

Métodos multioffset de Georradar para la detección y monitoreo de objetivos ambientales.

Néstor Bonomo

Grupo de Geofísica Aplicada
y Ambiental (GAIA)



IFIBA, CONICET -
Departamento de Física,
FCEyN, UBA



Esquema de la charla

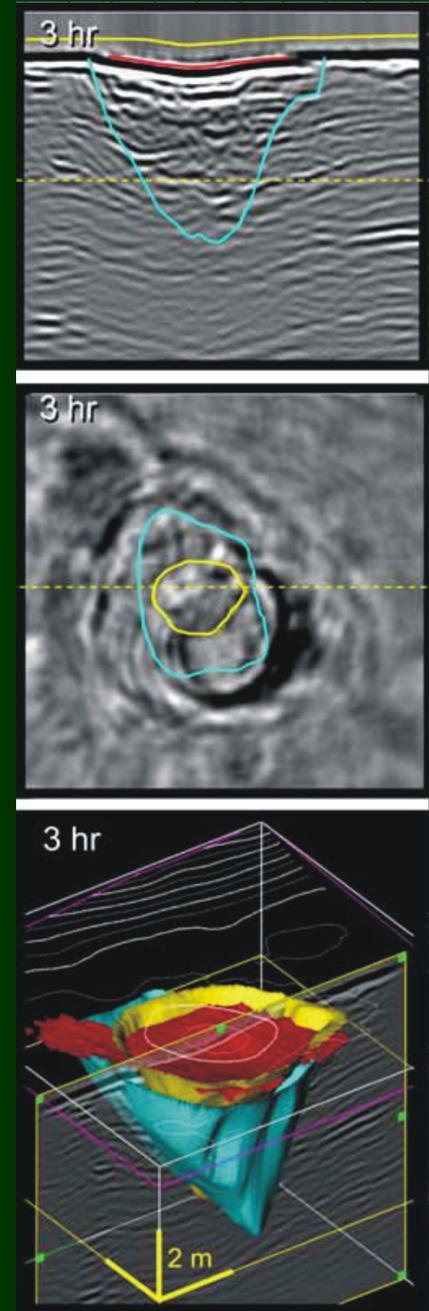
- 1) - El método Georradar (GPR)
 - Metodología de GPR por reflexión y offset constante
 - Ejemplos de aplicaciones ambientales

- 2) - Metodologías multioffset para la detección y monitoreo de objetivos ambientales
 - Arreglos de emisores
 - Ejemplos de aplicación



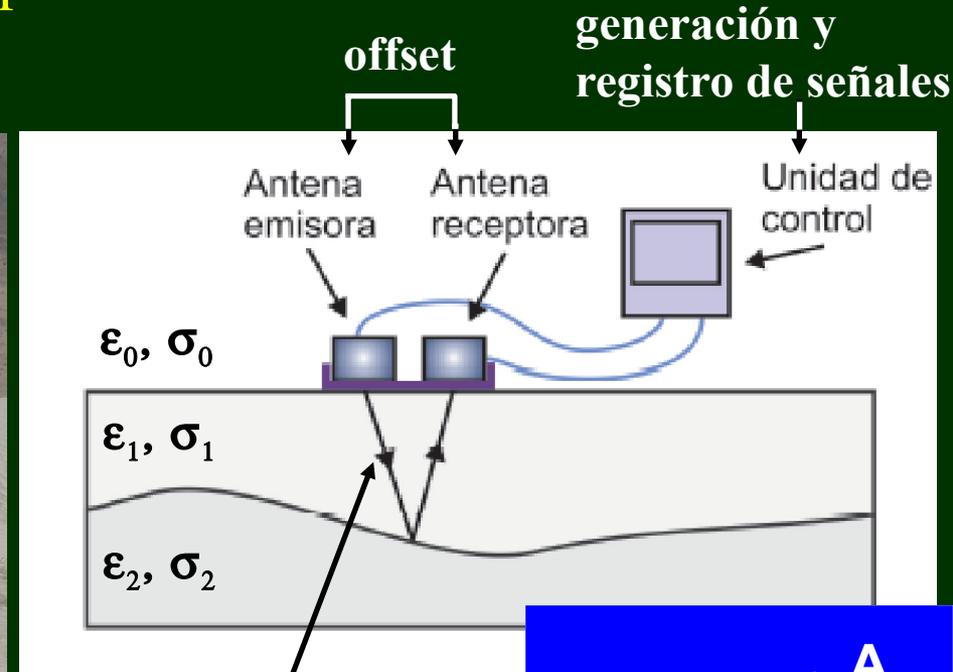
Método Georradar (GPR)

- Usa fuentes controladas de radiofrecuencia
- Sirve para estudiar los primeros metros del suelo
- Se mide sobre la superficie del suelo, en pozos o en forma combinada

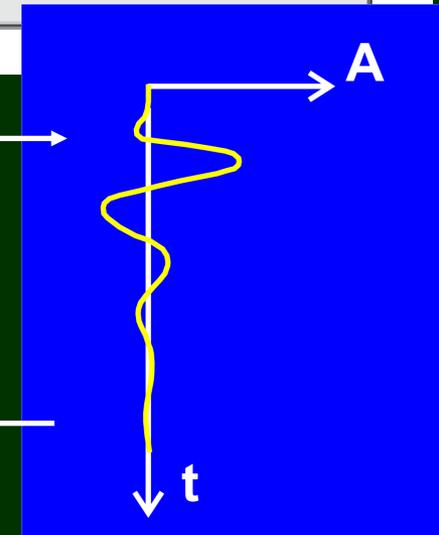


Componentes principales de un equipo de GPR

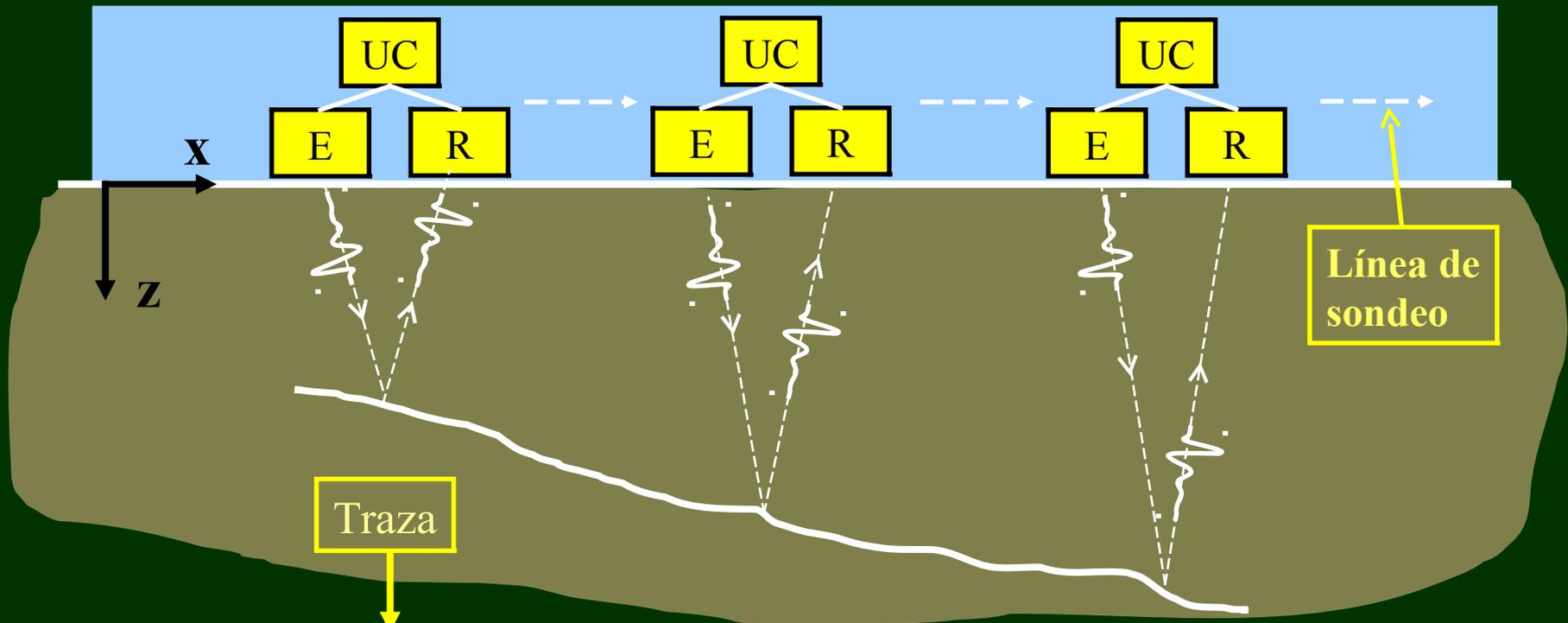
Metodología por reflexión



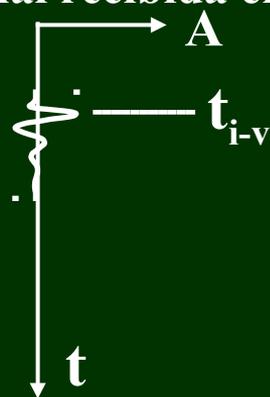
Señal emitida:
pulso de
radiofrecuencias



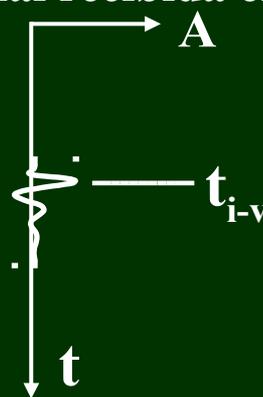
Métodología de GPR por reflexión y offset constante (simple offset, SO)



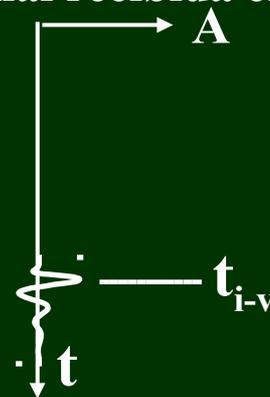
Señal recibida en X_1



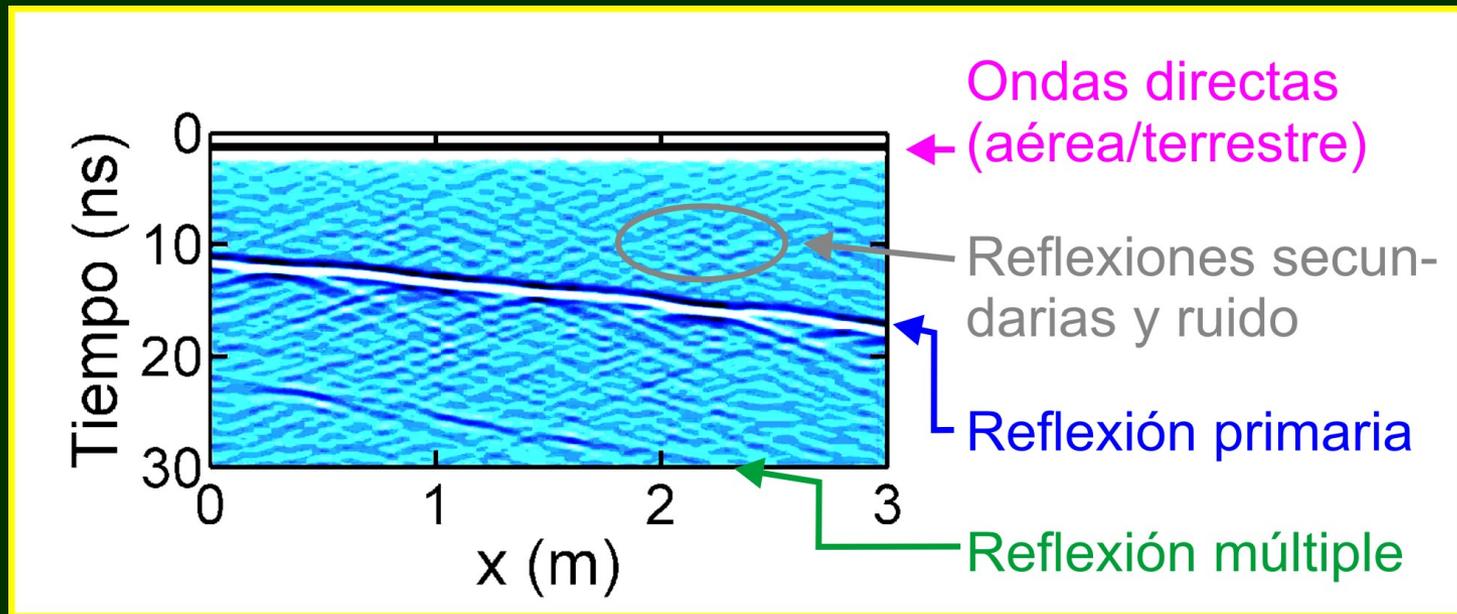
Señal recibida en X_2



Señal recibida en X_3



Métodología de GPR por reflexión y offset constante. Radargramas. Ondas recibidas



