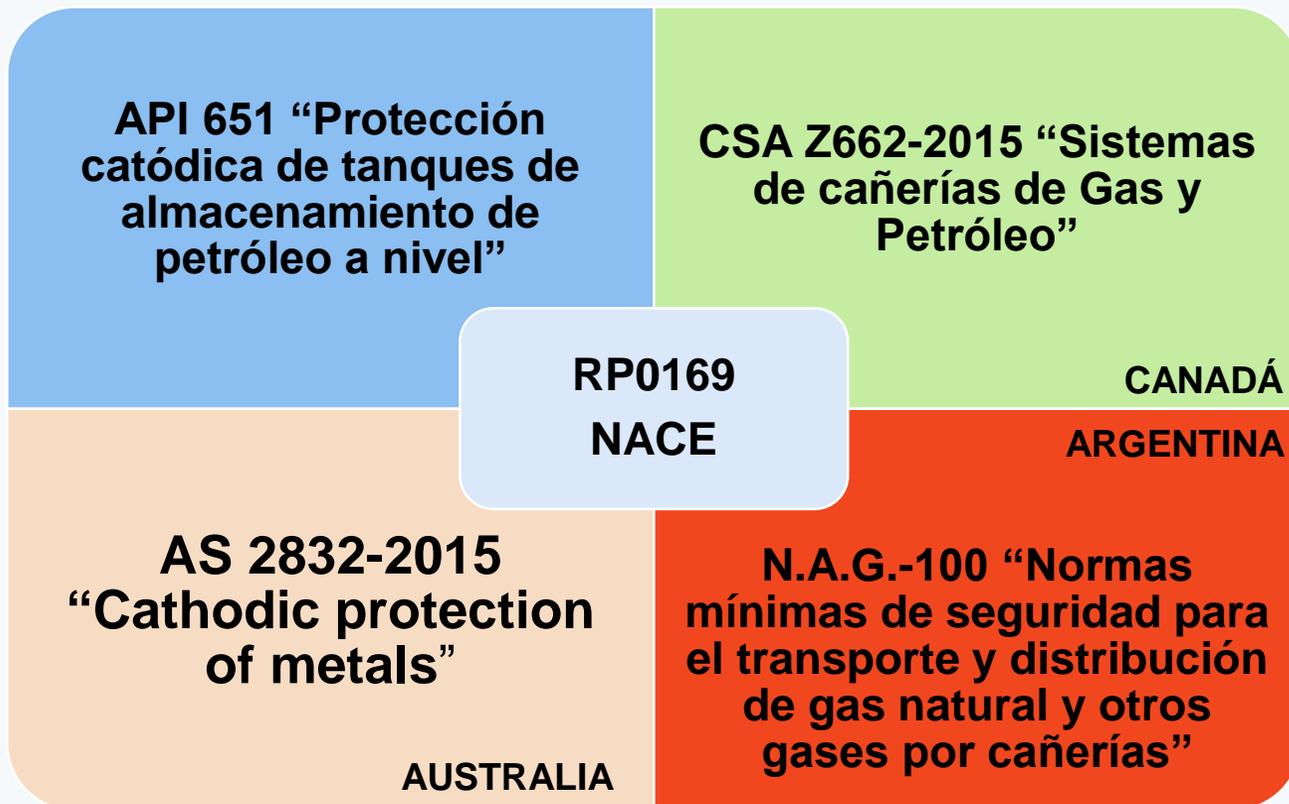
Definiciones previas: Protección catódica

Según la Asociación de Ingenieros de Corrosión de Estados Unidos "NACE" el concepto de protección catódica busca reducir la diferencia de potencial entre los sitios anódicos y catódicos lo más cercano a cero posible, obteniendo como resultado cero corriente de corrosión.





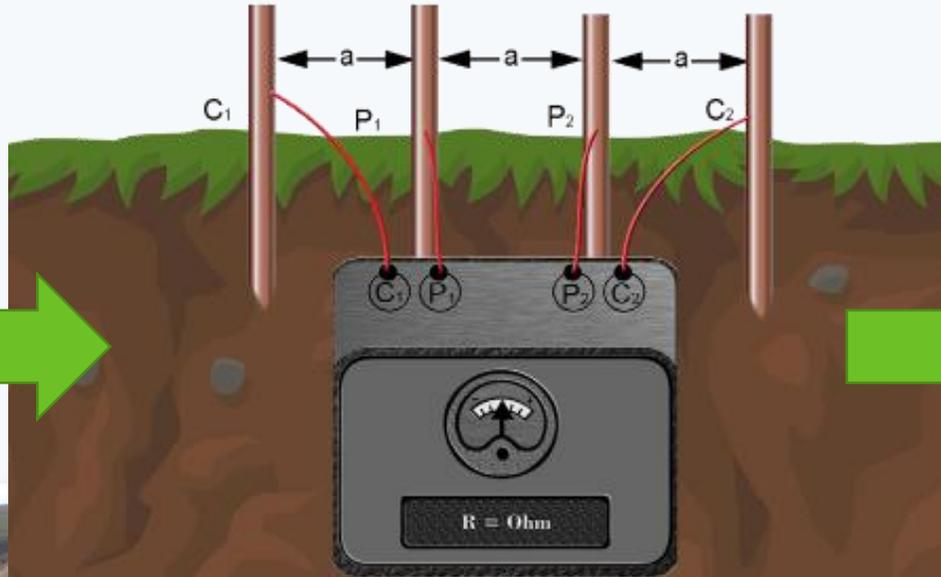
Definiciones previas: Normativa Nacional e Internacional



-750mV para resistividades $100 \Omega\text{-m} < p < 1000 \Omega\text{-m}$
-650mV para resistividades $>1000 \Omega\text{-m}$



