



# JORNADAS SOBRE PINAR, PINO, PIÑA Y PIÑÓN-PIÑONERO



**BLOQUE: 1 - PINAR**

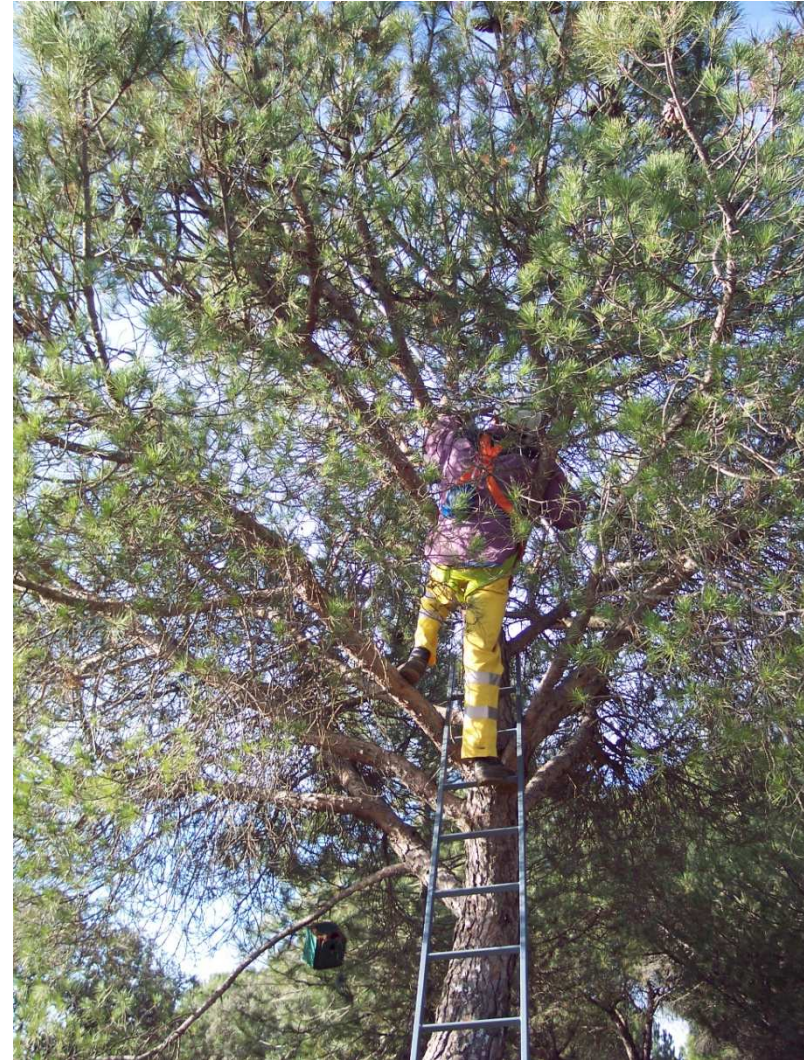
**PONENTE:** Pablo Torres León

**TITULO:** Proyecto IDI “Desarrollo de Cabezal Vibrador Automatizado para Recolección de Piñas en Masas de Pino Piñero de Andalucía”



# Origen del Proyecto

- Campaña de Recolección de Piña 2005 – 2006
  - Problemas para la recolección manual en altura
  - Mecanización del aprovechamiento en la provincia de Córdoba



# Origen del Proyecto

- Máquina 1
  - Maquinista experimentado
  - Vibraban al máximo que le permitía el brazo 2 m aproximadamente



# Origen del Proyecto

- Maquina 2
  - Maquinista con poca experiencia
  - Agarre en tijera
  - Vibraba en la base del pino



# Origen del Proyecto

Descortezados



Pérdida de cosecha futura



# Origen del Proyecto

- Preguntas que nos formulamos
  - ¿Por qué una máquina producía daños y otra no?
  - ¿Cómo se debía realizar la vibración para no provocar daños?



# Origen del Proyecto

- Corroboramos dos cosas:
  - Vibrando con la pinza perpendicular al tronco y quedando el tronco en centro no se descortezaba
  - El derribo de piña parecía depender de cómo vibrara la máquina
- Problema fundamental:
  - Variabilidad en la intervención del maquinista

# Origen del Proyecto

- Nos planteamos resolver dos problemas
  - Necesidad de protocolo para la ejecución de la vibración, así como de prescripciones técnicas para los equipos de vibración.
  - Garantizar la existencia en el mercado de una máquina que reuniera las características óptimas para recolección de piña.



