



Asociación Forestal de Andalucía  
Amigos de los Alcornocales



LA ALMORAIMA

JORNADAS DE SANIDAD FORESTAL  
La Almoraima  
(Castellar de la Frontera)  
7 y 8 de febrero de 2024

## REVISIÓN DE LAS TÉCNICAS DE DETECCIÓN TEMPRANA DEL DECAIMIENTO DEL ALCORNOQUE

**Ana Esteban Ramajo**  
*Ingeniera de Montes*

Área de Sistemas Forestales Mediterráneos  
Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal  
Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura



CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS DE EXTREMADURA



JUNTA DE EXTREMADURA  
Consejería de Educación, Ciencia y Formación Profesional



1

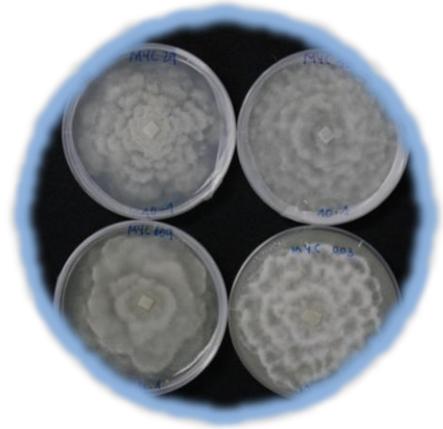
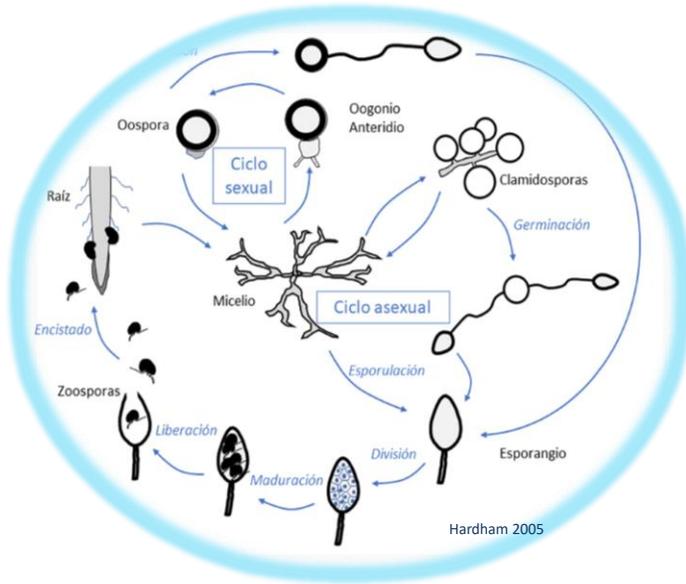


### *Phytophthora cinnamomi*

Uno de los 100 organismos patógenos más devastadores del mundo

2

### Ciclo biológico de *P. cinnamomi*



**Fitóftora** desarrolla todo su ciclo biológico en el **suelo**, en estrecha dependencia con el **agua**

Cuenta con **zoosporas flageladas**, lo que las confiere una **gran movilidad**

3

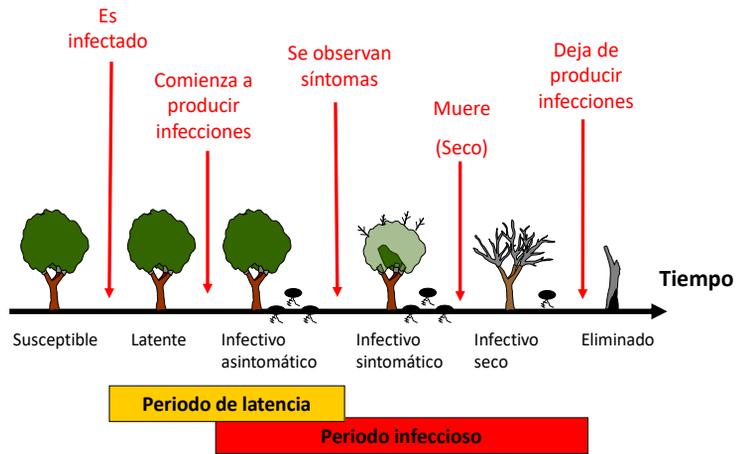
La **detección precoz** es un programa epidemiológico, de aplicación sistemática o universal, para detectar en una población determinada y asintomática, una enfermedad grave, con el objetivo de disminuir la tasa de mortalidad asociada