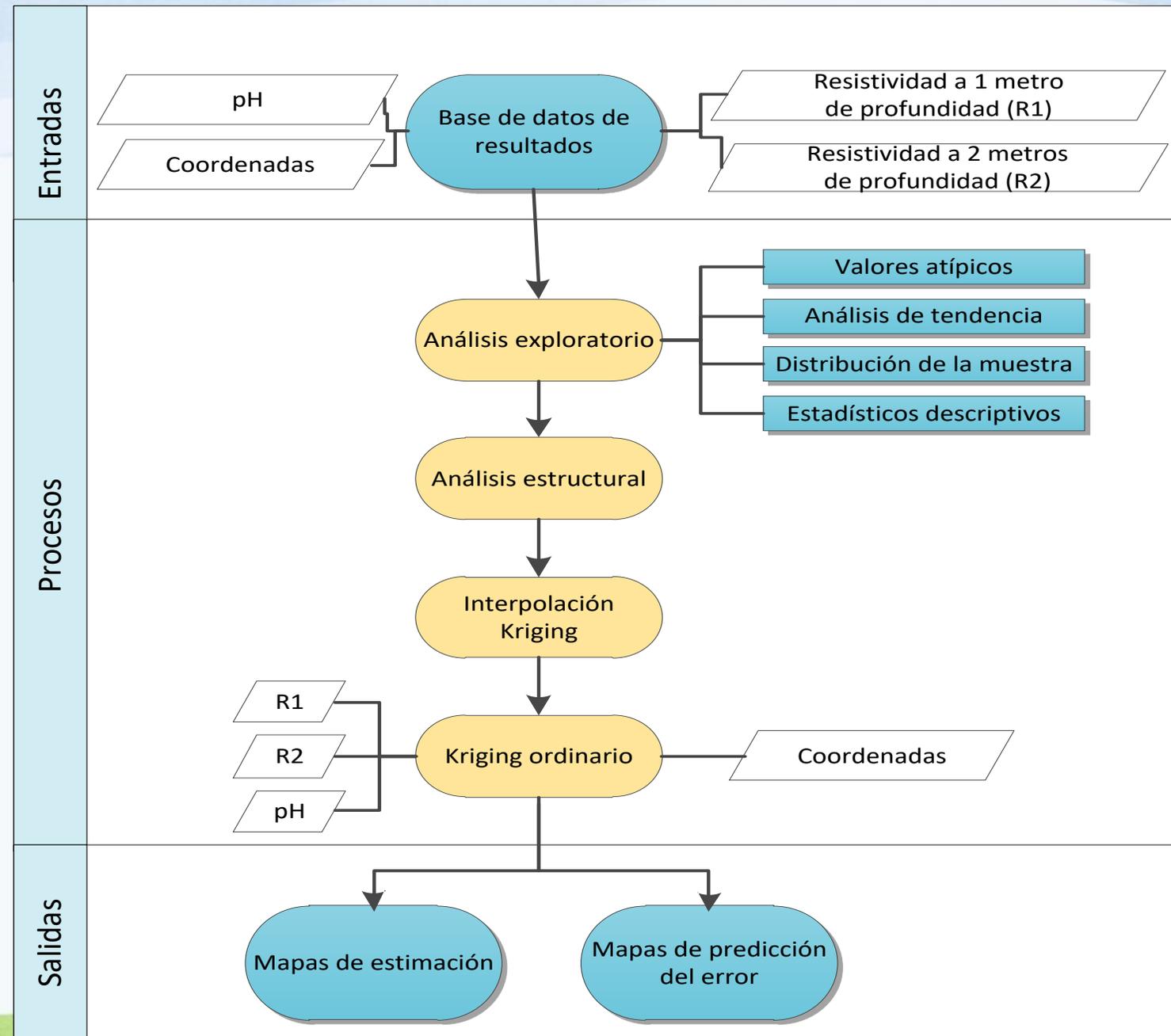
Proceso de recolección de datos para la modelización y confección de las cartas-mapas en la provincia de Buenos Aires



ASTM-G57-2012

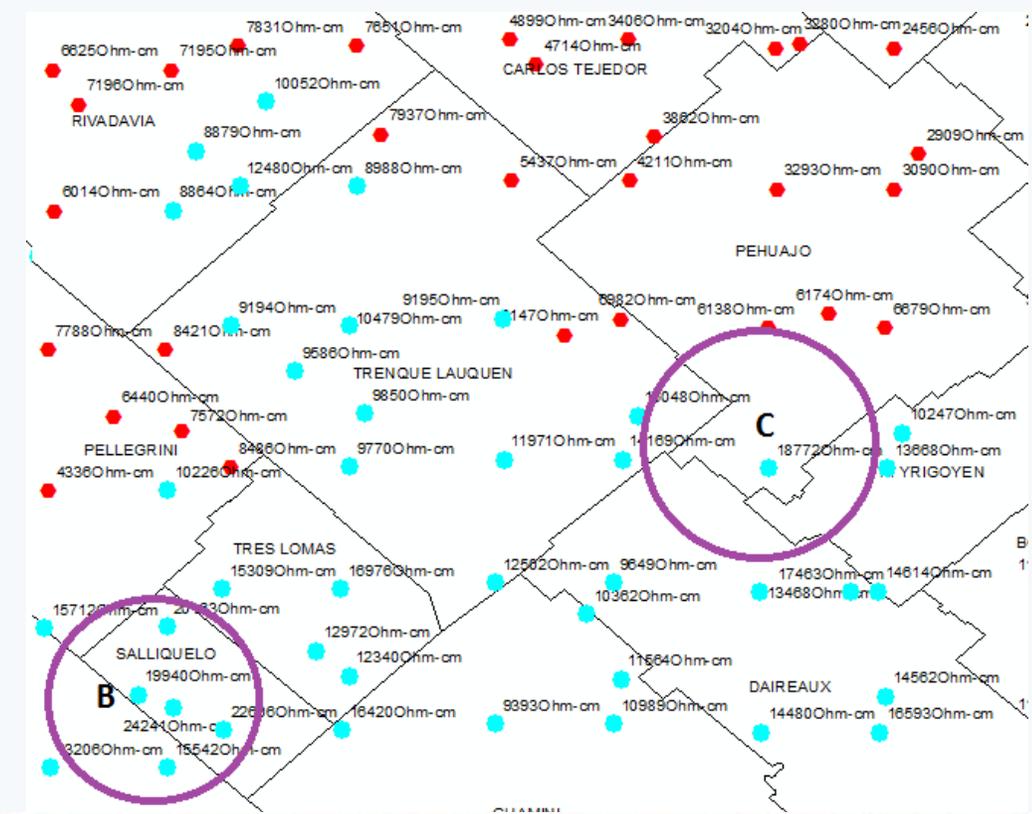
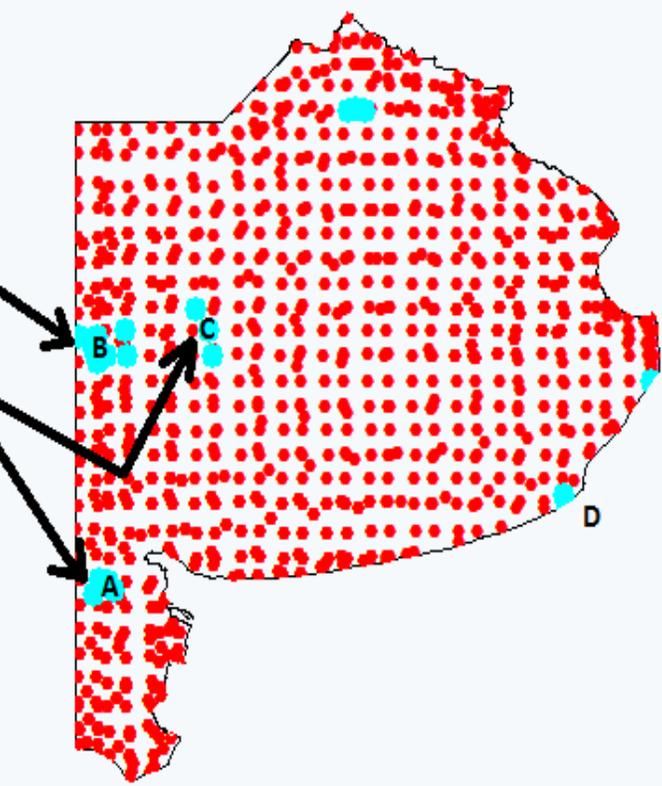
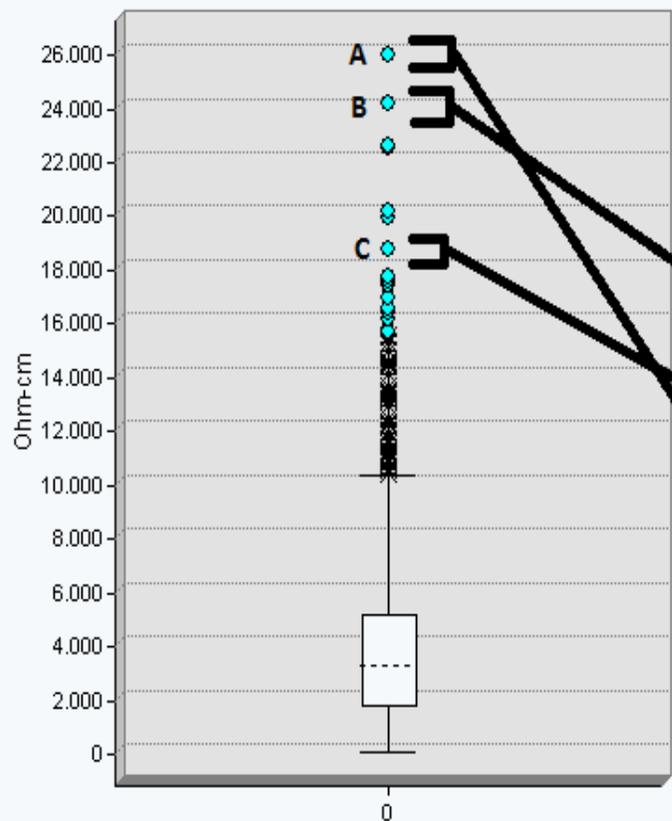
“Standard test method for field measurement of soil resistivity using the Wenner four-electrode method”