# Objetivos del Proyecto

- **Objetivos específicos del Proyecto**
  - Determinar las condiciones óptimas para la vibración.
  - Minimizar la intervención del maquinista en el proceso de vibrado
    - Minimizar los daños ocasionados por malas prácticas
  - Mejorar los rendimientos

# Finalidad del Proyecto

- Creación de un “kit de automatización”
  - Desarrollo de cabezal automatizado programable
    - Aproximación
    - Agarre
    - Vibrado
    - Retorno
  - Desarrollo de programa de vibración específico para pino piñonero
    - Frecuencia
    - Tiempo de vibración

# Fases de Proyecto

- Fase 0

- Búsqueda de socio colaborador para garantizar la introducción del producto
  - Convenio EGMASA – SEFOSA
- Búsqueda de equipo de investigadores cualificado
  - UCO
- Búsqueda de experiencias similares que nos sirvieran de antecedentes para empezar a trabajar.

# Antecedentes

- Italia primeras experiencias conocidas
  - Se inicia a finales de los años 80
    - A. Peruzzi
    - M. Mazzoncin
      - Se organiza el trabajo con un guía para orientar al maquinista
      - Primeras publicaciones de daños detectados
        - » Disminución del crecimiento en altura
        - » Disminución de las cosechas



Agencia de Medio Ambiente y Agua  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE



**sefosa**  
obras y servicios ambientales

# Antecedentes

- **Castilla León**
  - Se inician las experiencias a principios del 2000
  - Existen diversas líneas de investigación por parte de la Universidad de Valladolid
- **Andalucía**
  - Experiencias puntuales en montes de las provincias de Córdoba y Jaén

# Fases del Proyecto

- **FASE 1**

- Determinación de factores críticos del proceso de vibrado y su relación específica con los pinos piñoneros.
- Estableciendo un umbral de daños.

# Fases del Proyecto

- **FASE 2**

- Diseño Básico de la Electrónica necesaria para la aplicación del automatismo.
- Diseño Detallado y Construcción de un prototipo programable que una vez montado en un cabezal sea capaz de tomar una serie de mediciones y aplicando un programa informático ajustar el rendimiento mecánico a las condiciones requeridas.
- Ensayos para determinación de parámetros críticos

# Fases del Proyecto

- FASE 3
  - Comprobación de los Resultados
    - Puesta en funcionamiento del cabezal automatizado
    - Comprobación resultados matemáticos



# Resultados

- Prototipo plenamente operativo
  - Protocolo de vibración:
    - Perpendicular al eje
    - Tronco centrado en almohadillas
- Características de la vibración
  - Altura máxima
  - Vibración única 18 hz
  - Tiempo: 3 segundos
- Mejora de los rendimientos:
  - 70 pies/hora