## Detección temprana

4

## Proceso de infección



Potencial para causar epidemia

$$R_0 = \left[ \text{Duración periodo infeccioso} \right] \times \left[ \text{Número de transportes por año} \right] \times \left[ \text{Probabilidad de éxito de la infección} \right]$$

5



- Reconocimiento visual de síntomas
- Fotointerpretación
- Aislamiento del patógeno
- Identificación morfológica y/o molecular

## Métodos Convencionales de Detección

6

### Reconocimiento visual de síntomas

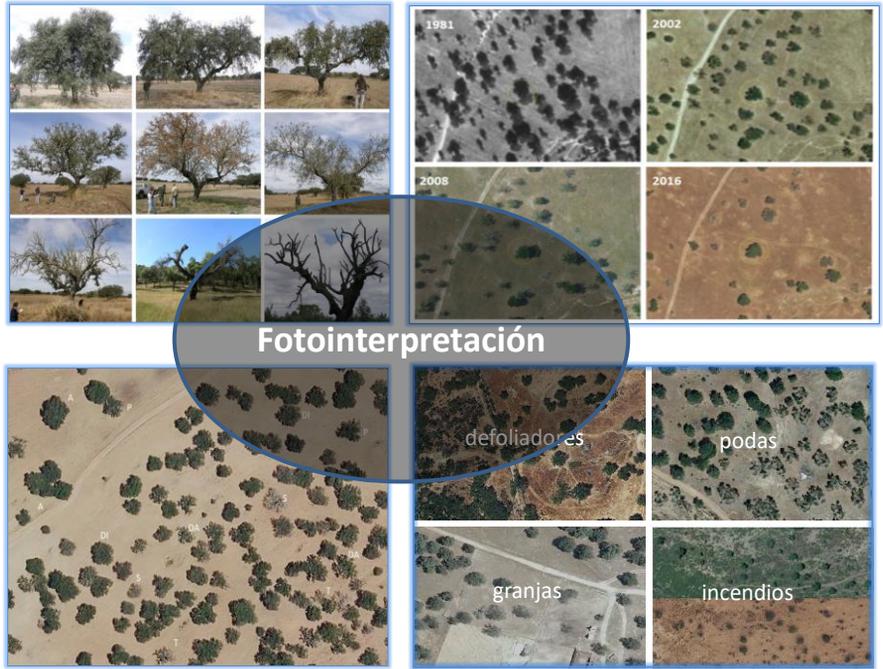
Gradiente de síntomas

Patrón temporal

Patrón espacial

Diagnóstico diferencial

### Fotointerpretación



7

### Aislamiento del patógeno

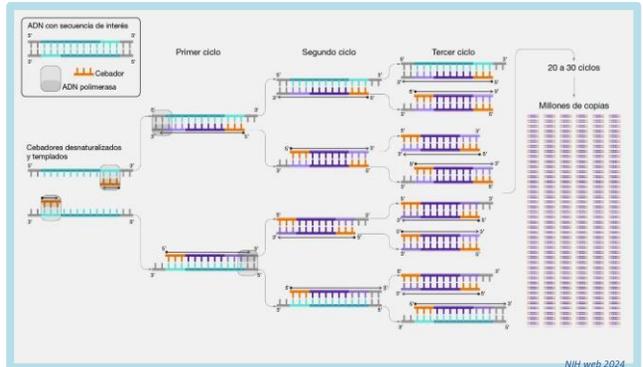
### Identificación morfológica y/o molecular



Recogida de muestras de suelo y raíces para su cultivo



Micelio de *P. cinnamomi*



PCR convencional

8



## EN LABORATORIO

### Marcadores moleculares

- Amplificación Isotérmica Mediada por Bucle - LAMP
- Compuestos Volátiles - COVs
- Proteínas