Metodología de análisis aplicada a los datos recolectados en campo

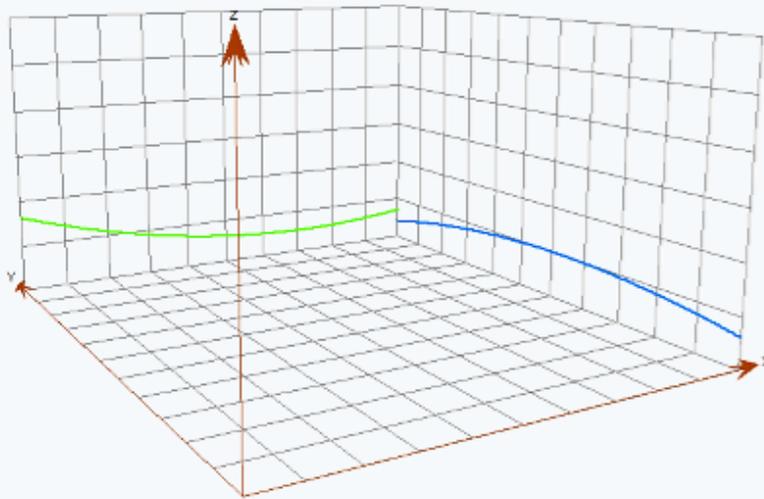
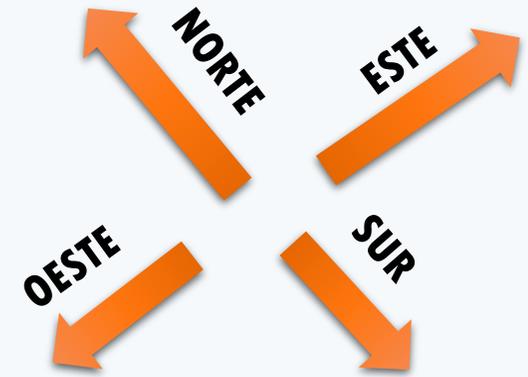


Análisis exploratorio de valores atípicos

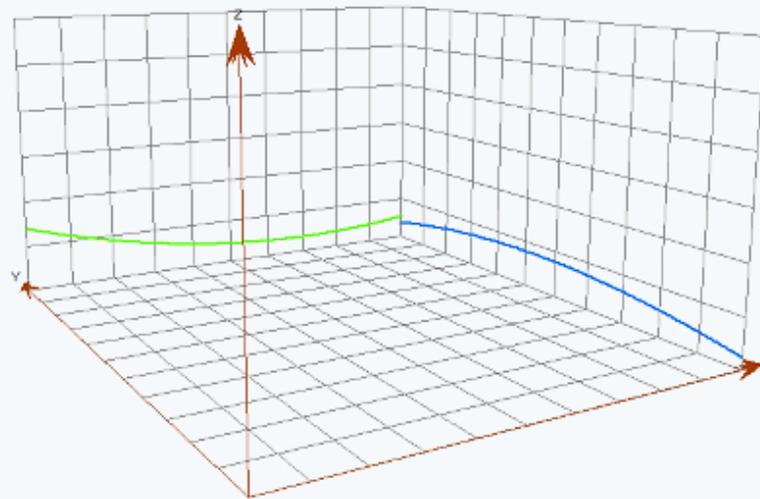
Boxplot - Resistividades a 1 metro de profundidad



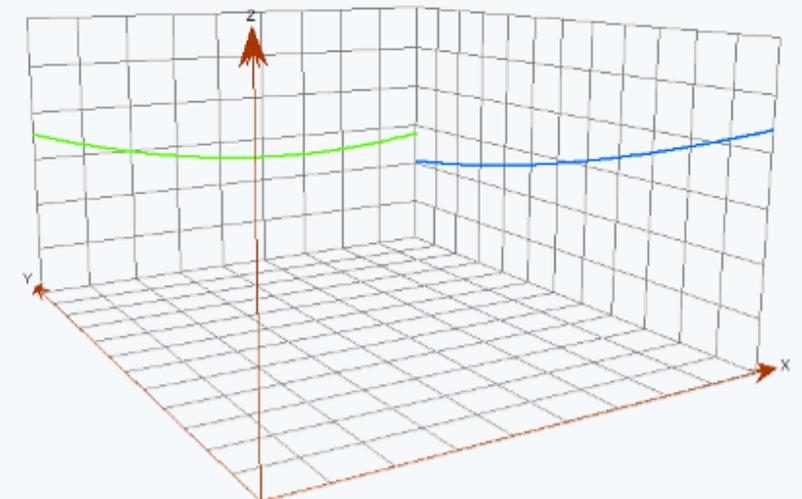
Análisis exploratorio: Valores de tendencia