# JORNADAS SOBRE PINAR, PINO, PIÑA Y PIÑÓN-PIÑONERO



**BLOQUE: 1 - PINAR**

**PONENTE: Dr. GREGORIO L. BLANCO ROLDÁN**

**TITULO: RECOLECCIÓN MECANIZADA SELECTIVA DEL PINO PIÑONERO BAJO VIBRACIÓN FORZADA**





# JORNADAS SOBRE PINAR, PINO, PIÑA Y PIÑÓN-PIÑONERO



## **Autores:**

**Gregorio L. Blanco Roldán**  
[ir3blrog@uco.es](mailto:ir3blrog@uco.es)

**Sergio Castro García**  
[scastro@uco.es](mailto:scastro@uco.es)

**Jesús A. Gil Ribes**  
[gilribes@uco.es](mailto:gilribes@uco.es)

## **Grupo de Investigación**

**AGR 126 “Mecanización y Tecnología Rural”**

**Departamento de Ingeniería Rural**

**E.T.S.I. Agrónomos y Montes**

**Universidad de Córdoba**





## Recolección manual

- Alto riesgos para los trabajadores
- Elevado costes de recolección

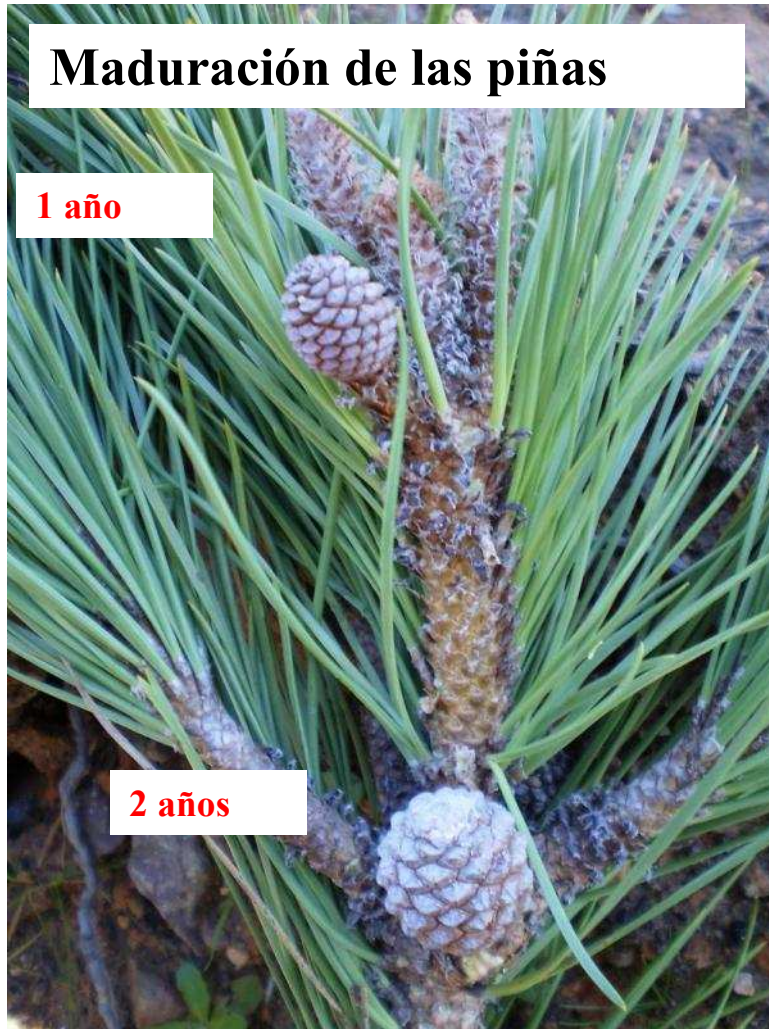




## Características de la recolección mecanizada en el *Pinus pinea* L.

### Maduración de las piñas

1 año



2 años

- Piñas necesitan 3 años para madurar
- Piñas de 3 cosechas consecutivas coinciden en el mismo momento
- Recolección mecanizada requiere discriminar entre piñas y otros órganos de la planta

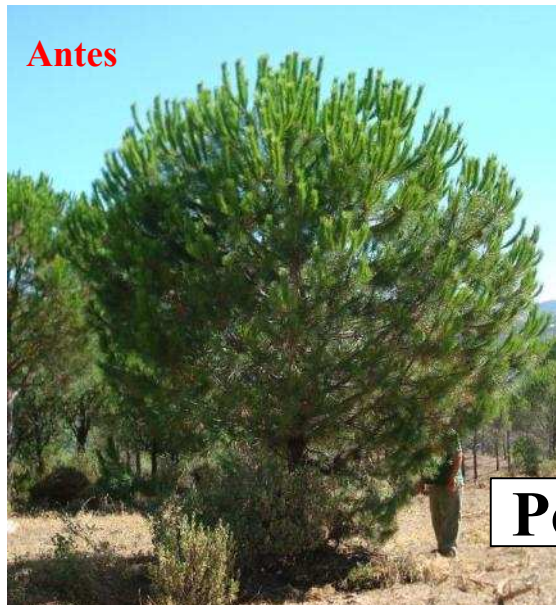
3 años





## Características de la recolección mecanizada en el *Pinus pinea* L.

- ❑ Ramas con poca inclinación
- ❑ Estructura no adaptada a recolección mecanizada mediante poda



Poda

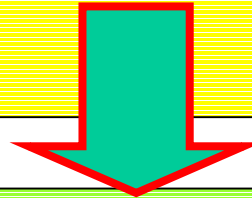
- ❑ Interacción entre árboles y ramas
- ❑ Condiciones de transitabilidad (altas pendientes)



## **FASE 1: ENSAYOS EN LABORATORIO ( 2008-2009)**

**Determinación de la respuesta de las piñas bajo vibración forzada en ramas en condiciones de laboratorio**

**Variabilidad de la respuesta dinámica según la maduración**



## **FASE 2: ENSAYOS EN CAMPO (2009-2011)**

**Ensayos en campo**

**Validación de los resultados de laboratorio**

**Recolección mecanizada selectiva**

**Eficiencia  $\Leftrightarrow$  Calidad de la recolección mecanizada**

**Regulación del vibrador de troncos para el trabajo en pino**



### Material vegetal

- Monte “Cabeza Aguda” (T.M. Villaviciosa, Córdoba) (Sur de España)



