



## APPLICATION OF THE GROUND PENETRATION RADAR (GPR) TO THE STUDY OF TREE ROOTS SYSTEM IN A COASTAL SAND DUNE ECOSYSTEM

### APLICACIÓN DE RADARES EN LA PENETRACIÓN DEL SUELO (GPR) PARA EL ESTUDIO DEL SISTEMA RADICULAR EN UN ECOSISTEMA DUNAR COSTERO

L.F. Romero(1), P. Jáuregui(2),  
J.A. Ramón (1)

(1) Grupo de Investigaciones Ambientales agua, Aire y Suelo (GIAAS), Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Tel: 5685303 (ext. 140) Universidad de Pamplona (Colombia). Autor (2) Dpto. de ciencias de la Tierra, Universidad de Alicante (España).E-mail: luisromero@unipamplona.edu.co

**Abstract:** To study tree root system by traditional methods usually implies to remove a great soil amount, soil sieving, soil washing and soil drying; these methods are destructive and demand hard work. Study of tree root system is useful to estimate productivity, carbon fixation, water absorption depth, etc. First GPR applications in agricultural and forestry studies have been taking place during the last years. Hruska et al (1999) use it to study the three-dimensional distribution of root systems of large oak trees. In 2000 Yoder et al. mapp agricultural fields identifying areas with high potential for subsurface offsite movement of agrochemical. Ermak et al. (2000) studie maple tree root system growing in both shaded and non-shaded sites on clay soil and in an urban enviroment. Butnor et al. (2001) expand the cited work of Hruska et al. examining the ability of GPR to delineate roots under a range of soil conditions and trying to estimate root diametre. Nakashima et al (2001) applied this method to estimate the groundwater level in an area where multiple reflectors occur at different levels. The last reference we have found is due to Wielopolski et al (2002), proposed a non invasive proceed for tree root system studies. Applying GPR technique in coastal dunes ecosystems we pretend to design a proper methodology for tree root system study and to confirm the detection capacity of roots (diameter) using two types of antenna (500Mhz and 1000Mhz).

**Resumen :**Estudiar el sistema radicular de un árbol por métodos tradicionales implica normalmente remover cantidades considerables de suelo, además del tamizado, lavado, secado y pesado, por lo tanto son métodos destructivos y laboriosos. Estudiar las raíces de un bosque es esencial para conocer la productividad, fijación de carbono y profundidad de captación de agua, etc. En los últimos años es posible encontrar las primeras aplicaciones del GPR en estudios de agricultura y silvicultura. Hruska et al., 1999 estudia la distribución del sistema radicular de árboles de roble. Ermak et al., (2000) estudia el crecimiento de las raíces en áreas urbanas y en suelos arcillosos. Butnor et al., 2001 extiende el trabajo iniciado por Hruska et al. explorando la habilidad del GPR para delinear raíces en diferentes tipos de suelo y clasificando las raíces por diámetro. Nakashima et al., 2001 aplica este método para estimar en





nivel freático. Wielopolski et al., 2002 propone un procedimiento no invasivo en el estudio de raíces. Con la aplicación de esta técnica del GPR en este tipo de ambientes pretendemos en primer lugar diseñar una metodología adecuada para el estudio del sistema radicular en ecosistemas dunares y por último comprobar la capacidad de detección de raíces (diámetro) usando dos tipos de antenas ( 500Mhz y 1000 Mhz).

**Keywords:** Sistema radicular, Dunar costero, ecosistema.

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación se desarrollo en el ecosistema dunar de Guardamar del Segura (38° 06.128' N y 0° 38.965' W) al sur de la provincia de Alicante en el sureste de España (Fig.1). Sistema que ocupa una franja de costa mediterránea de unas 900 Has aproximadamente.

El radar de subsuelo (GPR) es un método de prospección basado en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas en un medio, con la posterior recepción de reflexiones producidas por las anomalías presentes. Estas anomalías son cambios bruscos de los parámetros electromagnéticos del suelo, es decir la conductividad, permisividad eléctrica y permeabilidad magnética.

El GPR es una herramienta cada vez más utilizada en diferentes ámbitos: geológicos, medioambientales y de Ingeniería Civil, así como en estudios de caracterización de yacimientos arqueológicos y de diagnóstico de daños en edificios del patrimonio histórico y cultural. En los últimos años también es posible encontrar

las aplicaciones que tiene esta técnica en la agricultura y en de silvicultura. Hruska et al (1999) estudia la distribución de las raíces de roble y hace una representación tridimensional de estas. Ermak et al. (2000) estudia las raíces de un árbol de arce plantado en suelos arcillosos y no sombreados de un área urbana. Butnor et al. (2001) extiende el trabajo citado de Hruska et al. investigando la habilidad de GPR de delinear las raíces bajo un rango de condiciones del suelo e intentando estimar el diámetro de la raíz. Wielopolski et al (2002), quién propone esta técnica no invasiva en el estudio del sistema radicular, usando una antena de 1.5 GHz.