## TELEDETECCIÓN

### Análisis de imágenes

- Cámaras RGB
- Sensores Multi / Hyper – espectrales
- Termografía

## EN CAMPO

### Biométricos y morfológicos

- Crecimientos y estructura de la copa
- Morfología de la hoja

### Compuestos Orgánicos Volátiles

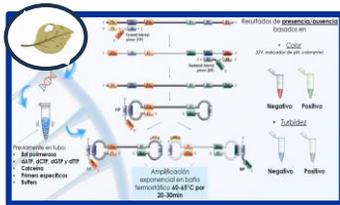
- Perros detectores de olores
- Nariz electrónica (e-nose)

# Métodos Avanzados de Detección

9

## LAMP *Loop-mediated isothermal amplification*

- Técnica avanzada de amplificación del ADN
- Polimerasa isotérmica
- Tª cte., sin termociclador
- Alta especificidad
- Rapidez (30 – 60 min)
- Observación directa de resultados
- Equipos reducidos - Portabilidad
- Menor coste



Bianco, E y Alves, R. 2020

## Compuestos Orgánicos Volátiles - COVs

- El lenguaje de las plantas
- Funciones fisiológicas y ecológicas
- MS emitidos en forma de gas
- **Marcadores de estrés**
- Señalización defensiva
- Caracterización de los COVs

Cromatografo de Gases-  
Espectrometro de Masas  
(GC-MS)

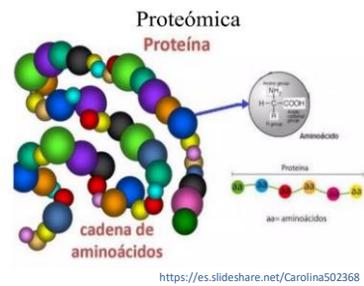


[www.mooreanalytical.com](http://www.mooreanalytical.com)

10

## Proteínas

- Proteómica y su aplicación al estudio **planta-patógeno**
- Identificación y cuantificación en la muestra.
- Interacción con otras biomoléculas
- Gran diversidad de técnicas y protocolos (espectrometría de masas)



Estudios recientes indican que el proteoma de las hojas de alcornoques afectados por fitóftora presenta menor número de proteínas que el de las plantas sanas

11

## Morfometría de la hoja y la copa

Las **hojas de los árboles** reaccionan a corto y medio plazo al estrés hídrico y térmico variando su **tamaño**, **grosor** y **ángulo** de inserción

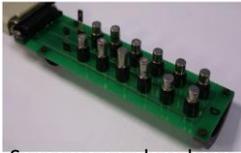
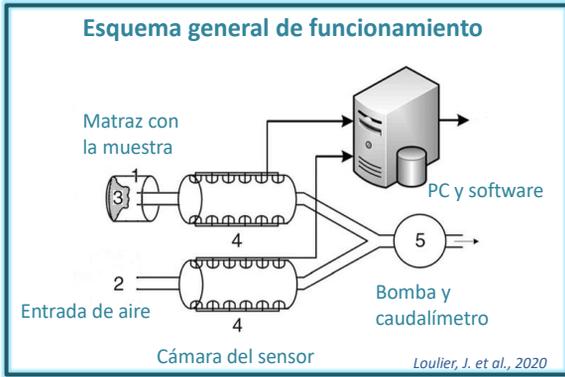
	Normal	Estrés
Densidad superficial	-	+
Área foliar	+	-
Angulo de inserción	+	-

La **estructura de la copa** y los **crecimientos de los ramillos** pueden constituir signos de estrés a medio y largo plazo. **Método Archi** (C. Drénou – CNPF-IDF, R. Piazzetta – IML 2021)

El **diagnóstico diferencial** con pies próximos es necesario para valorar estos signos