#### Árbol medio:

Diámetro tronco: 26.4 cm

Altura: 5.9 m



#### Rama media:

Longitud 130±11 cm

Diámetro del corte 3.1±0.6 cm

Peso 2.4±0.9 kg





## Material vegetal

- ❑ Conservación de las ramas a 5°C
- ❑ Estudio de 80 piñas

27 de 3 años, 22 de 2 años y 31 de 1 año





### Ensayos de laboratorio

- ❑ **Objetivo** estudiar la respuesta de las piñas y órganos de la planta ante la vibración forzada
- ❑ Vibración forzada en la base de la rama (Empotramiento = sin grado de libertad)
- ❑ Vibrador electromagnético (LDS V406). **No derriba piñas.** Permite variar los parámetros de vibración.





## FASE 1: Ensayos en Laboratorio

### MATERIALES Y MÉTODOS

- ❑ 3 Acelerómetros ICP triaxiales (PCB, 356A02) distribuidos en varios conjuntos de medidas
- ❑ Analizador de Señales Dinámicas (OROS 25 PC-PACK II) con 16 canales de medida

Base de la  
piña de 1  
año



Base de la  
piña de 2  
años



Sobre la piña  
de 3 años y su  
base

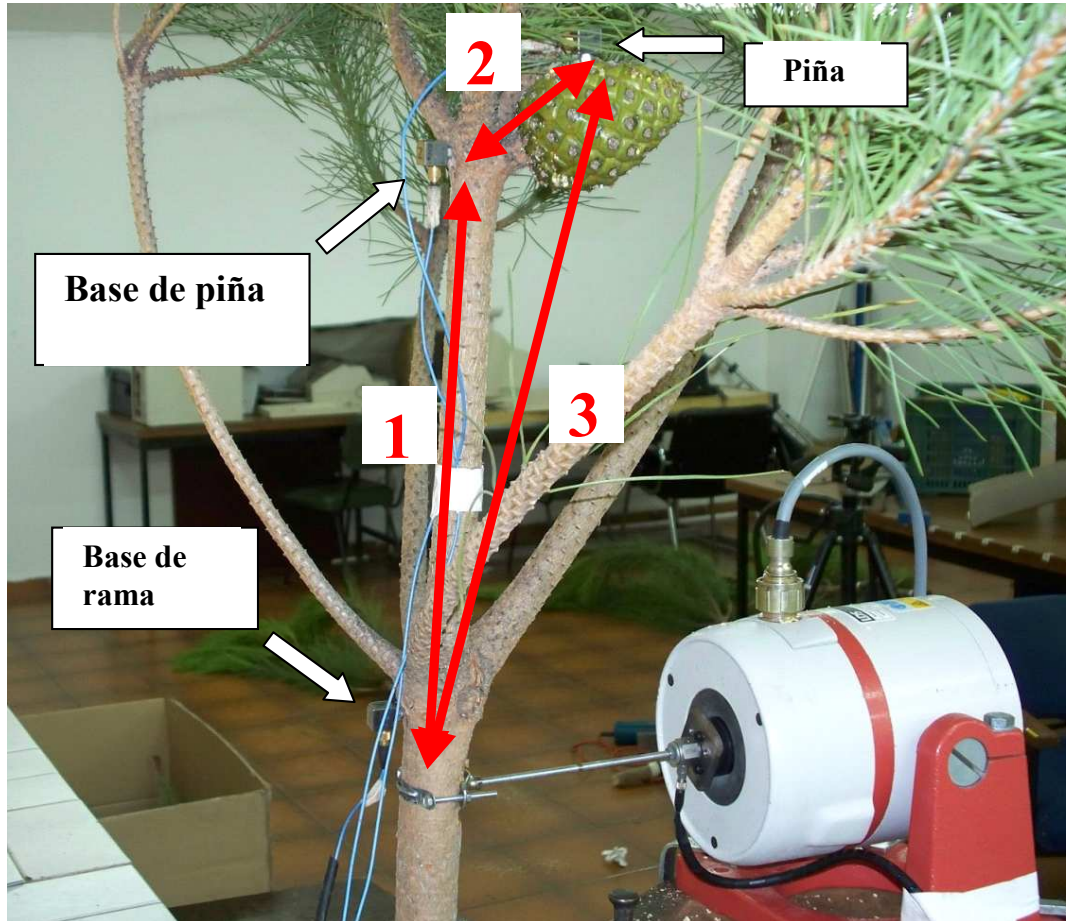


Base de la  
rama





### Puntos para el cálculo de la transmisión de la vibración



1. Base rama – Base de la piña (todas las piñas)
2. Piña – Base de la piña (sólo piñas de 3 años)
3. Base rama – Piña (sólo piñas de 3 años)