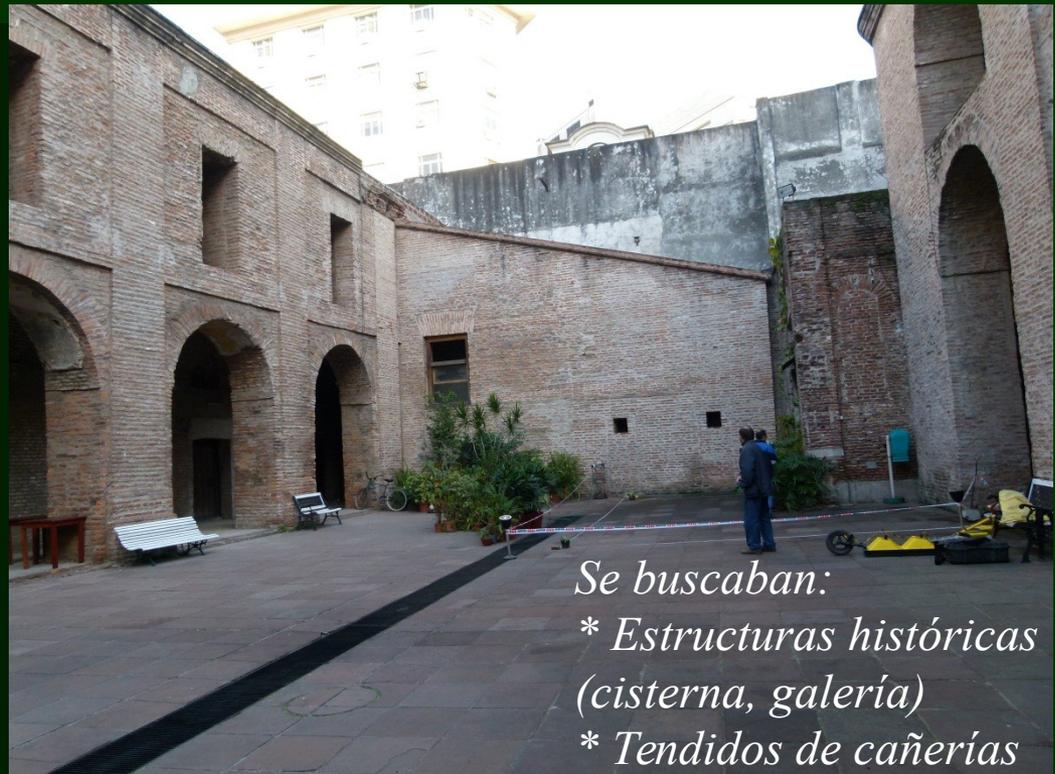
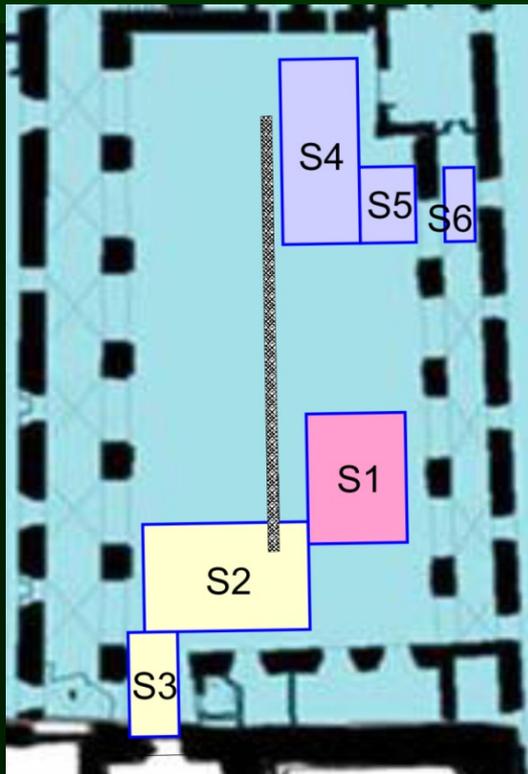
Sección vertical de
datos o radargrama

Aplicaciones: Arqueología – Ingeniería Civil

Manzana de Las Luces- CABA

Métodología por reflexión y offset constante.