Resistividad a 1 metro de
profundidad

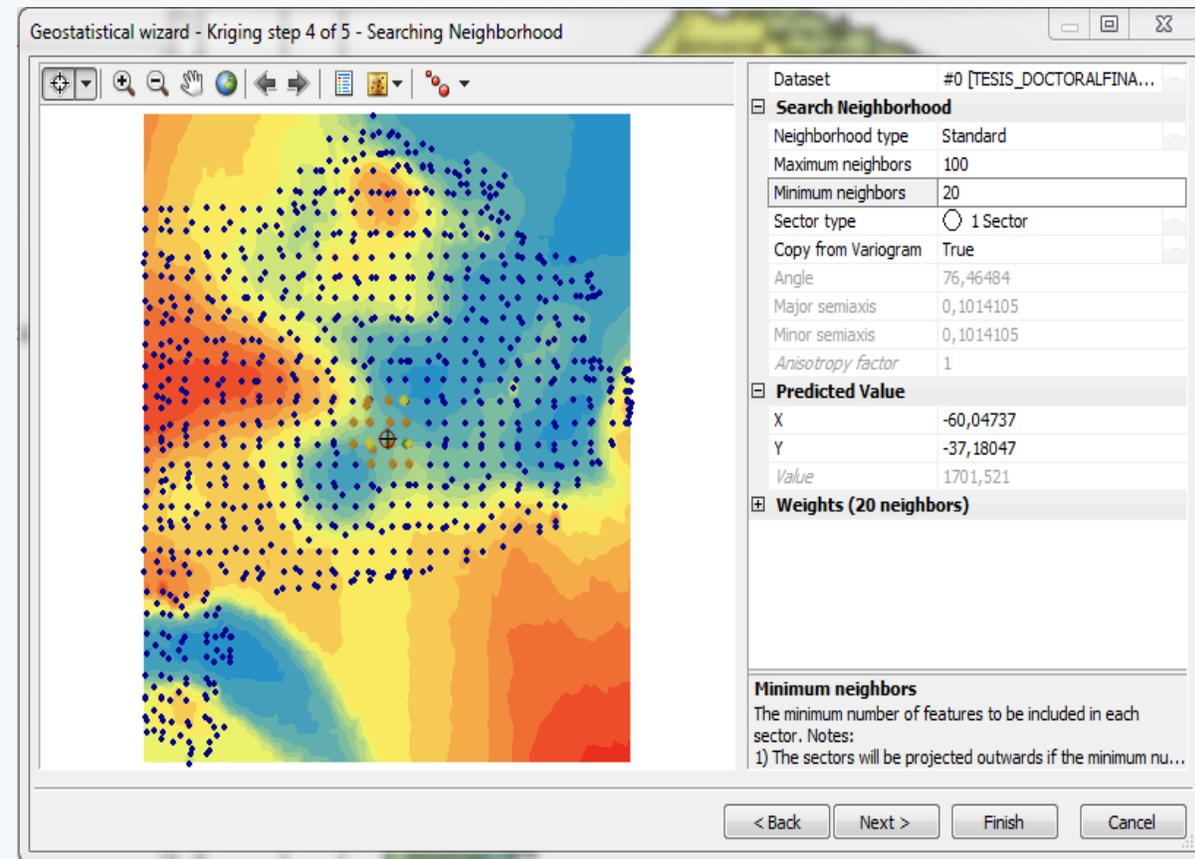
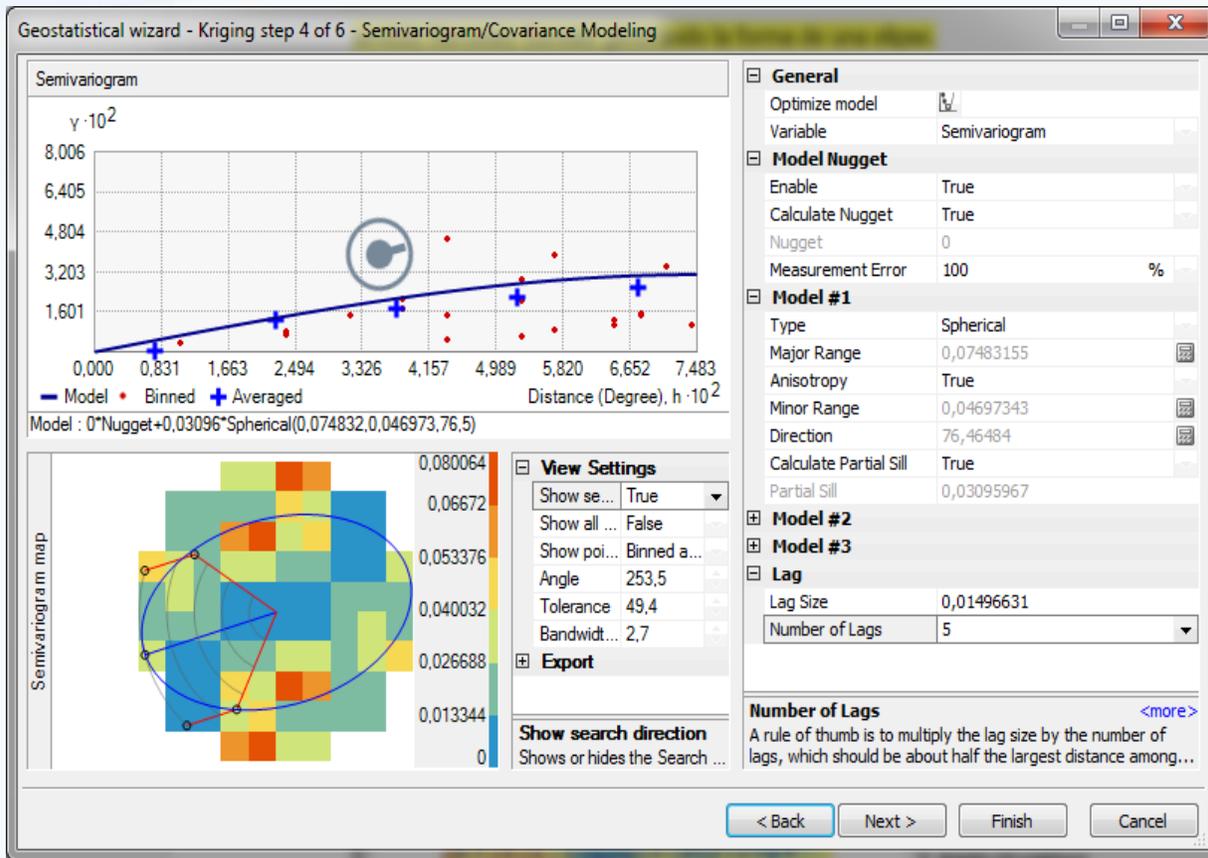