Aceleración resultante:

$$A(\omega) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\text{Transmisión de aceleración} = \frac{A(\omega)_j}{A(\omega)_i}$$



### Correlación lineal entre el Peso de las piñas y el diámetro de las ramas (Coef. Pearson = 0.908, p<0.01)

Edad de la piña (años)	N	Diámetro rama en la unión con la piña (cm)	Peso de la piña (g)	
1	31	1.1 (0.2)	1.7 (0.4)	No Objeto de derribo
2	22	1.5 (0.2)	6.3 (0.9)	
3	27	2.7 (0.8)	247.9 (66.0)	Piñas maduras

Los valores medios son presentados con la desviación estándar en paréntesis

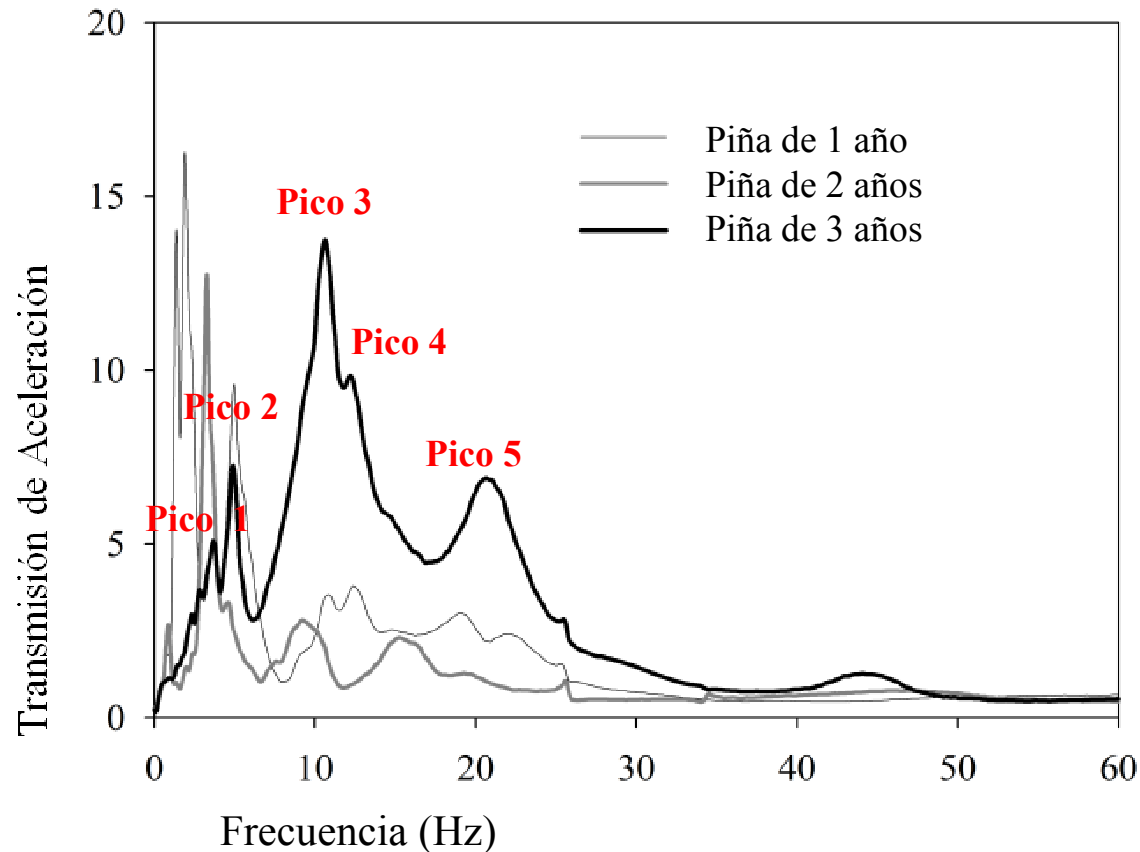
### En piñas cosechables (3 años), hay una correlación positiva entre el peso de la piña y la transmisión a lo largo del pedúnculo (Coef. Pearson= 0.524, p<0.01)