Plano. Sectores estudiados

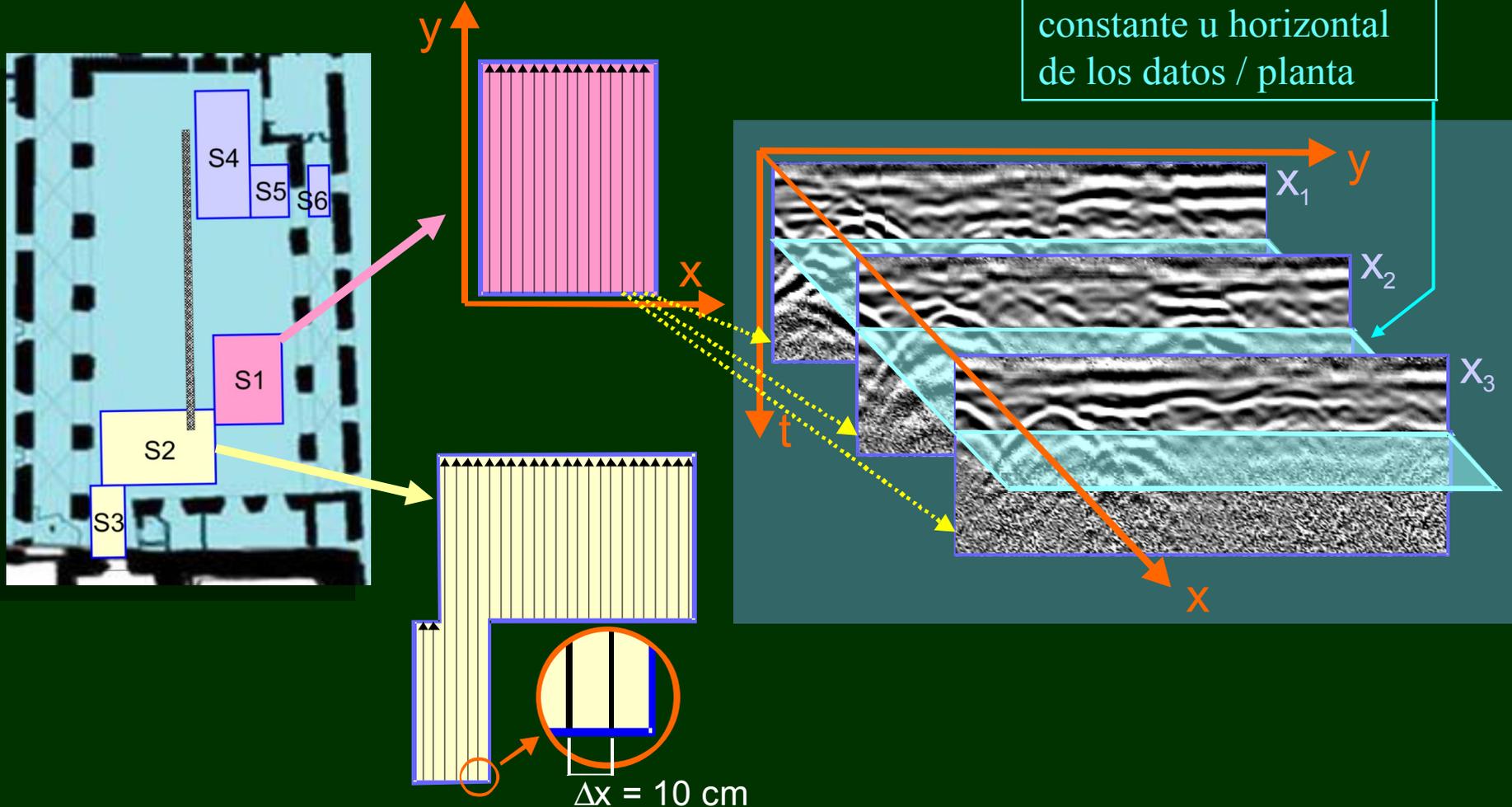


Se buscaban:
* Estructuras históricas
(cisterna, galería)
* Tendidos de cañerías

Aplicaciones: Arqueología – Ingeniería Civil

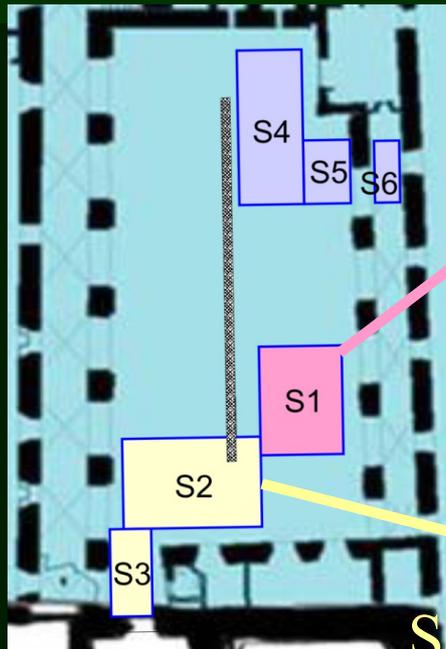
Manzana de Las Luces- CABA

Plano. Sectores prospectados



Aplicaciones: Arqueología – Ingeniería Civil

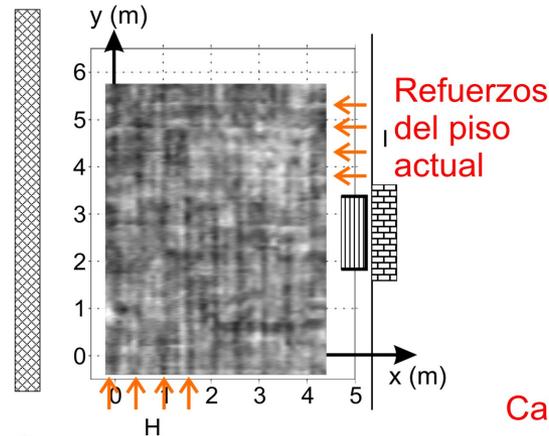
Manzana de Las Luces- CABA



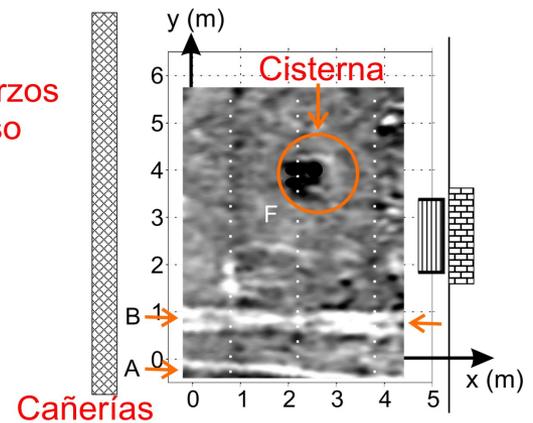
S1

S2-S3

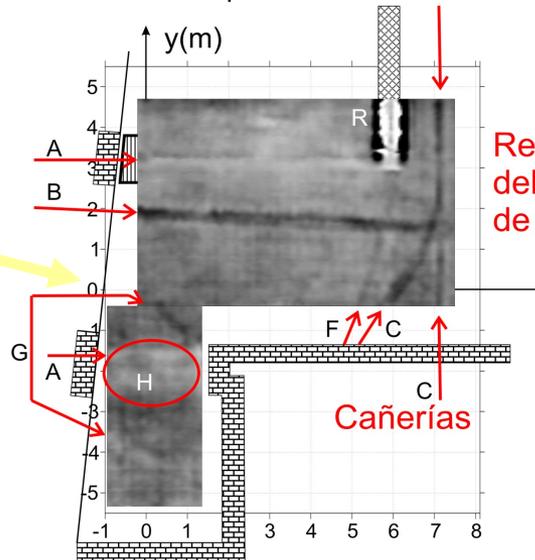
a) Planta p = 16 cm



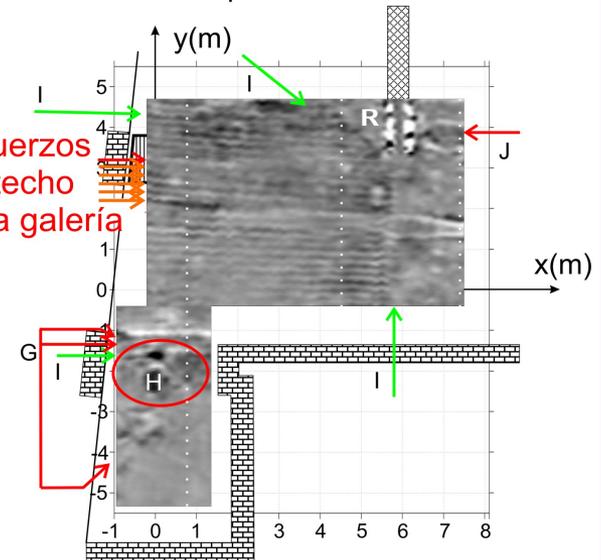
b) Planta p = 59 cm



c) Planta p = 19 cm



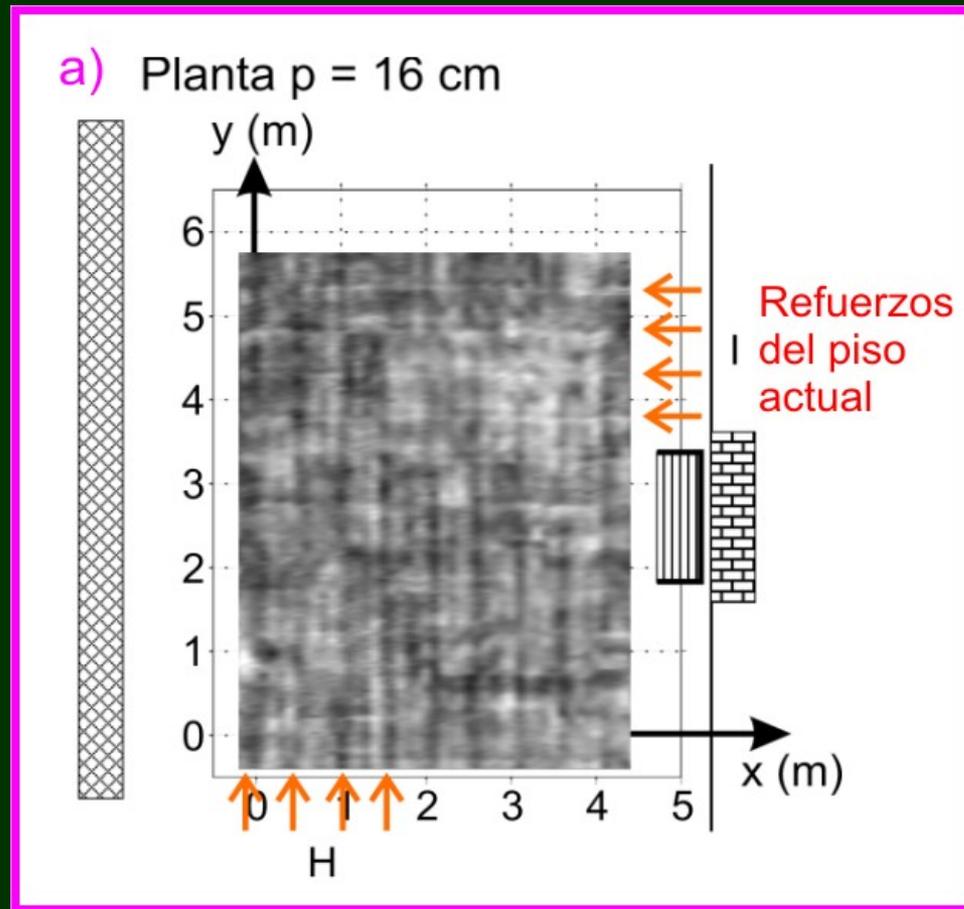
d) Planta p = 54 cm



Plantas - Interpretación (orígenes de principales reflexiones)

Aplicaciones: Arqueología – Ingeniería Civil

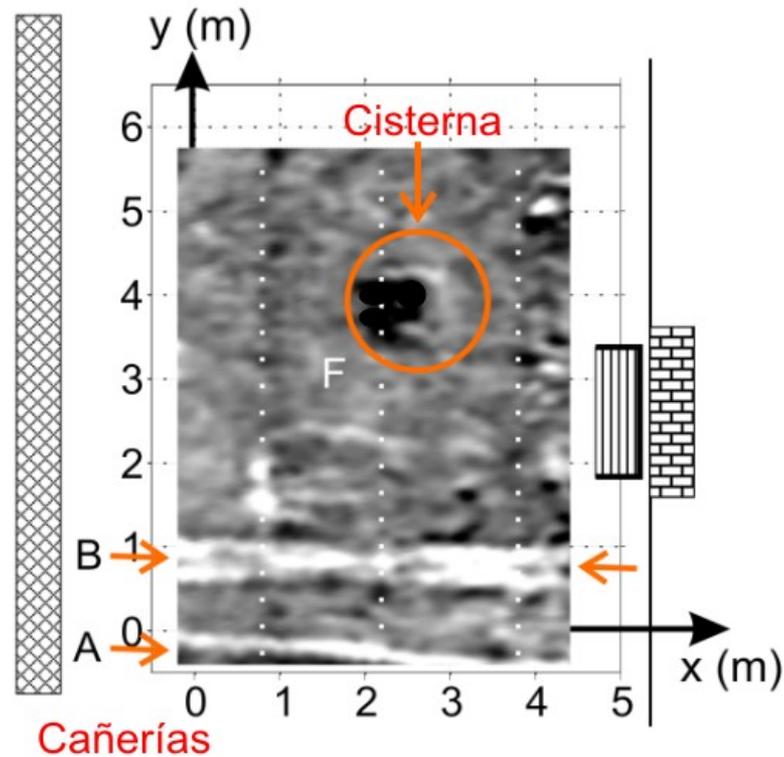
Manzana de Las Luces- CABA



Aplicaciones: Arqueología – Ingeniería Civil

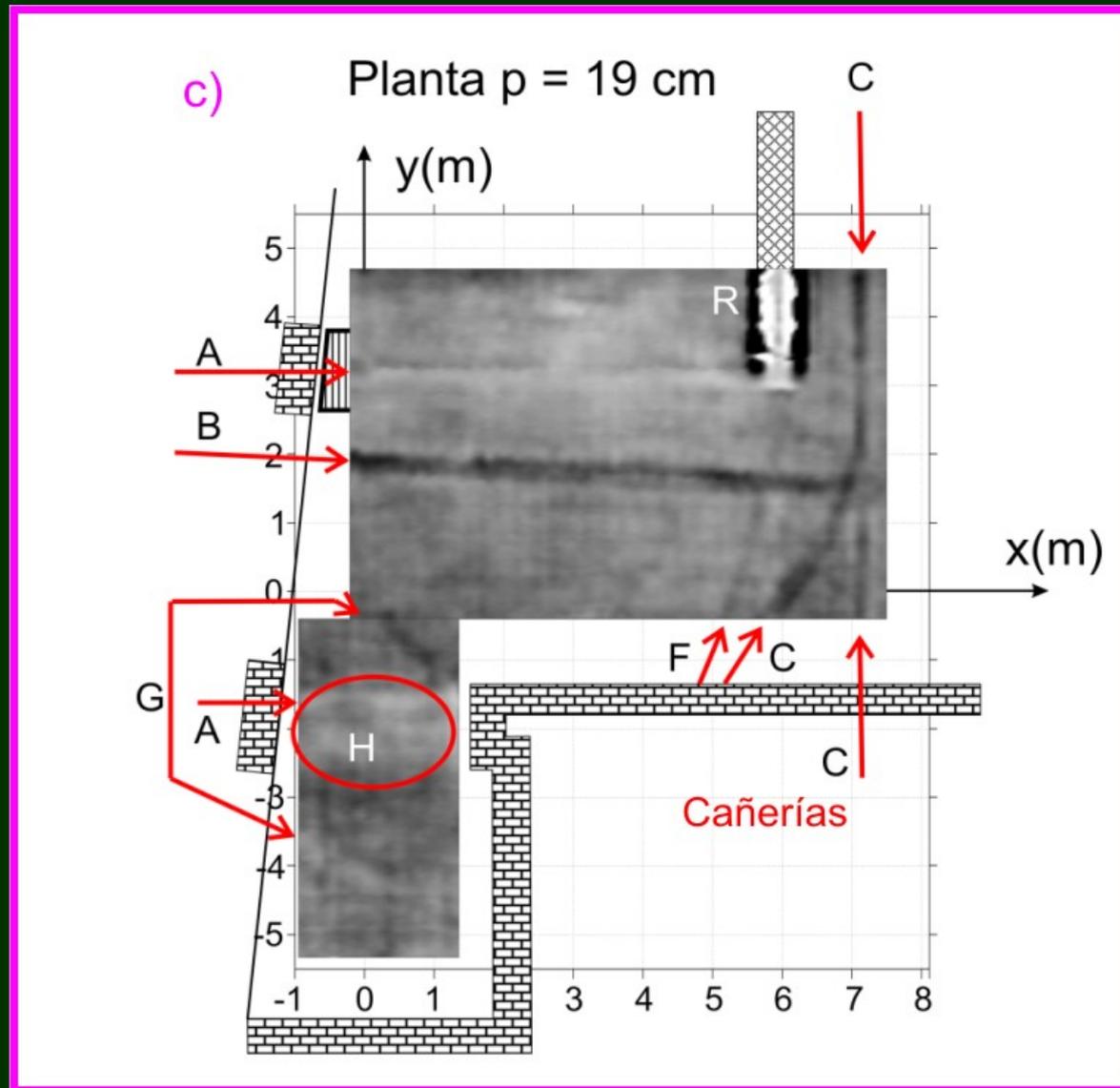
Manzana de Las Luces- CABA

b) Planta p = 59 cm



Aplicaciones: Arqueología – Ingeniería Civil

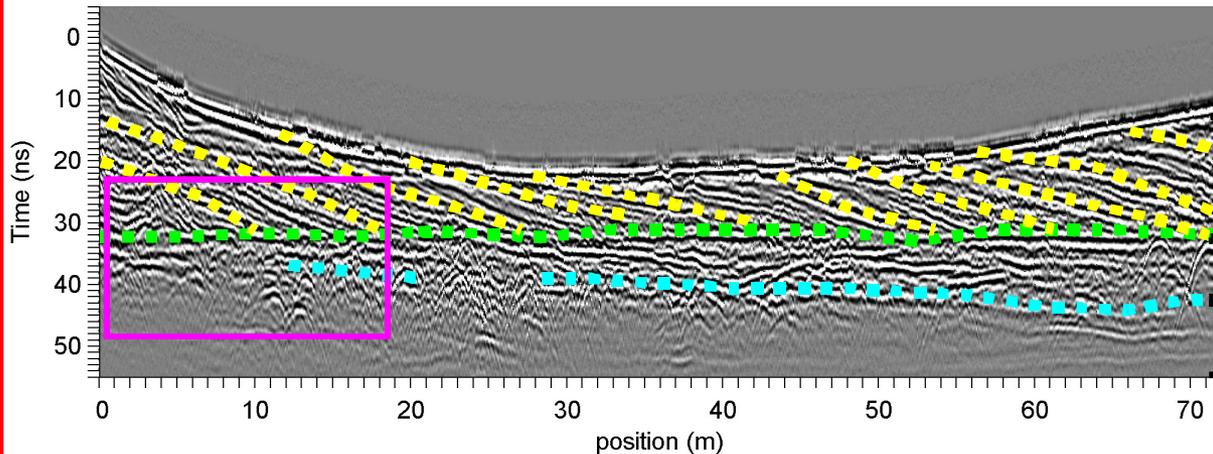
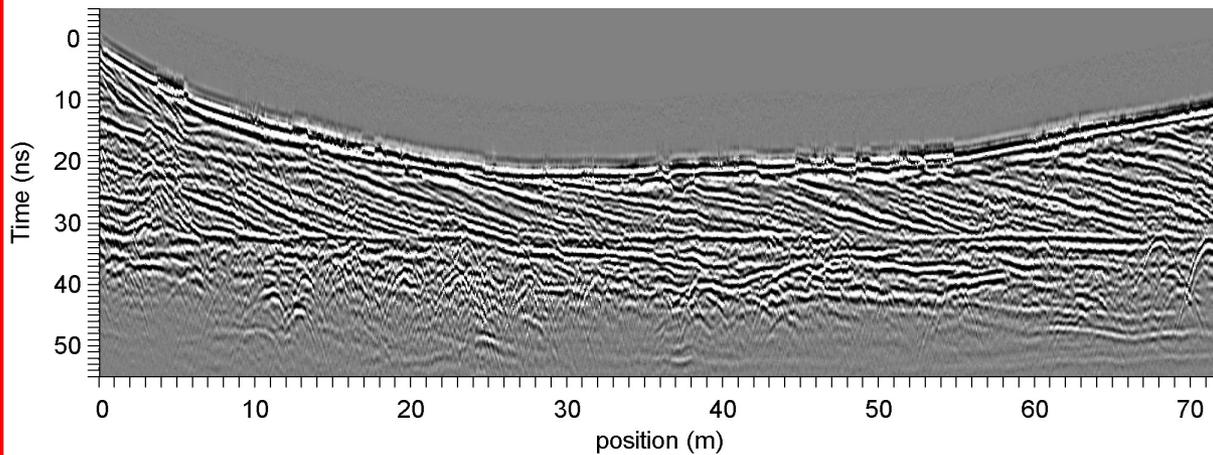
Manzana de Las Luces- CABA



Aplicaciones: Sedimentología

Mapeo / caracterización de capas

Sección vertical



Área con
baja continuidad
de la señal primaria

Interfaz aire-suelo

Sedimento eólico

Zona antiguamente cultivada

Lecho arcilloso de río

Principales aplicaciones del método GPR

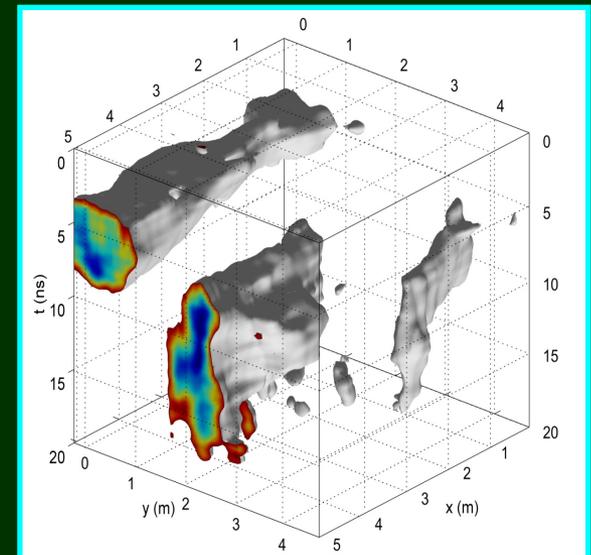
Detección / mapeo / caracterización de:

- 1) capas de suelo (sedimentos, roca, etc.)
- 2) capas de hielo (permafrost, glaciares)
- 3) capas de pavimentos y rellenos (asfalto, concreto, desechos, etc.)
- 4) grietas, cavidades, fallas (suelos y estructuras de ingeniería)
- 5) humedad (fugas de piletas y caños, freática y zona de transición, etc.)
- 6) otros líquidos (vertidos contaminantes, etc)
- 7) gases (pavimentos, fugas de contenedores, etc.)
- 8) estructuras edilicias (paredes, pisos, pilares, etc)
- 9) cañerías y refuerzos en estructuras (aplicaciones de ingeniería)
- 10) explosivos no detonados (minas y proyectiles)
- 11) enterratorios (aplicaciones forenses y arqueológicas)
- 12) raíces, troncos, biomasa (aplicaciones biológicas)

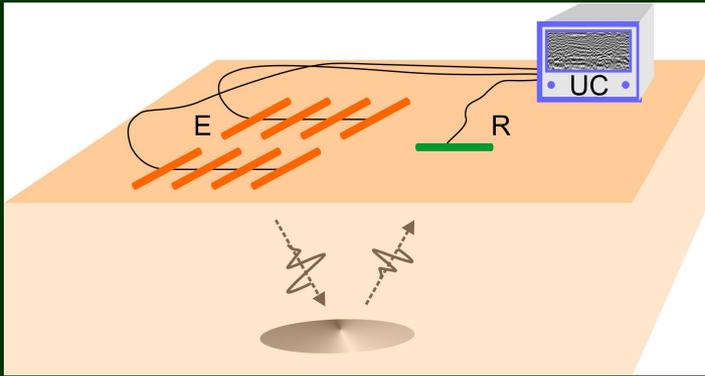
Metodologías multioffset

Son las que poseen alguna de las siguientes características:

1. Distancia emisor–receptor variable
2. Múltiples emisores y/o receptores
3. Ambas características



Arreglos de emisores



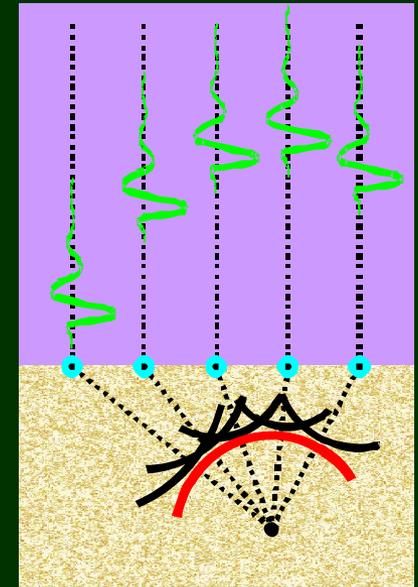
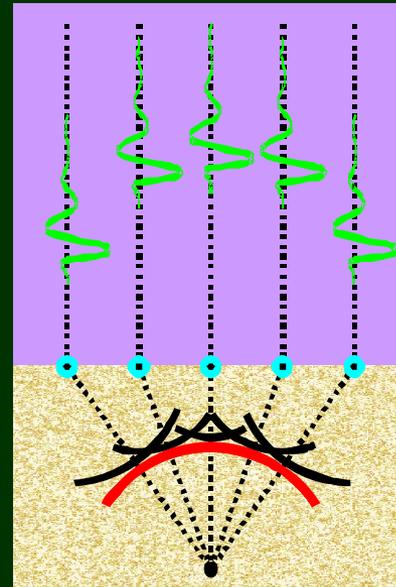
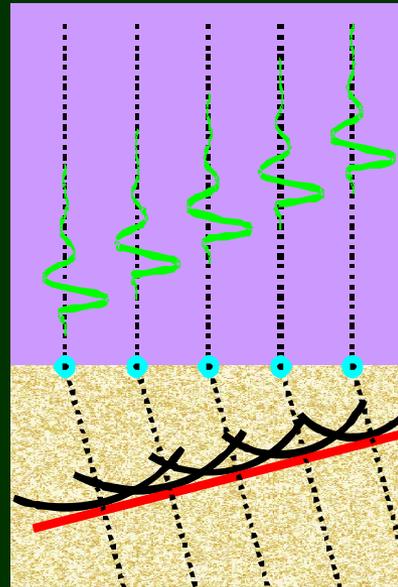
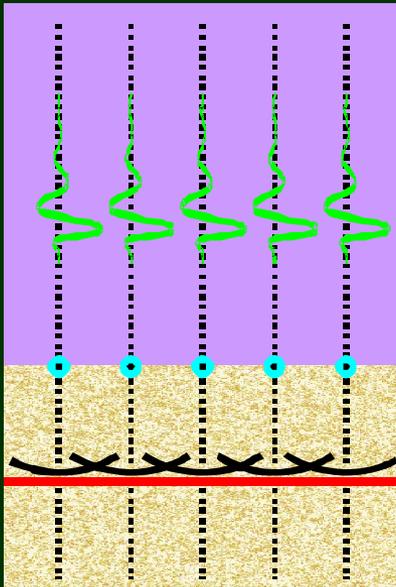
Permiten el modelado del frente de ondas transmitido, con los objetivos simultáneos de:

- Concentrar la energía en caminos emisores-objetivo-receptor que incrementen el nivel de señal primaria registrado
- Reducir la iluminación de reflectores secundarios periféricos y así su influencia en las secciones de datos



Arreglos de emisores

Se controla la $\left\{ \begin{array}{l} \text{fase} \\ \text{amplitud} \\ \text{distancia} \end{array} \right\}$ relativas entre los emisores



Direccionamiento

Enfoque

Direccionamiento
y enfoque

Áreas de aplicación de los arreglos de emisores

Telecomunicaciones



Astrofísica

Óptica

Meteorología

Navegación aérea



Sísmica

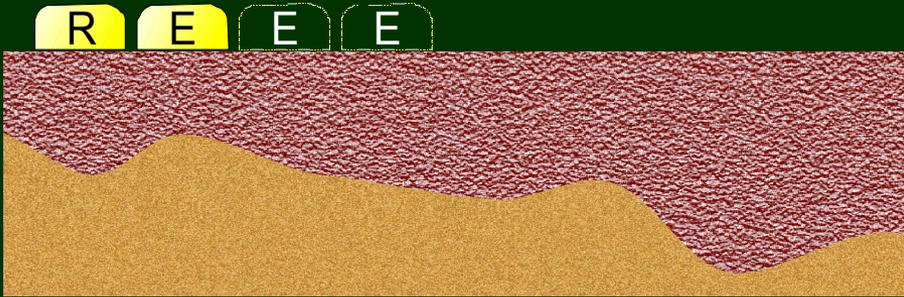
Medicina

Sonar

Ingeniería



Arreglos **sintéticos** de emisores (SEA)



Ventajas:

- Libertad en la selección de los parámetros del arreglo
- Equipamiento mucho menos costoso
- Simulaciones numéricas más sencillas
- Menos inconvenientes técnicos
- Menores volúmenes de datos

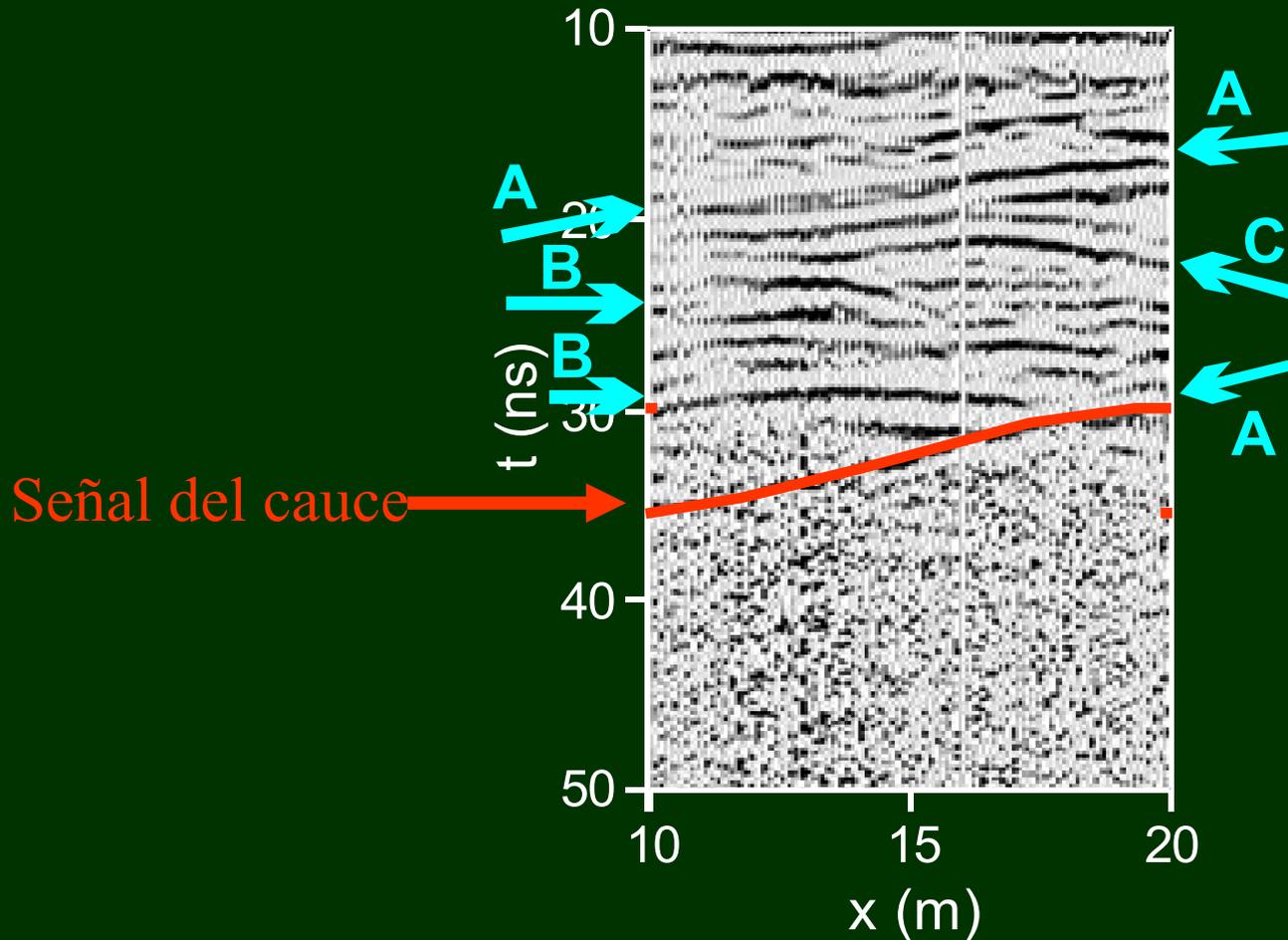
Desventajas:

- Requieren de mayor tiempo y esfuerzo de adquisición
- Procesamiento algo más complicado