Resistividad a 2 metros de
profundidad



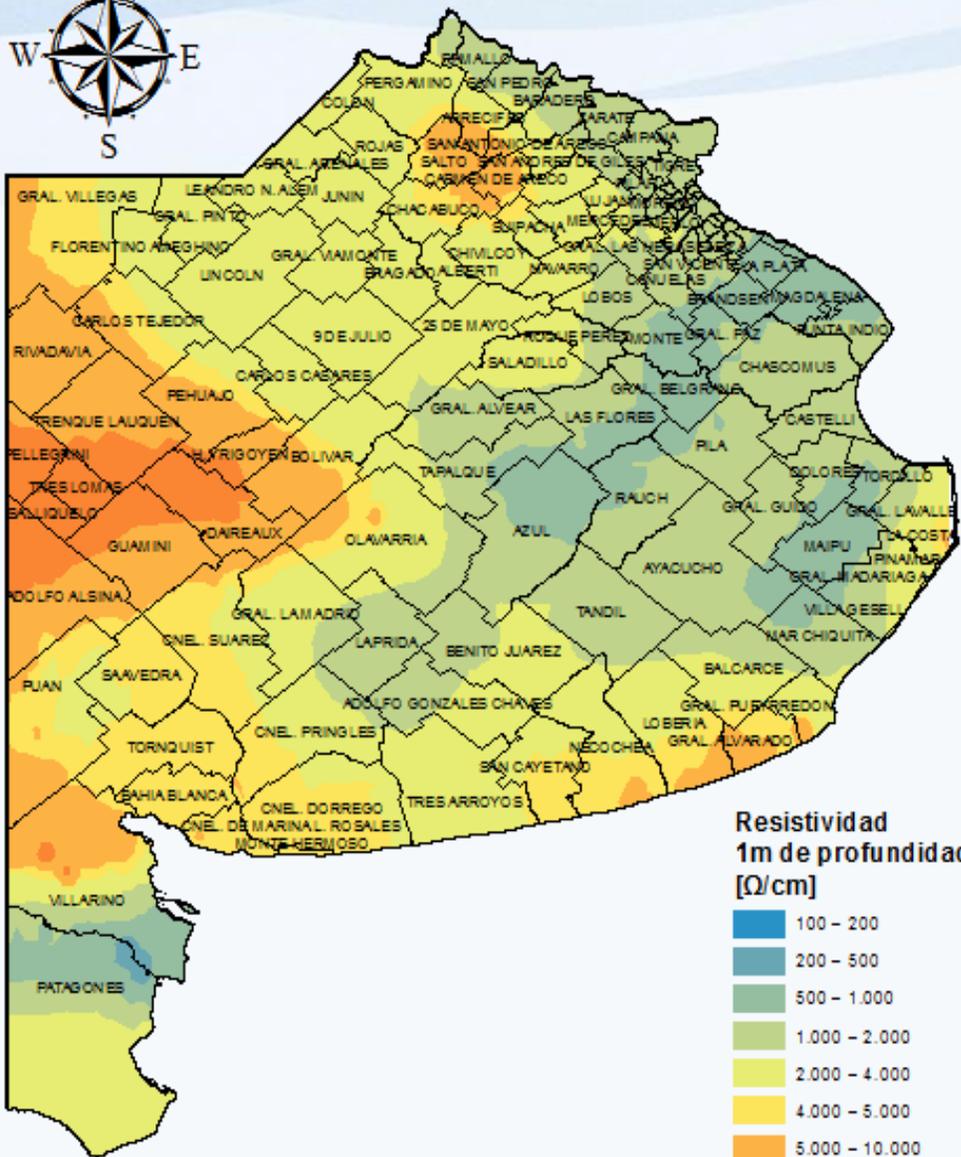
pH

Análisis estructural de los datos: Aplicación del método Kriging Ordinario



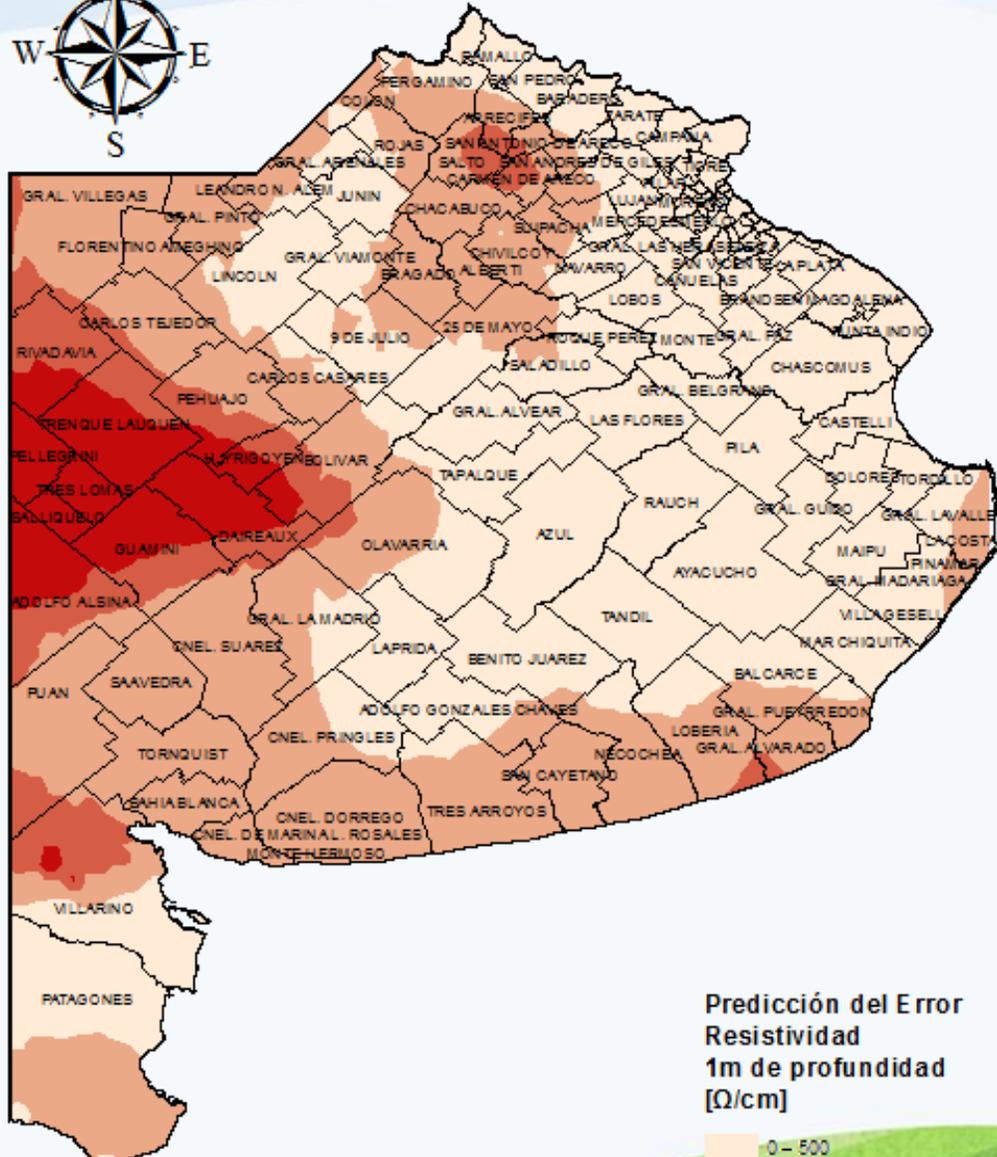


Carta-mapa Resistividad a 1 metro de profundidad