12

## Nariz electrónica (e-nose)



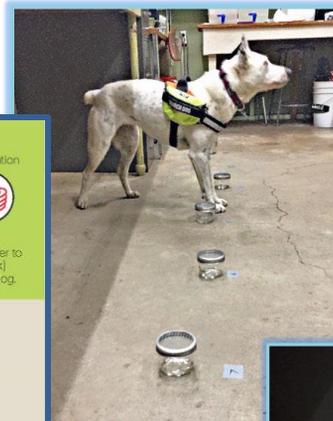
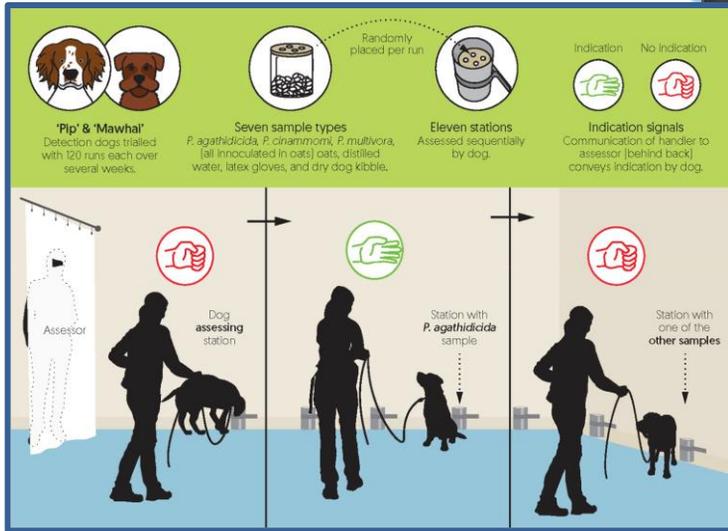
- Ingeniería de biosensores
- Tecnologías más baratas y eficaces
- Portables: fácil manejo en campo

### Hongos y Oomicetes fitopatógenos de raíces:

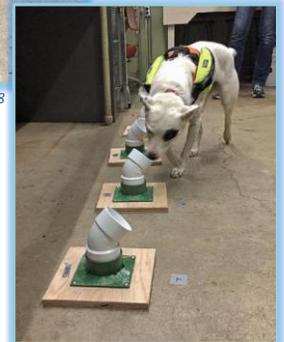
- Perfil volatílicomico específico
- Mayor emisión de COVs durante la esporulación
- El volatiloma depende de las condiciones de desarrollo de la cepa considerada.
- *Phytophthora* sp.: volatiloma débil
- Mayor nº de ensayos para estandarizar el método de detección.

13

## Perros detectores de olores



Perro detector en actitud de alerta ante el único contenedor que contenía Fitóftora



14

## Teledetección – Análisis de imágenes

Técnica para obtener información sobre un objeto sin contacto físico, midiendo la intensidad electromagnética de la energía reflejada / retrodispersada o emitida por la superficie de la Tierra.

**La planta sometida a estrés produce una firma espectral diferente a la de una planta sana y sin estrés**



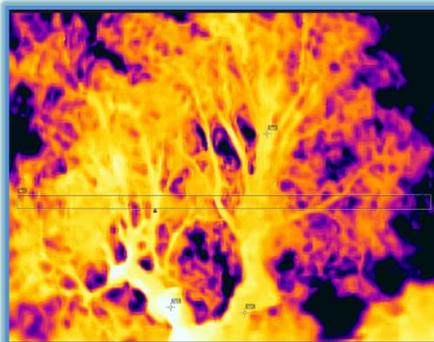
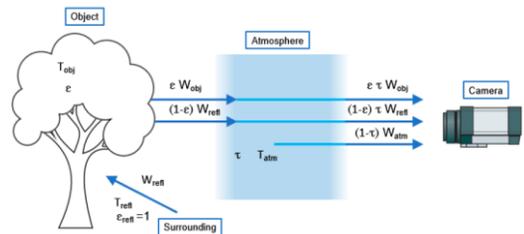
- Sensores sobre plataformas espaciales, aéreas o terrestres
- Sensores activos: Radar, LiDAR
- Sensores pasivos (RGB, multi / hiper - espectrales, ...)
- Gran volumen de datos: complejos métodos de análisis e interpretación. Softwares específicos.
- IV, LAI, IT....

15

## Termografía infrarroja

**La enfermedad puede cambiar las propiedades térmicas del árbol antes de que aparezcan síntomas visuales**

Infrared Thermography Applied to Tree Health Assessment: A Review. Daniele Vidal and Rui Pitarma 2019



16



Asociación Forestal  
de Andalucía  
Amigos de los Alcornocales



# ¡ Gracias !

## Proyecto ACICORK

[anamaria.estebanr@juntaex.es](mailto:anamaria.estebanr@juntaex.es)



CENTRO DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
DE EXTREMADURA

JUNTA DE EXTREMADURA  
Consejería de Educación, Ciencia  
y Formación Profesional