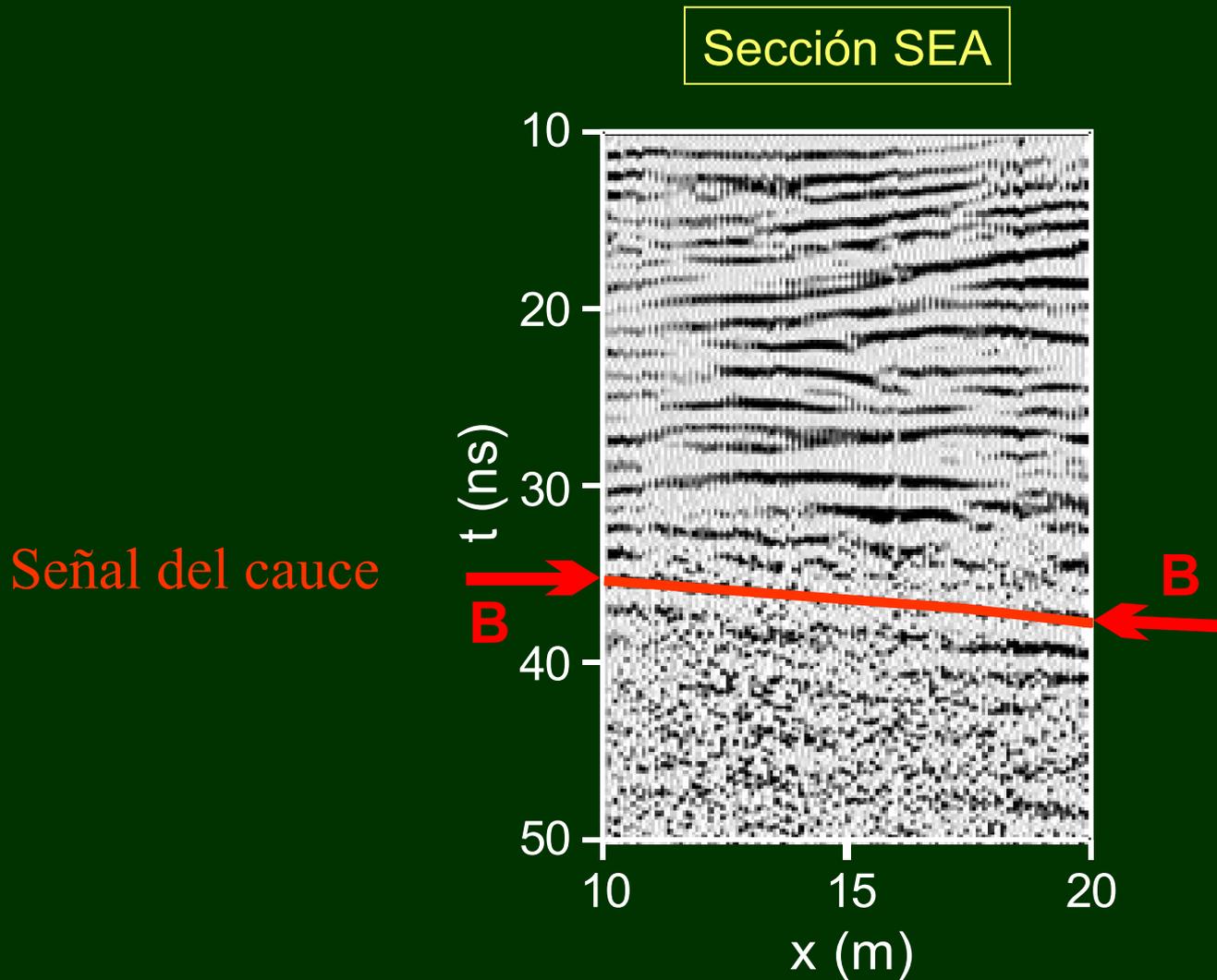


Ejemplo de aplicación SEA: mapeo de un cauce

Sección SO

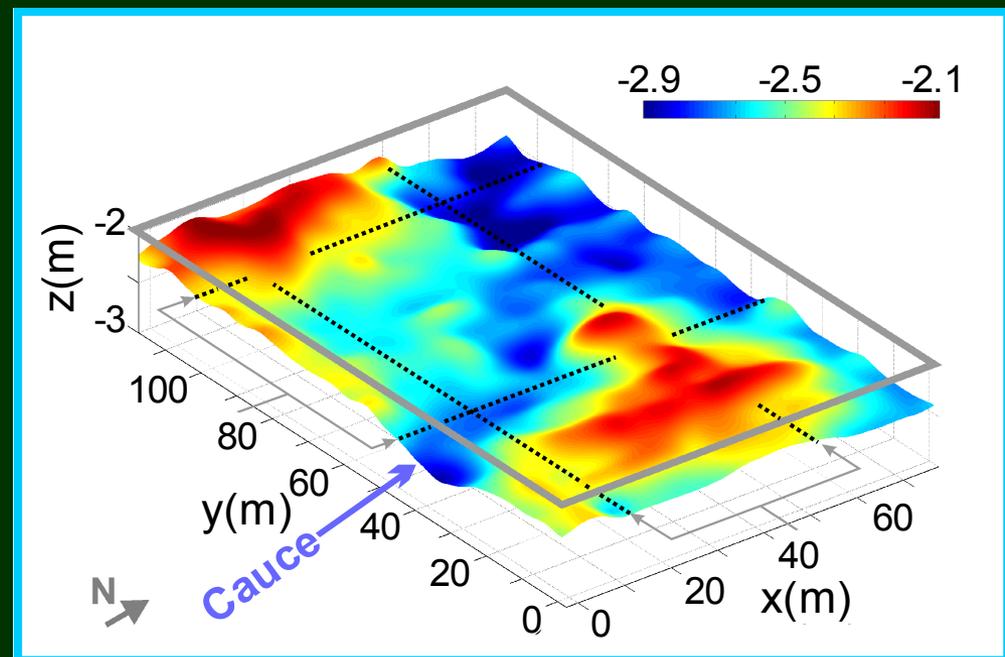
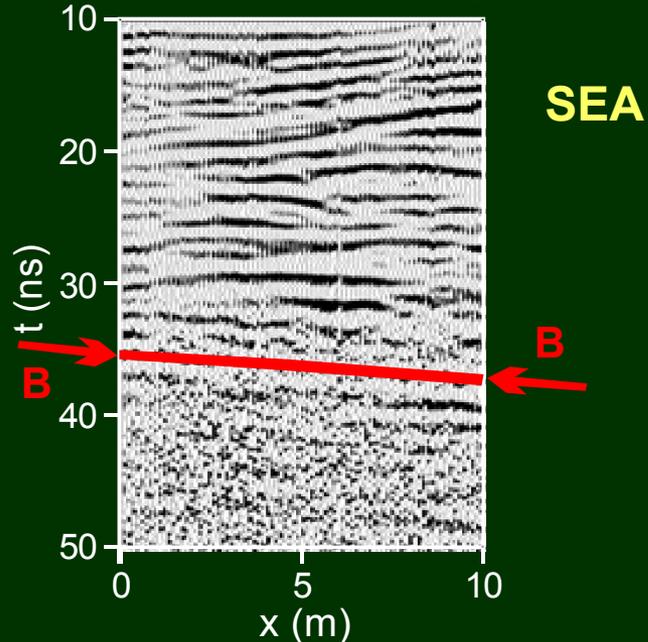
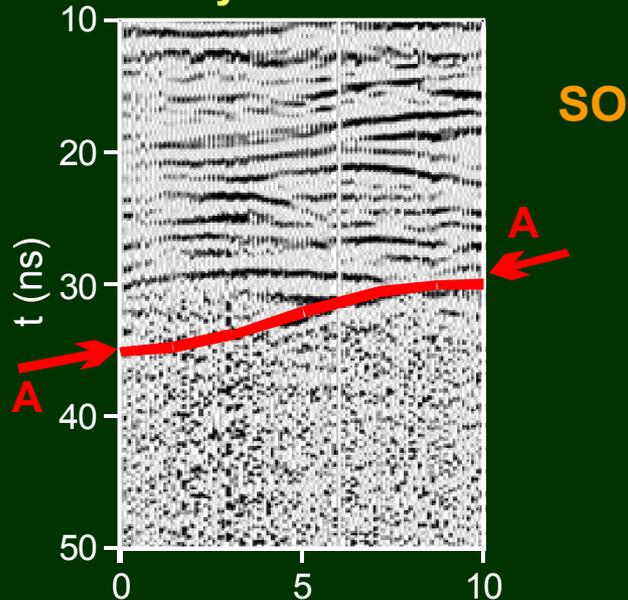


Ejemplo de aplicación SEA: mapeo de un cauce



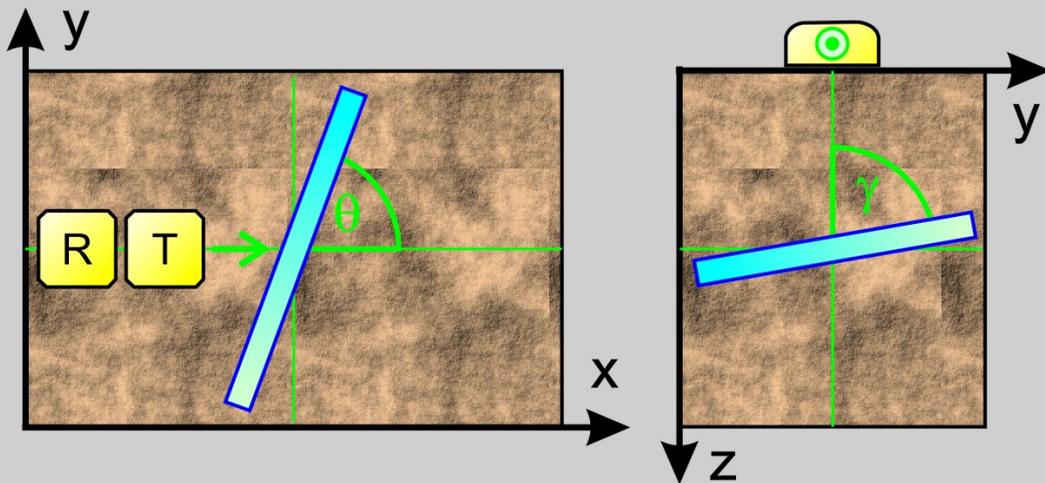
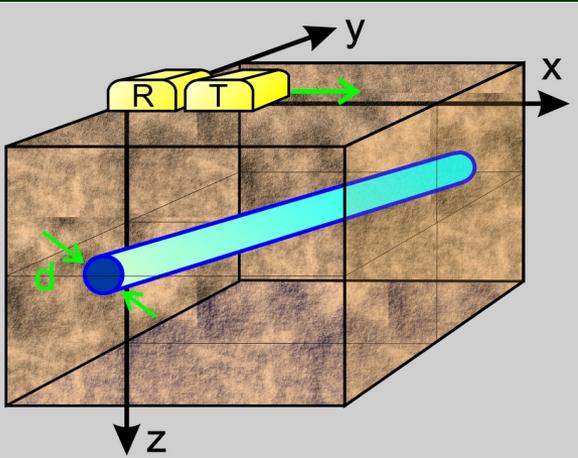
Ejemplo de aplicación SEA: mapeo de un cauce

$y = 50\text{m}$



Ejemplo: determinación de la orientación de cañerías a partir de una sola línea de sondeo

Estudios en lugares angostos, limitados por obstáculos en superficie (vegetación, topografía, paredes, maquinarias, etc.)



Metodología:

- θ y γ como fc de las amps de polarización
- Cálculo estadístico
- Baja SNR en perfiles SO que

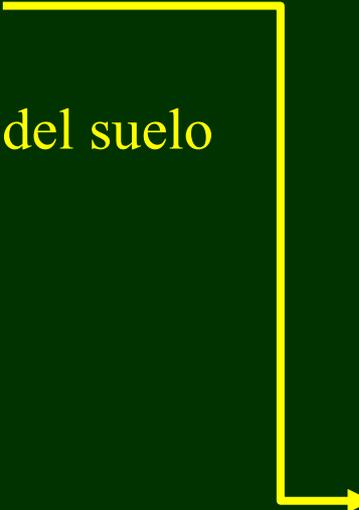
perjudica los resultados =>

- SEA para mejorarlos

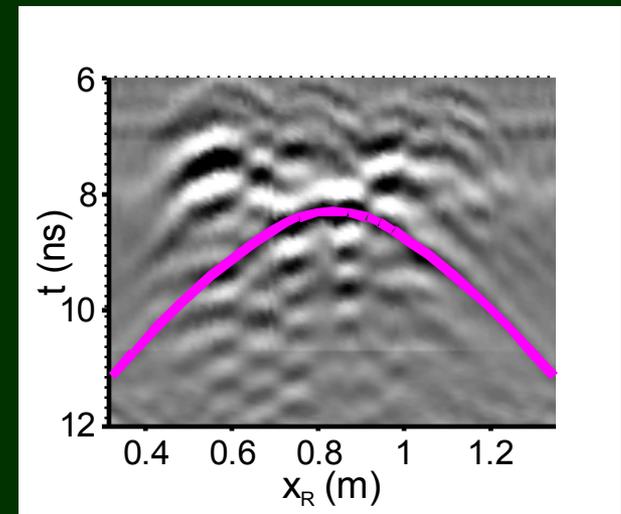
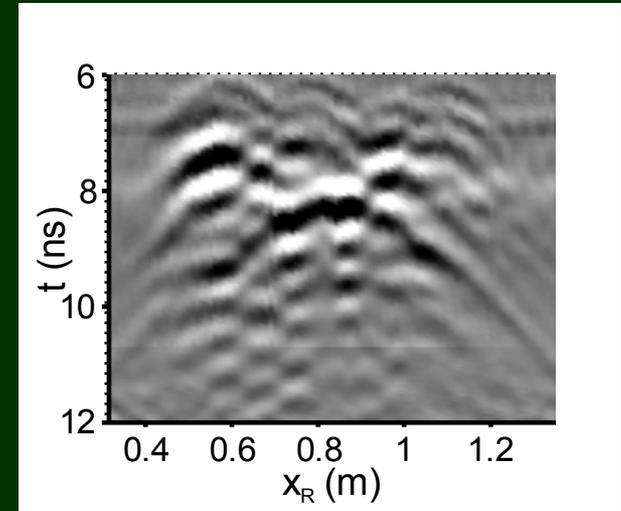
Ejemplo: determinación de la orientación de cañerías a partir de una sola línea de sondeo

Procedimiento:

1) Adquisición SO 

2) Identificación del objetivo 

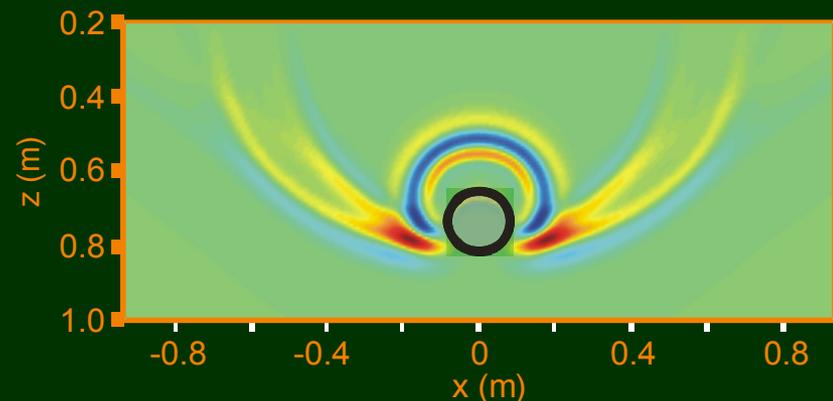
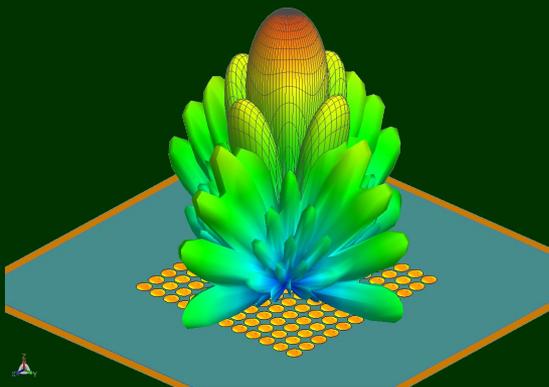
3) Estimación de parámetros del suelo 



Ejemplo: determinación de la orientación de cañerías a partir de una sola línea de sondeo

Procedimiento:

- 1) Adquisición SO
- 2) Identificación del objetivo
- 3) Estimación de parámetros del suelo
- 4) Simulación numérica SEA. Experiencia controlada en el laboratorio
- 5) Determinación de parámetros del arreglo para adquisición SEA



Ejemplo: determinación de la orientación de cañerías a partir de una sola línea de sondeo

Procedimiento:

1) Adquisición SO

2) Identificación del objetivo

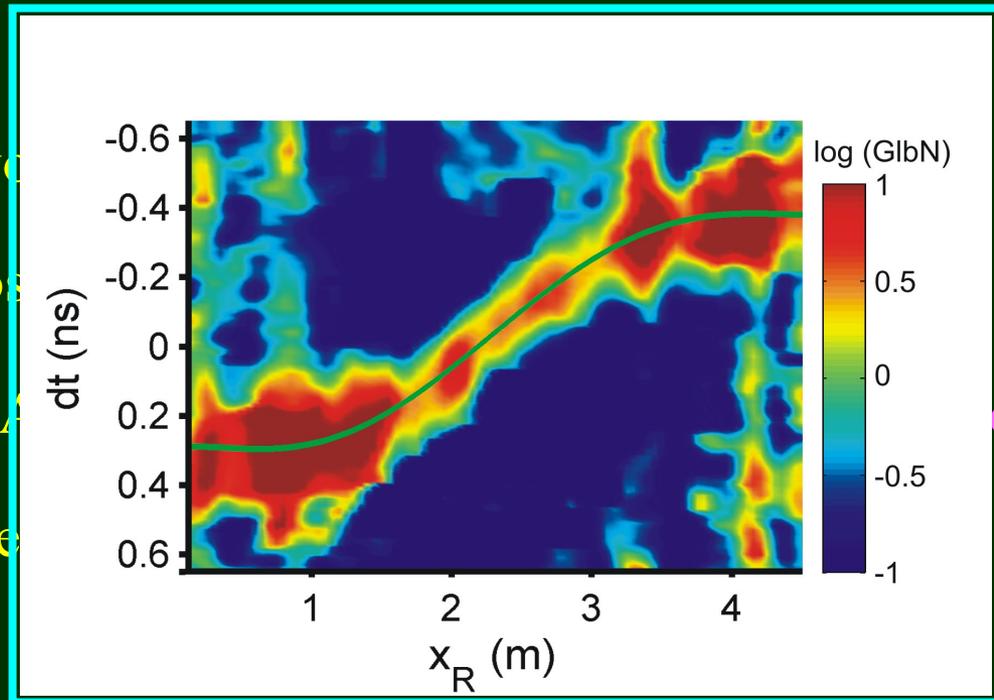
3) Estimación de parámetros

4) Simulación numérica SEA

5) Determinación de parámetros

6) Adquisición SEA

7) Determinación de parámetros del arreglo que optimizan los resultados



Ejemplo: determinación de la orientación de cañerías a partir de una sola línea de sondeo

Procedimiento:

1) Adquisición SO

2) Identificación del objetivo

3) Est

4) Sim

5) Det

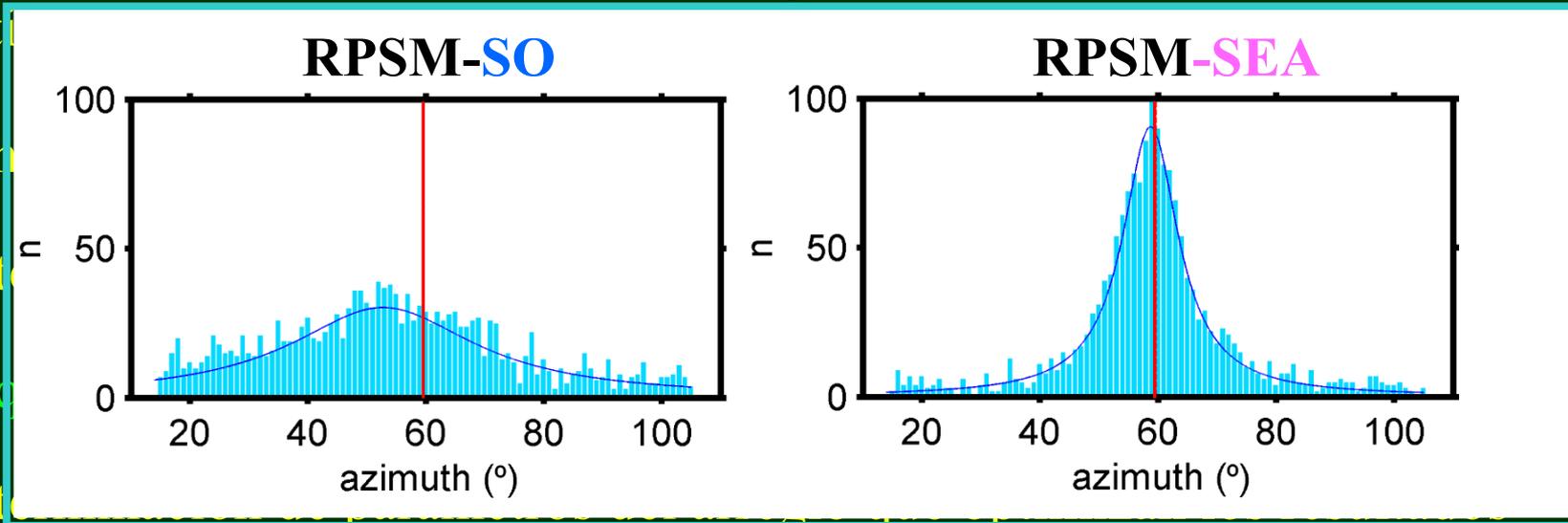
6) Ad

7) Det

8) Resultados de la aplicación

Mejoras promedio (para diferentes ángulos y tipos de suelo y caño):

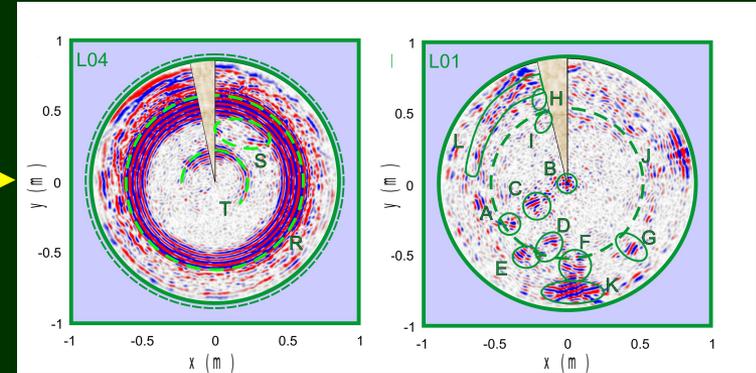
- 32 % en el ángulo ($\Delta\theta < 3^\circ$)
- 21 % ancho ($\Delta\sigma < 7^\circ$)



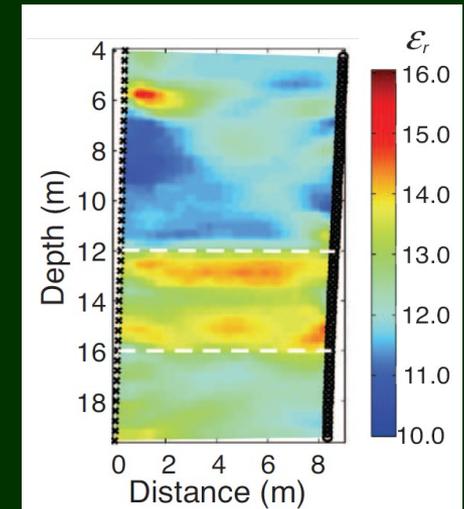
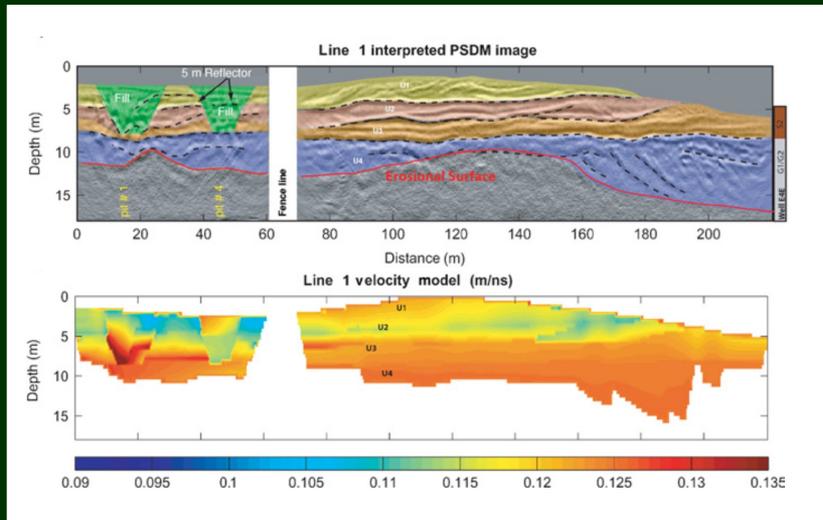
Metodologías multioffset – Características

1) Mejoras en la relación de amplitudes primaria vs. secundaria y ruido

Arreglos 1D y 2D de E/R
Geometrías no convencionales

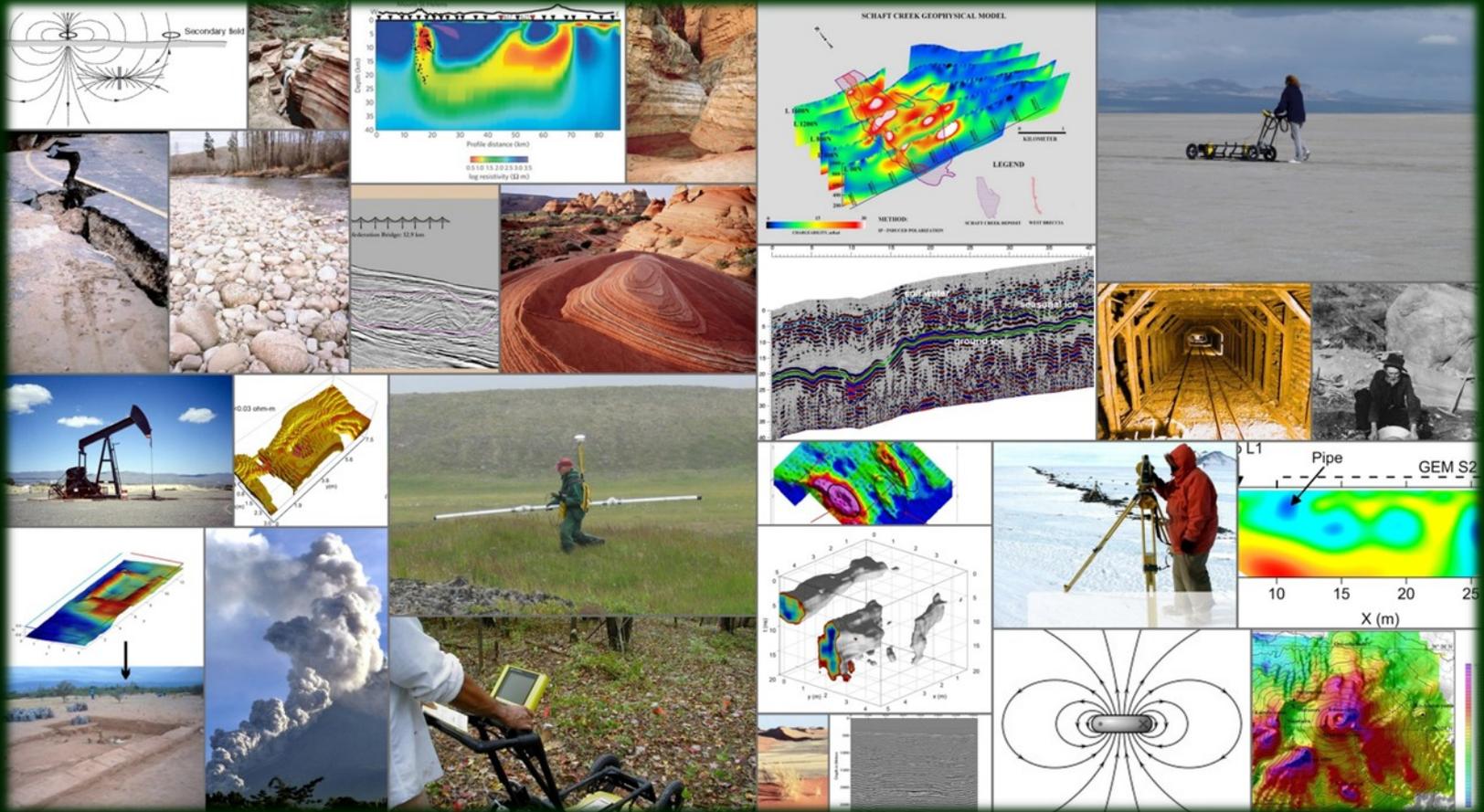


2) Mejoras en las resoluciones H/V de perfiles de velocidad



3) Permiten implementar metodologías de inversión

Muchas gracias por tu atención



www.gaia.df.uba.ar

Grupo de Geofísica Aplicada y Ambiental (GAIA)