0 20 40 80 120 160 Kilometers

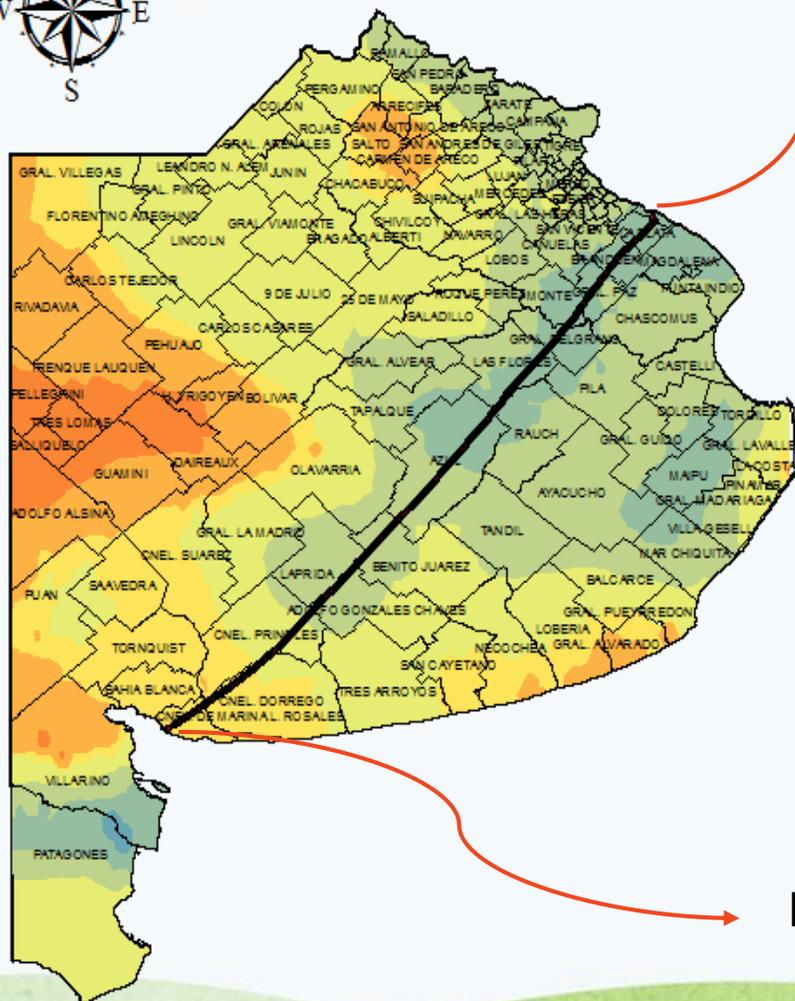
Carta-mapa Estimación del Error



0 20 40 80 120 160 Kilometers

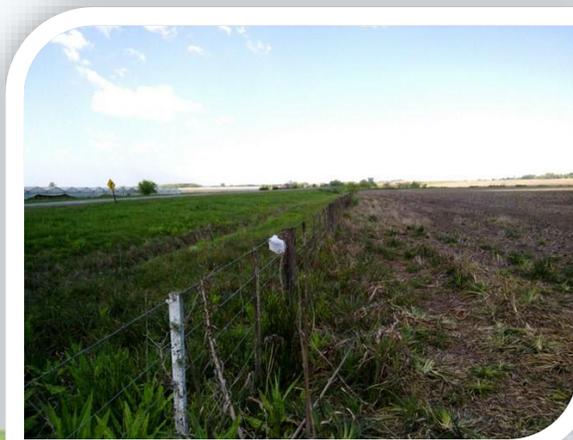
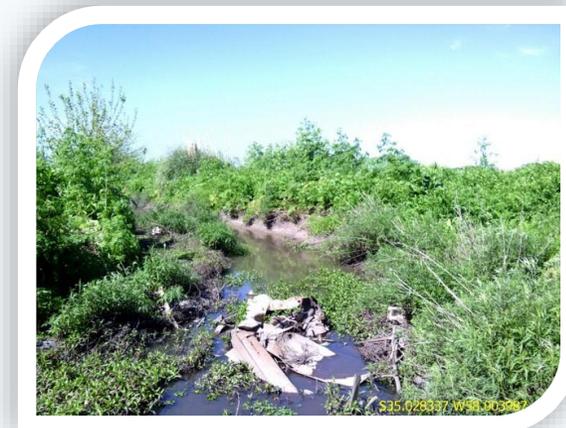