### Transmisión de aceleración

### Base Rama → Base de la piña

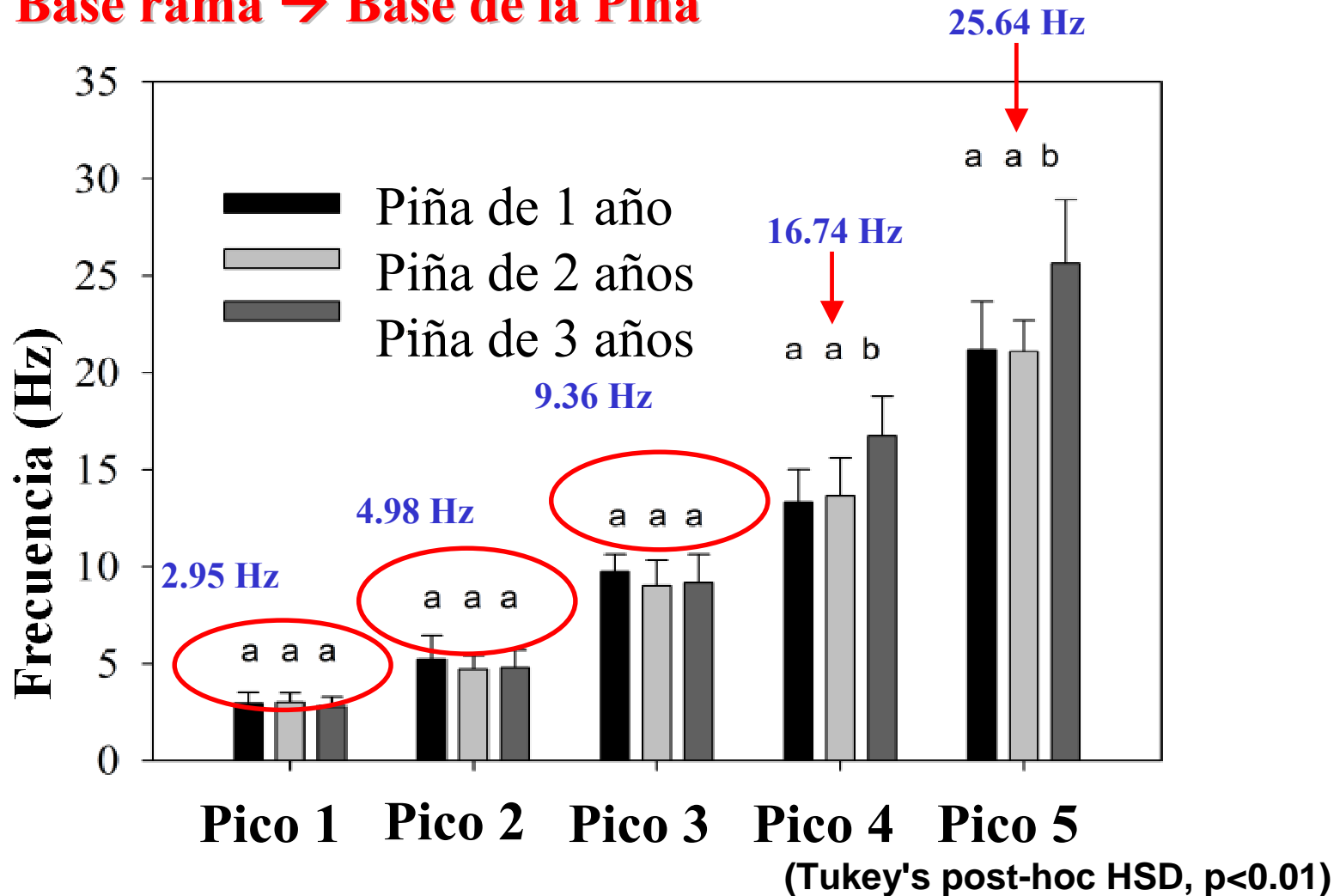
- 5 valores de frecuencia presentan valores máximos de transmisión (Valor Pico)
- Los valores picos se repiten en similares frecuencias en todas las ramas estudiadas