Medir la profundidad, distribución y crecimiento de las raíces del bosque es esencial para conocer el funcionamiento y productividad del ecosistema. Estudiar el sistema radicular de un árbol implica tradicionalmente el abrir y remover cantidades considerables de suelo, además del tamizado, lavado, secado y pesado. Estos métodos son muy destructivos y muy laboriosos. En este trabajo se abordan aspectos metodológicos a tener en cuenta para realizar

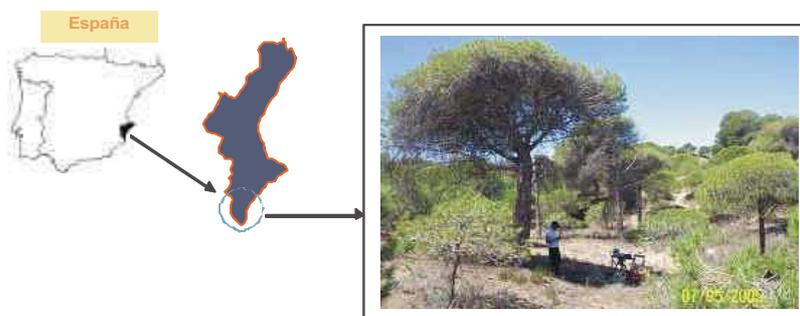


Figura 1. Área de estudio





estudios del sistema radicular de especies arbóreas en estos biomas con la ayuda de esta técnica.

### OBJETIVO

Esta investigación tiene como objetivo fundamental desarrollar una metodología no agresiva para el estudio del sistema radicular, compatible con el medio ambiente y a que su vez que permita la cuantificación de la biomasa subterránea de las especies arbóreas de estos ambientes.

### FUNDAMENTOS DEL GPR:

Los radares de penetración de tierra (GPR) son sistemas para el estudio no destructivo del suelo. Están basados en la radiación, mediante una antena emisora muy próxima al suelo, de pulsos electromagnéticos de corta duración (1-20 ns). El pulso radiado penetra en el suelo donde parte de él se refleja hacia la superficie cada vez que interacciona con un objeto o estructura con propiedades electromagnéticas (constante dieléctrica y permeabilidad magnética) de las del medio circundante. La señal reflejada es recibida por la antena receptora para, que después de un adecuado procesado de señal, obtener radargramas con información de las características composición y contenido del suelo (Fig. 2).

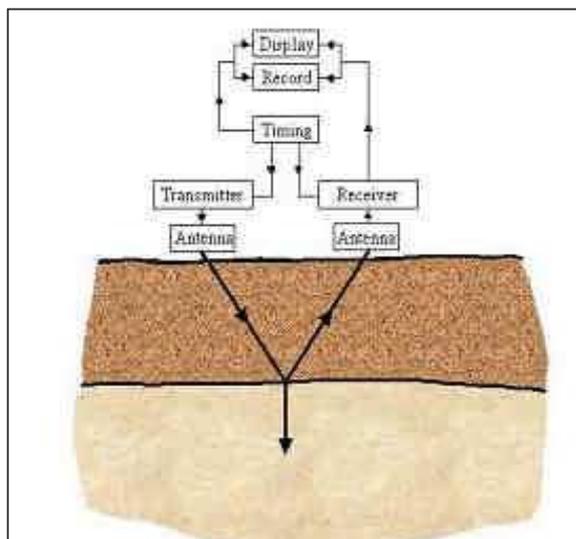


Figura 2. Diagrama de funcionamiento de un equipo GPR (Alter Davis et al, 1989)

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las especies arbóreas estudiadas dentro del ecosistema dunar de Guardamar del Segura fueron el *Pinus halepensis* Miller y el *Pinus pinea* Lineo con un DBH Promedio de 30cm y una altura de 7m.

En el estudio se utilizó el equipo GPR RAMAC de Mala GeoScience figura 3, inicialmente se ensayó el trabajo con tres antenas de 100MHz, 500MHz y 1GHz y diferentes frecuencias de muestreo. Sin embargo la antena que nos ha proporcionado mejores resultados ha sido la de 500MHz, con una frecuencia de muestreo de 20000MHz .

Una vez seleccionada la especie (Fig. 3) se colocó un cuadro de 2m X 2m a 0.5m de la base de cada árbol, este estaba mallado con cuerdas cada 0.25m (Fig.4). Luego se procedió a medir en ambas direcciones X y Y en la dirección X tenemos 14 perfiles y en la dirección Y otros 14 perfiles. Les presentamos un ejemplo de un *Pinus halepensis* Miller estudiado en esta zona, (Fig.5).