Validación del método: verificación experimental



La Plata

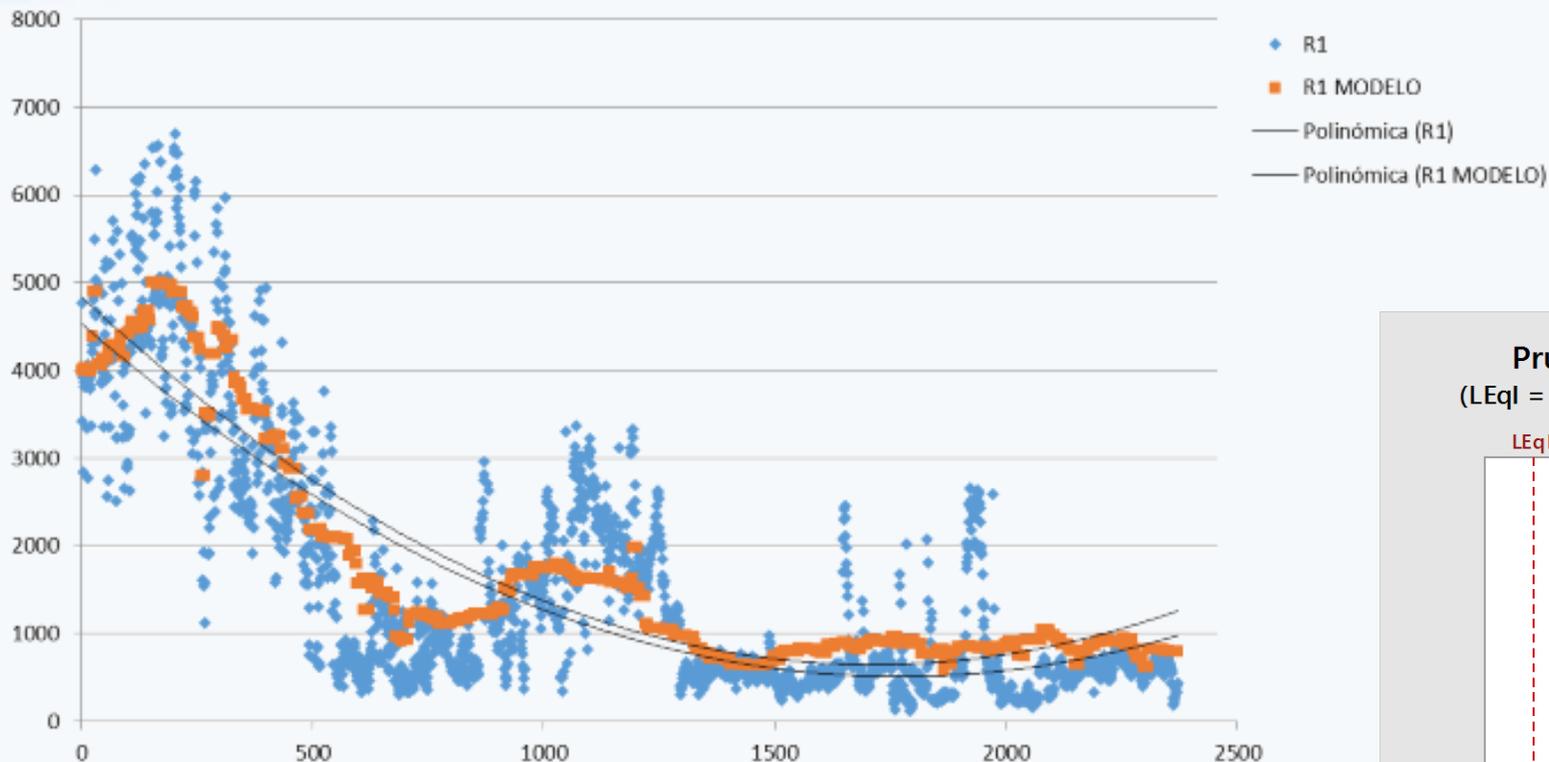
Distancia recorrida =
585 Km
Muestras cada 250 m
Nº de muestras = **2371**



Puerto Rosales
(Punta Alta)

Validación del método

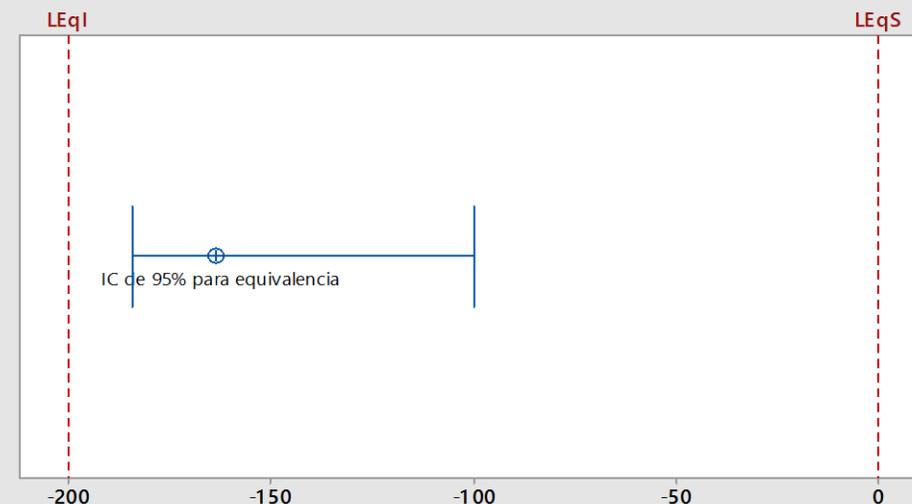
Valores obtenidos por el Modelo y Valores verificados experimentalmente



El valor del coeficiente de Pearson para las variables R1 y R1 MODELO es de 0,901, lo que indica una correlación positiva.

Un Alfa de Cronbach =0,948 indica una alta fiabilidad en la escala medida.

Prueba de equivalencia: Media(R1) - Media(R1 MODELO)
(LEqI = Límite de equivalencia inferior, LEqS = Límite de equivalencia superior)



IC de 95% para equivalencia de Media(R1) y Media(R1 MODELO): (-184,37. -100)
El IC está dentro del intervalo de equivalencia de (-200. 0). Se puede afirmar equivalencia.