### Valores de frecuencia para los picos de transmisión de aceleración

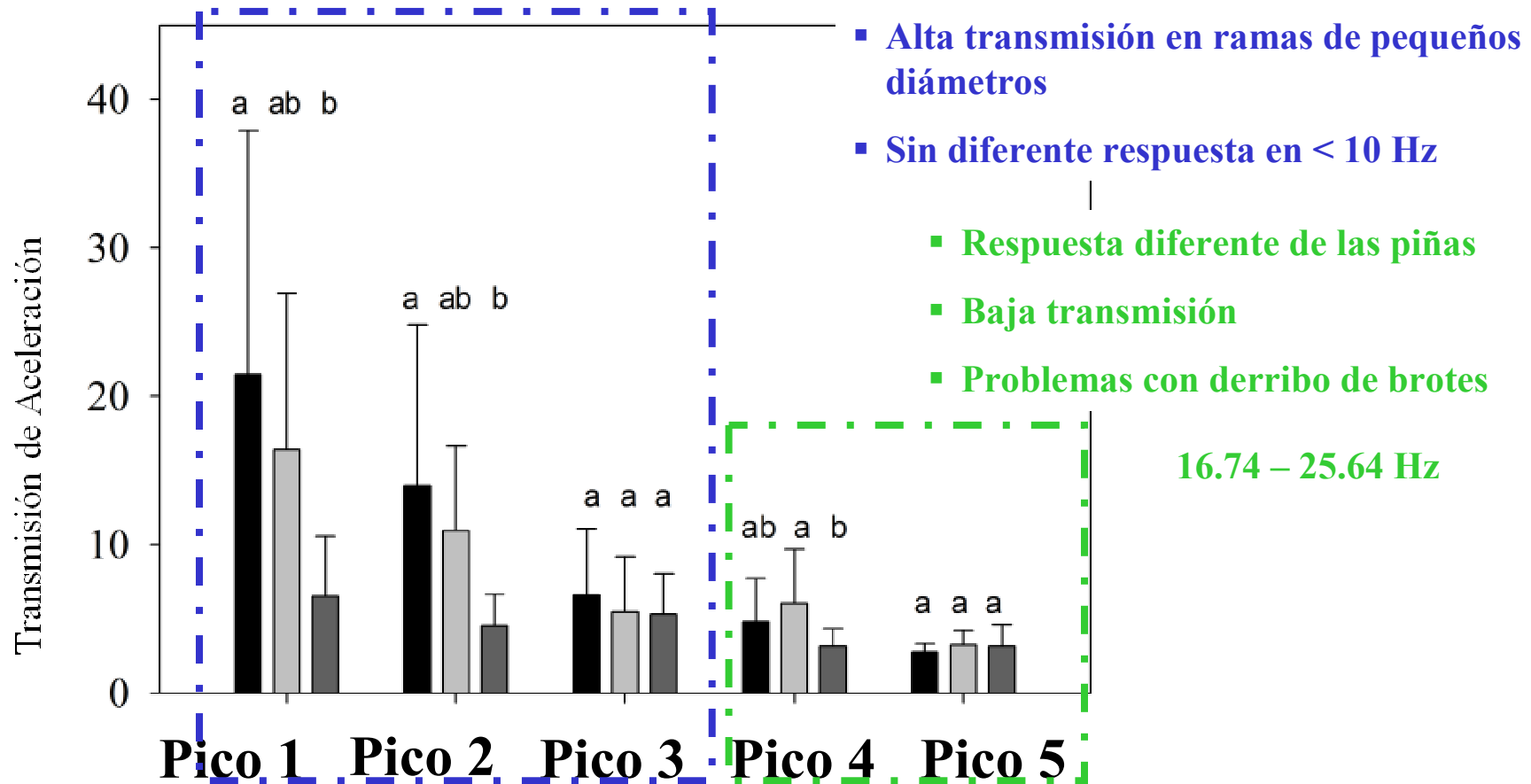
Base rama → Base de la Piña





### Transmisión de aceleración

### Base rama → Base de la Piña



Valores máximos de transmisión de la aceleración desde la base de la rama a la base de la piña





### Transmisión de aceleración

### Base de Piña → Piña de 3 años



- 1 frecuencia principal identificada
- Amplificación de la aceleración
- Punto de rotura en el pedúnculo
- Fenómenos de resonancia