Figura 3. GPR RAMAC de Mala GeoScience, cuadro mallado y El *Pinus halepensis* Miller estudiado





Figura 5. Excavación de las raíces mediante sopladora, etiquetado y medición de diámetro de las raíces

Al terminar de medir los perfiles, se procedió a realizar la excavación de las raíces manualmente y con ayuda de una sopladora Fig. 5 procurando no dañar a las raíces, y sin mover el cuadro para tener la referencia de los perfiles. Una vez realizada esta tarea se etiquetó las raíces y se les tomó su diámetro en los puntos donde se cruzan con los perfiles y se referenciaron en coordenadas X, Y y Z en los puntos donde se cruzan con la trayectoria de los perfiles Fig. 6. Al terminar este último proceso se fotografiaron y se volvió a tapar las raíces con la misma arena.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los radargramas se procesaron y filtraron con el programa Ground vision de Mala GeoScience. A continuación presentamos un ejemplo de una raíz (Fig.7) que hemos identificado en los siguientes radargramas según su posición y profundidad. En el siguiente radargrama (Fig. 8) observamos un perfil con 5 raíces de diferente diámetro enterradas a 12cm y a una separación de 0.5m, este último tratamiento de datos se realizó con el programa Gradix



Figura 6. Seguimiento de la raíz identificada en los radargramas

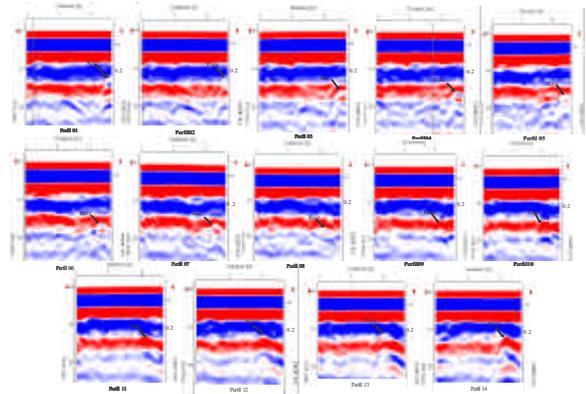


Figura 7. Radargrama donde se aprecia el seguimiento a una raíz

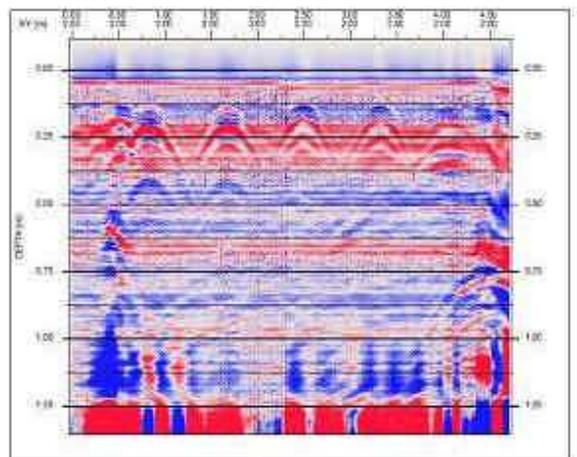


Figura 8. Perfil de calibración (5 raíces separadas a 50 cm)





#### 4. CONCLUSIONES

-Con el desarrollo de esta investigación se ha diseñado y evaluado en la aplicación de este método en el estudio del sistema radicular de medios dunares costeros.

-La utilización del GPR nos ha permitido detectar hasta raíces de 1cm de diámetro en

profundidades que varían desde 0 a 1.5 m. A futuro pretendemos calcular la biomasa subterránea a partir de los radargramas.

-Hemos contrastado la aplicación de diferentes programas para el tratamiento de datos logrando obtener mejores resultados de filtrado y representaciones con el Gradix.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Butnor, J.R., Doolite, J.A., Kress, L., Cohen, S., Johnsen, K.H. (2001). Use of ground-penetrating radar to study tree roots in the sotheastern United States. *Tree Physiology* 19, pp 125-130

Ermak, J., Hru Ka, J., Martinkova, M., Prax, A. (2000). Urban tree root systems and their survival near houses analyzed using ground penetrating radar and sap flow techniques. *Plant and Soil* 219, pp 103-116.

García, F. (1996). Aplicaciones de la técnica geofísica de prospección por geo-radar en glaciología e ingeniería civil. Ph.D.Thesis, Politechnical University of Catalonia. (in spanish)

Goodman, D. (1994). Ground-penetrating radar simulation in engineering and archaeology. *Geophysics* 59, pp 224-232.

Hruska, J., Cermak, J., Sustek, S. (1999). Mapping tree root system with ground-penetrating radar. *Tree Physiology* 19, pp 125-130

Wielopolski, L., Hendrey, G., McGuigan, M., Daniels, J. (2002). Imaging Tree Root Systems In Situ. Ninth International Conference on Ground Penetrating Radar. Sta Barbara, California, USA, April 29-May 2, pp 58-62.

Yoder, R.E., Freeland, R.S., Ammons, J.T., Leonard, L.L (2001). Mapping agricultural fields with GPR and EMI to identify offsite movement of agrochemicals. *Journal of Applied Geophysics* 47, pp 251-259