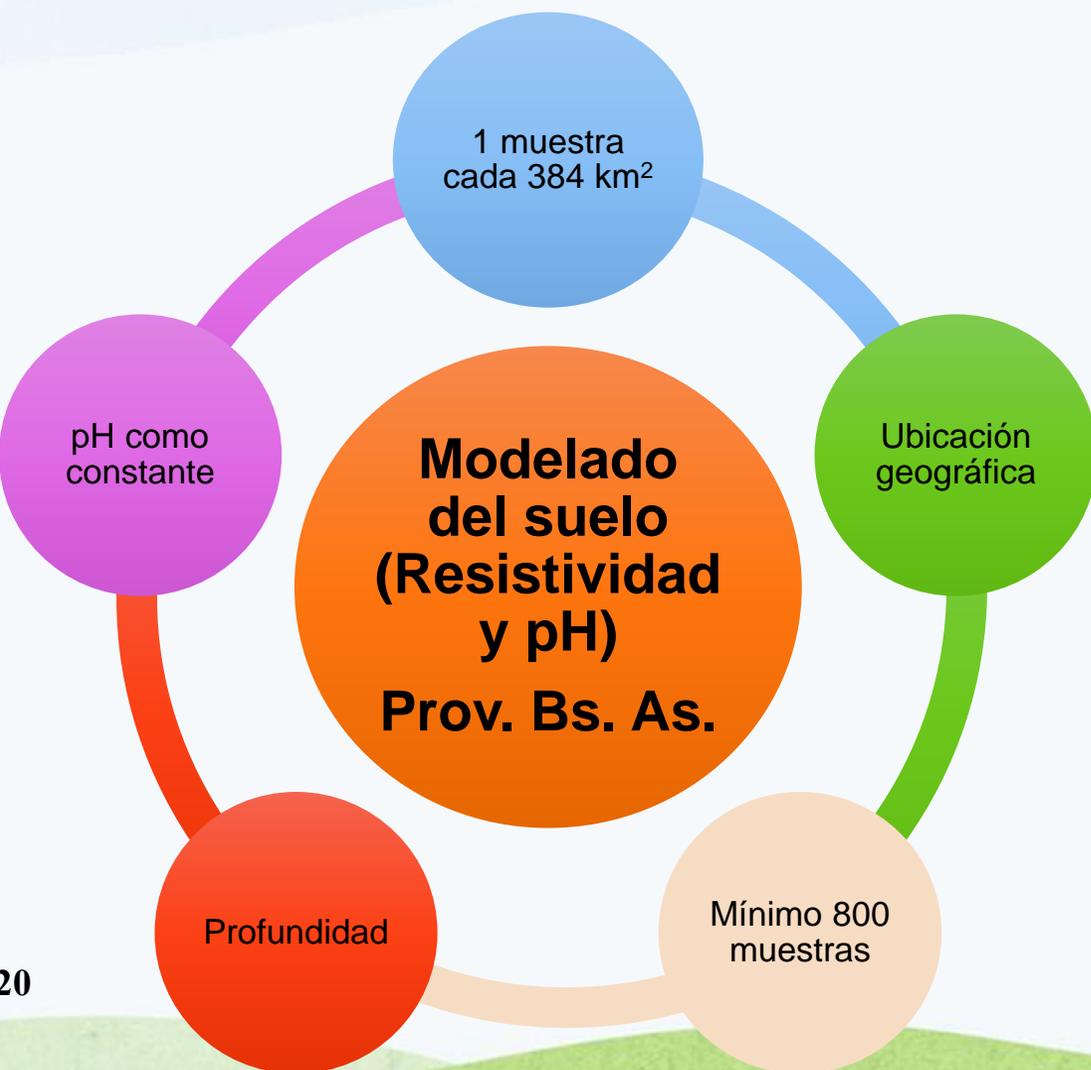
Resultados: Principales Aplicaciones

- **Diseño** de sistemas de protección catódica con **baterías de ánodos superficiales verticales.**
- **Diseño** de sistemas de protección catódica con **baterías de ánodos superficiales horizontales.**
 - Complemento para la **selección de revestimientos** de ductos según traza.
 - Determinar la **profundidad** para la instalación de **sistemas de protección catódica.**
 - Determinar la **profundidad** de instalación de **nuevos ductos.**
 - Diseño de **puesta a tierra.**
 - Determinar **zonas corrosivas.**
 - Determinar la **conformación geológica del terreno.**

OTRAS APLICACIONES

- *Aplicaciones arqueológicas.*
- *En agricultura junto a otros métodos permite determinar zonas que necesitan fertilizantes.*

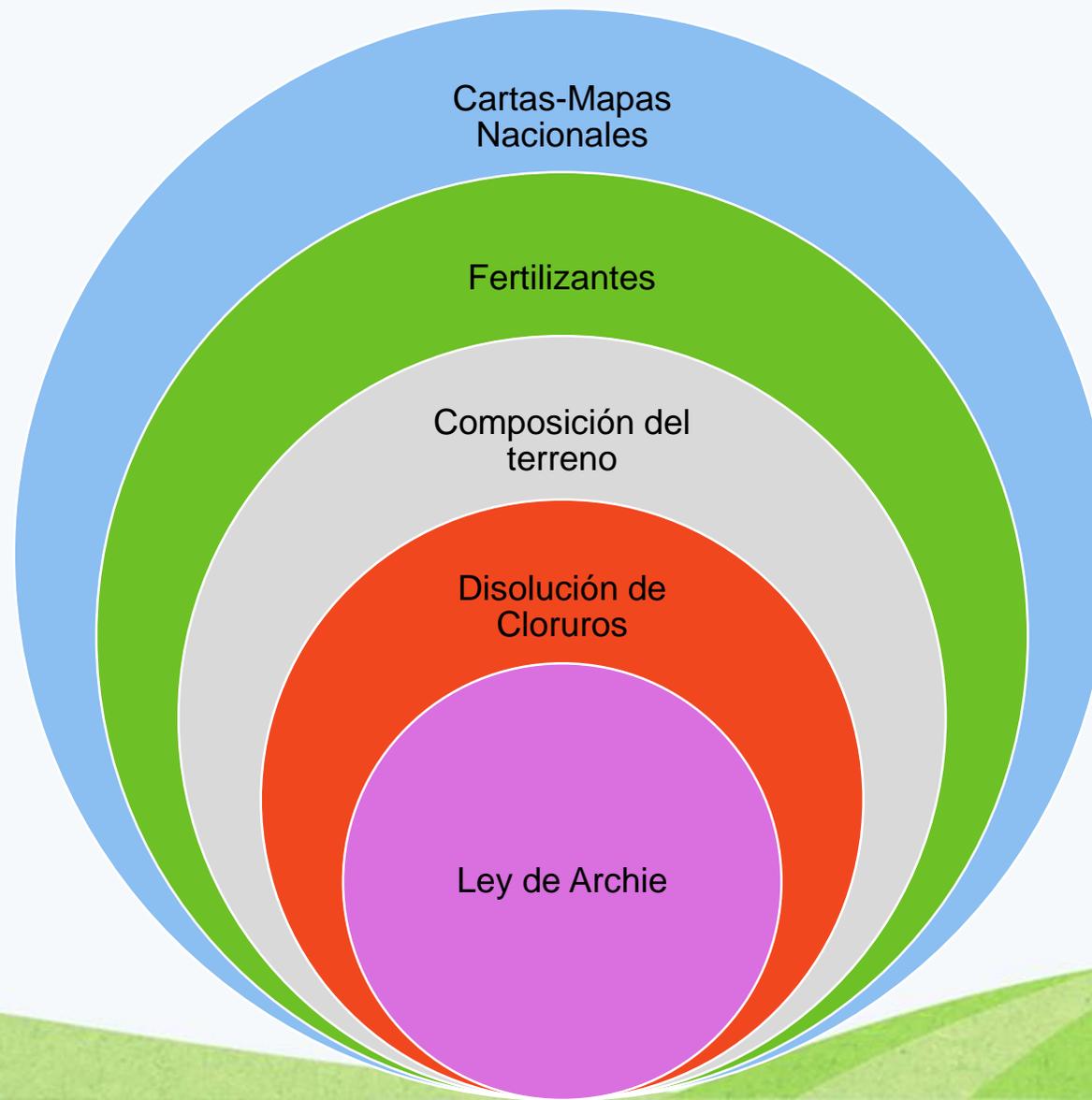
Conclusión Principal



Se verifica la hipótesis

“El proceso de confección de una carta-mapa provincial que sea útil para la toma de decisiones para el diseño y/o proyecto de sistemas de protección catódica se ve influenciado por la resistividad del terreno y su profundidad (propiedades eléctricas), el pH (propiedades químicas), su ubicación geográfica y la densidad muestral.”

Líneas futuras de investigación



Muchas gracias