Departamento de Física, FCEyN, UBA -
IFIBA, CONICET

Investigadores

Ana Osella
Patricia Martinelli
Victoria Bongiovanni
Vivian Grunhut
Matías de la Vega
Néstor Bonomo

Becarios

Darío Bullo
Pablo Bordón
Luciano Onnis

www.gaia.df.uba.ar

Métodos Utilizados en el GAIA

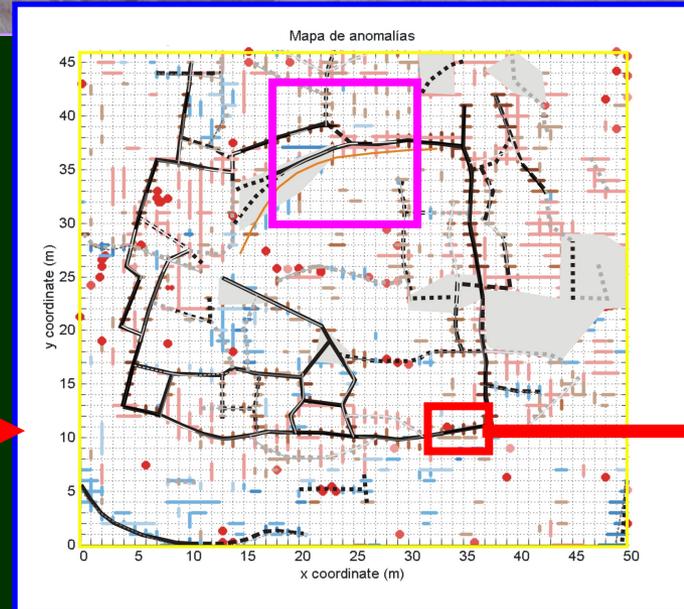
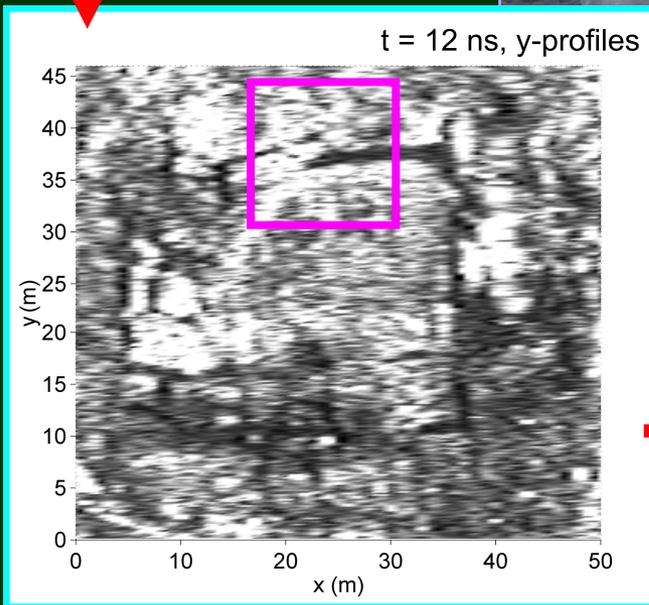
- **Georradar (GPR):** Las señales son ondas EM con frecuencias principales entre 100 y 1000 MHz y la profundidad de penetración alcanzada es de algunos metros
- **Inducción electromagnética espira-espira, multifrecuencial (SLEM o EMI):** Las señales tienen frecuencias entre 300 Hz y 50 kHz. Puede penetrar hasta decenas de metros
- **Geoeléctrica:** Este método emplea corriente continua. Se cuenta con equipos para estudios de profundidad baja (hasta metros) y mediana (cientos de metros)
- **Sísmica de reflexión superficial:** Las señales son ondas elásticas. Penetración entre metros y decenas de metros, dependiendo del equipo

Aplicaciones: Arqueología

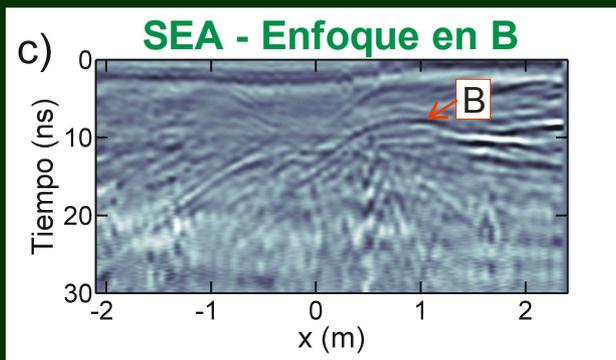
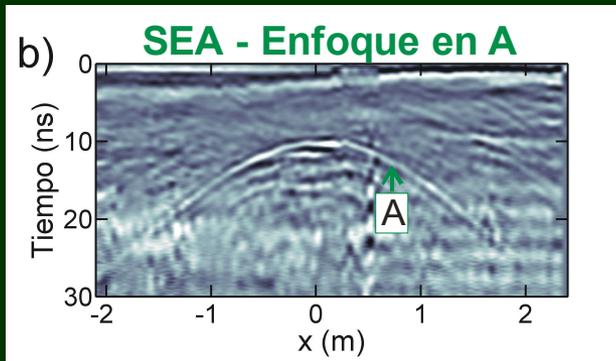
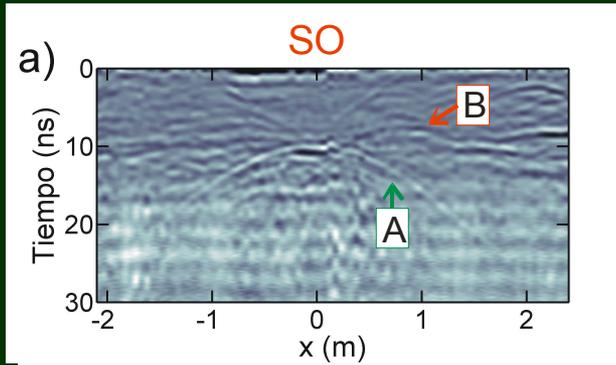
Detección y mapeo de estructuras PB-NH6 (40 AC – 880 DC)



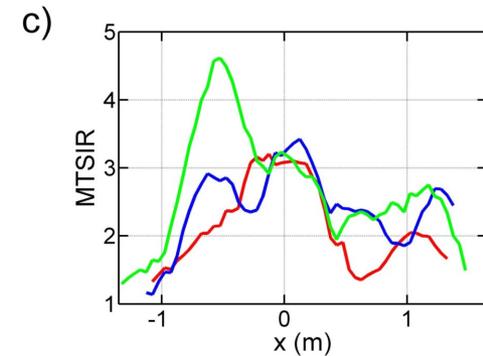
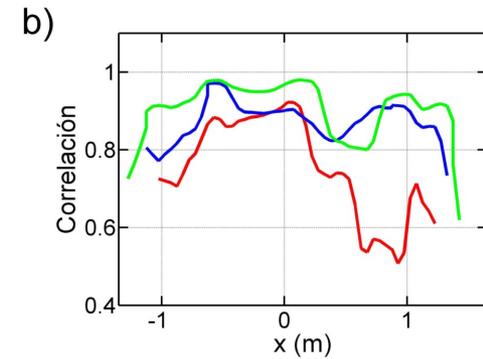
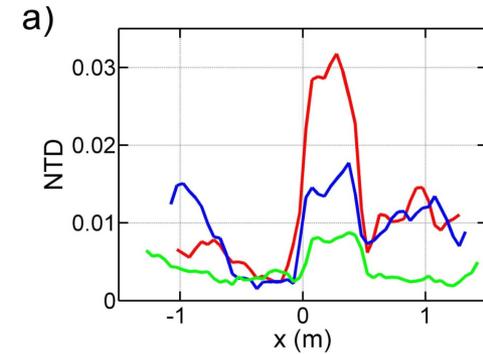
¿Discontinuidad en el muro?



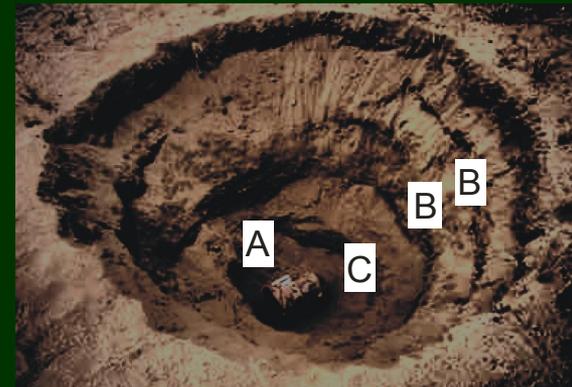
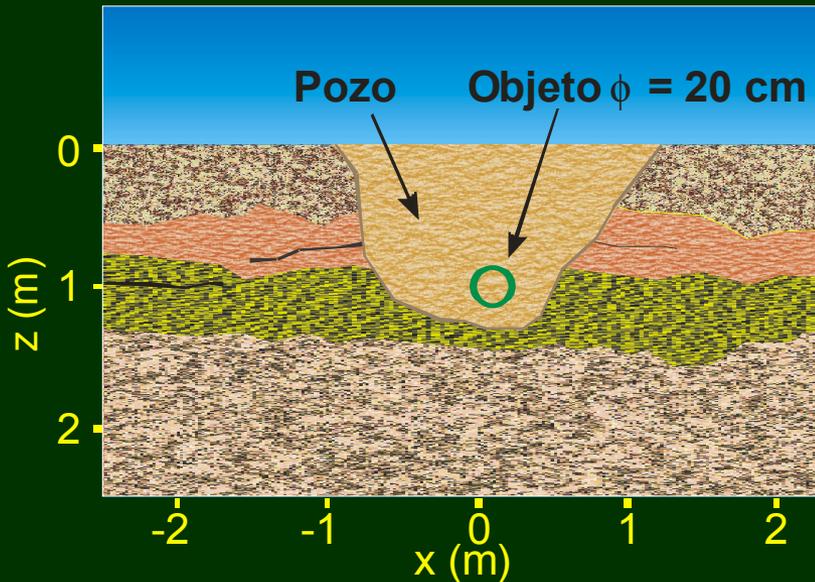
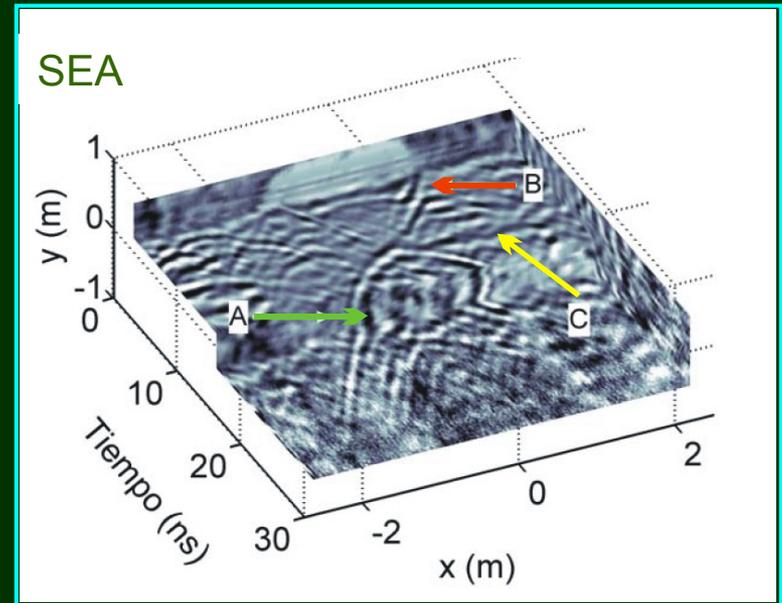
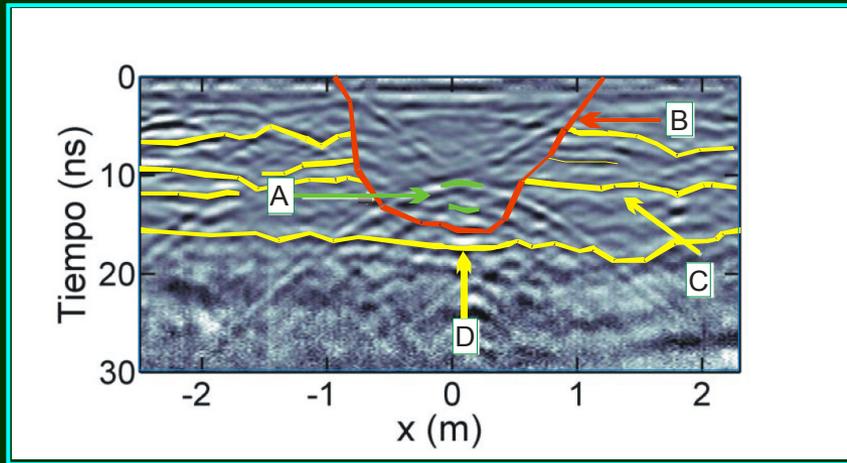
Ejemplo: análisis de un perfil adquirido en un sitio arqueológico



— SEA — SO — CMP

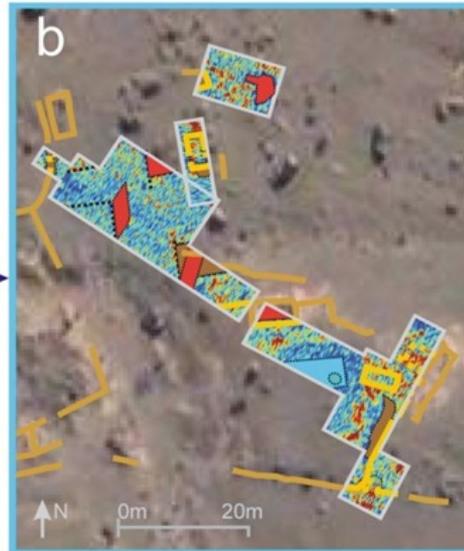


Ejemplo: análisis de un perfil adquirido en un sitio arqueológico



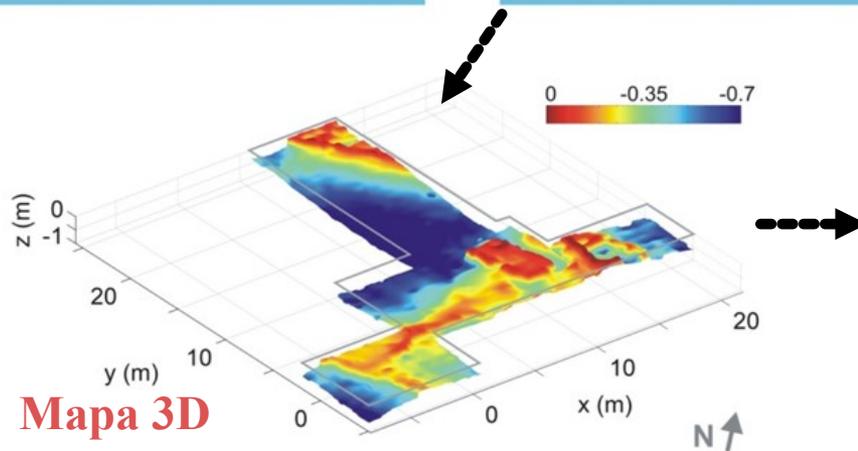
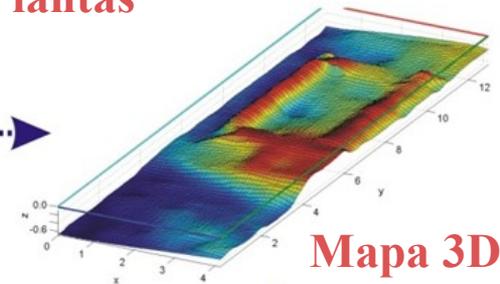
Aplicaciones: Arqueología

Detección y mapeo de estructuras BT-E (s. 14- s. 16)



GPR: mapeo de estructuras enterradas

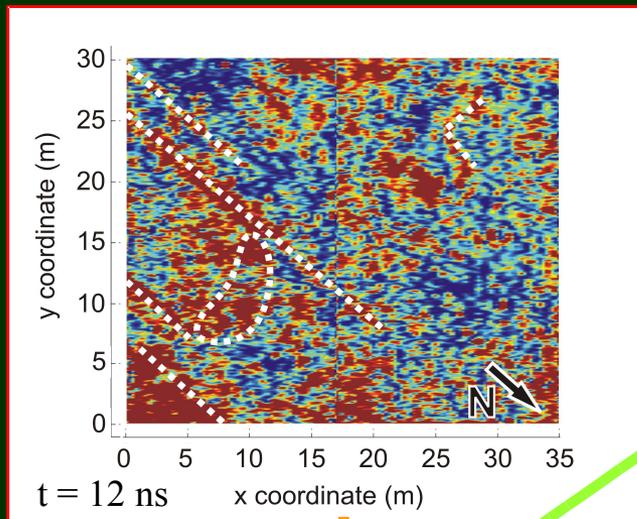
Plantas



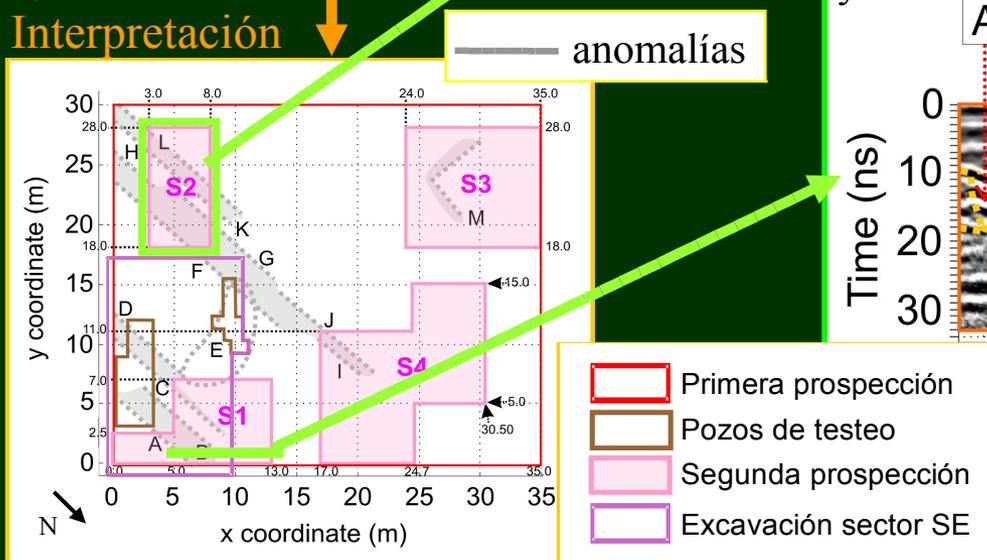
Aplicaciones: Arqueología

Detección y mapeo de estructuras Fuerte Sancti Spiritus (1527–1529)

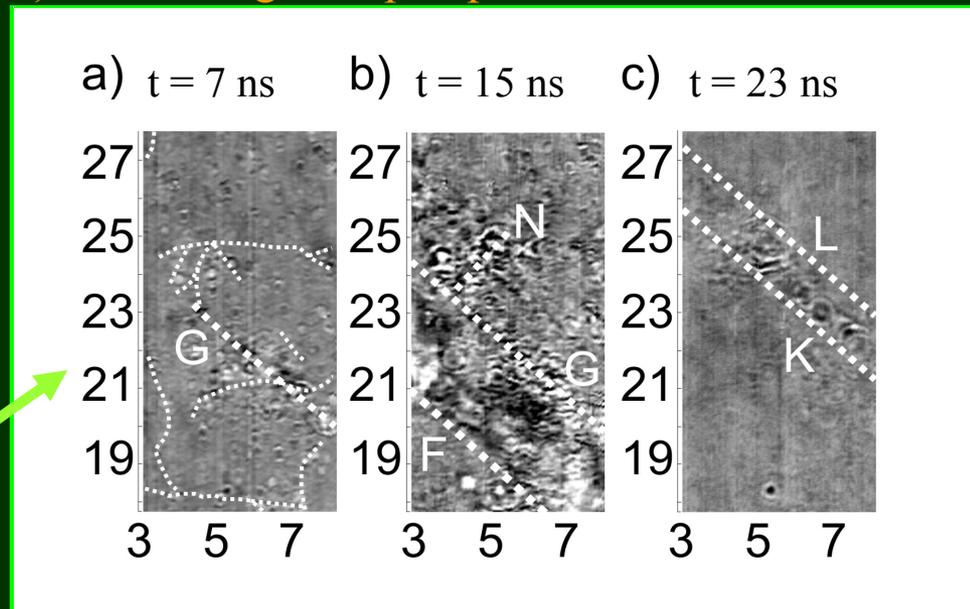
1) Plantas primera prospección



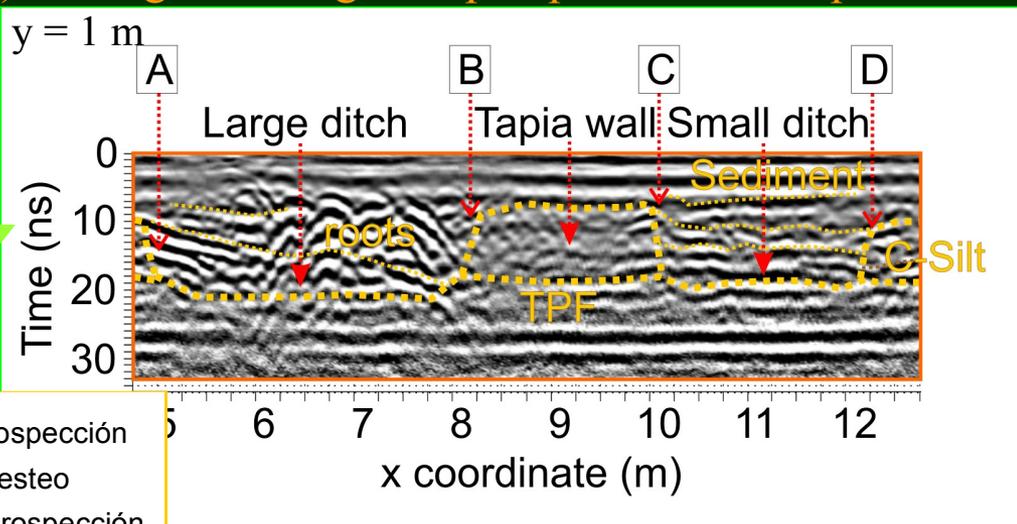
2) Anomalías - Interpretación



3) Plantas segunda prospección



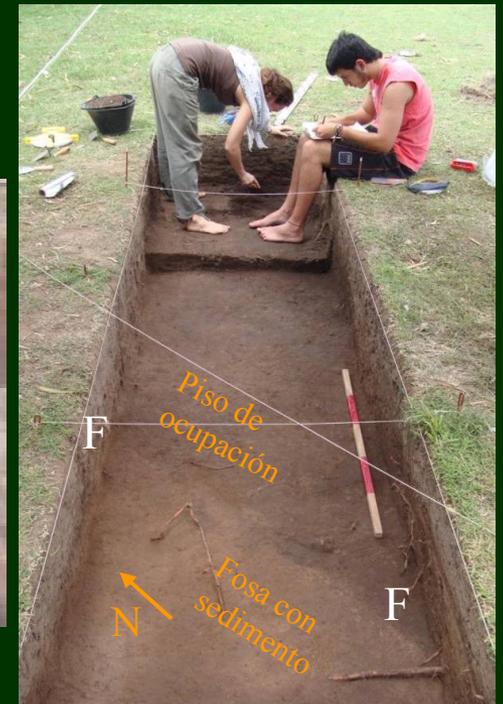
3) Radargramas segunda prospección - Interpretación



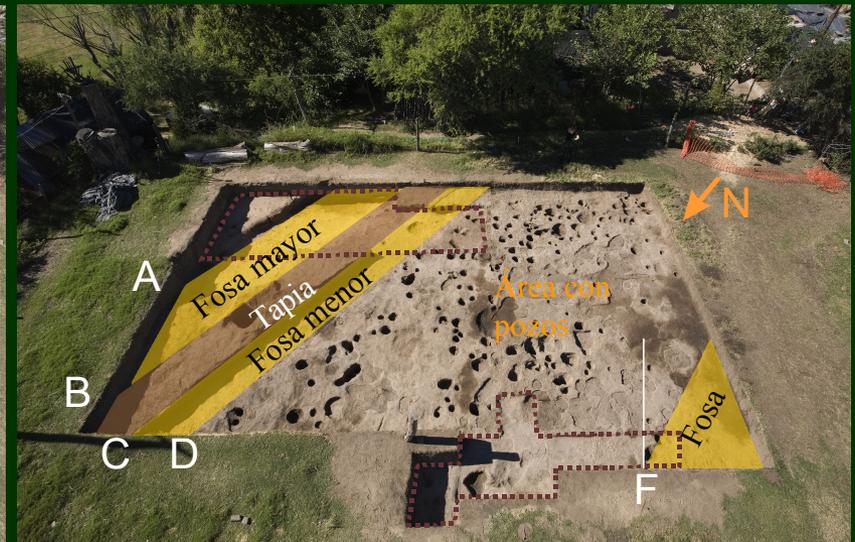
Aplicaciones: Arqueología

Detección y mapeo de estructuras

Fuerte Sancti Spiritus (1527-1529)



Pozos de testeo



Excavación del sector SE