### Pedúnculo

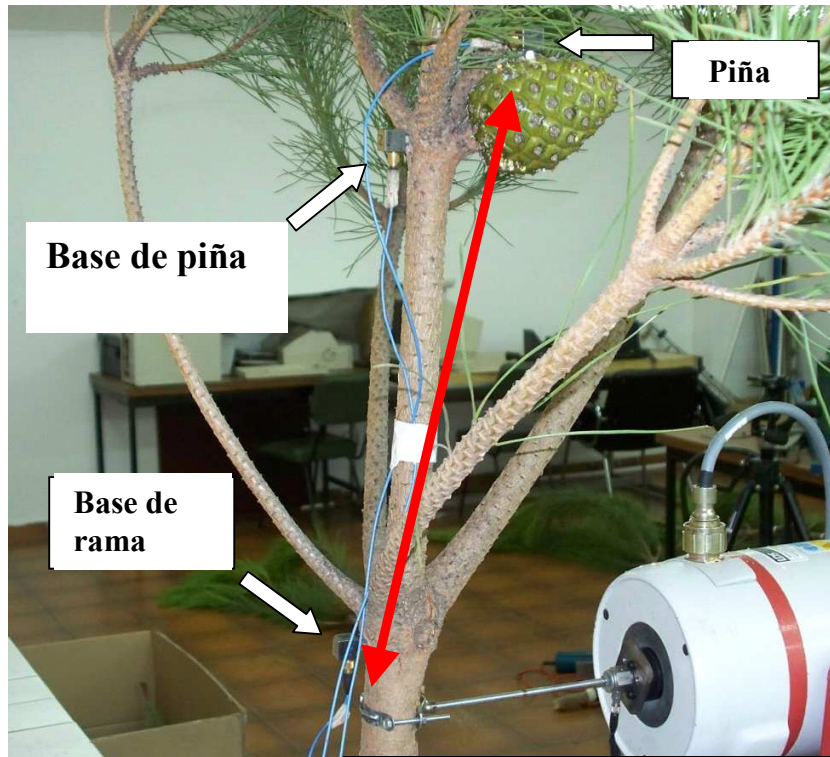
Elemento rígido  
Pequeña longitud  
Gran diámetro

Edad de la piña (años)		Valor medio (desv. Estándar)
3	N	26
	Frecuencia (Hz)	18.00 (5.28)
	Transmisión de aceleración	5.12 (2.28)



### Transmisión de aceleración

### Base rama → Piña de 3 años



- ❑ 1 frecuencia principal identificada (idem.)
- ❑ Amplificación de la aceleración
- ❑ El pedúnculo actúa como **filtro** para el resto de frecuencias identificadas en ramas

Edad de la piña (años)	Base de rama - Piña	Valor medio (desv. Estándar)
3	N	22
	Frecuencia (Hz)	17.79 (6.00)
	Transmisión de aceleración	11.52 (5.21)



- ❑ Identificados **5 valores de frecuencias** con picos de transmisión de aceleración según edad de las piñas
- ❑ **Bajos valores de frecuencia** (<10 Hz) no se muestra efectividad para el derribo selectivo de piñas
- ❑ Respuesta diferente de las piñas de 3 años en el intervalo de frecuencias de **16.4 a 25.6 Hz.**
- ❑ La transmisión de la vibración obtiene valores máximos para las **piñas de 3 años en 18 Hz.**
- ❑ Los **cambios morfológicos** en las piñas de 3 años (incremento de peso y lignificación del pedúnculo) incrementan la transmisión de aceleración en el sistema piña-pedúnculo.
- ❑ El **pedúnculo** de las piñas cosechables es el factor clave para la recolección mecánica selectiva por vibración.



## OBJETIVOS DE LOS ENSAYOS DE CAMPO

Validación de los resultados de laboratorio

Recolección mecanizada selectiva

Eficiencia  $\leftrightarrow$  Calidad de la recolección mecanizada

Regulación del vibrador de troncos para el trabajo en pino





## ENSAYOS DE CAMPO. Campañas 2009-10 y 2010-2011

<b>Nombre del monte</b>	<b>“Cabeza Aguda”</b>	<b>“Jarrama”</b>
<b>Fecha del ensayo</b>	<b>Marzo, 2010</b>	<b>Enero, 2011</b>
<b>Densidad (árboles/ha)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>
<b>Diámetro del tronco DBH (cm)</b>	<b>37.4 (2.8)</b>	<b>36.3 (3.2)</b>
<b>Altura del árbol (m)</b>	<b>9.8 (1.3)</b>	<b>11.2 (1.5)</b>
<b>Altura del fuste (m)</b>	<b>4.9 (1.3)</b>	<b>6.8 (1.1)</b>
<b>Proyección de copa (m<sup>2</sup>)</b>	<b>54.3 (15.3)</b>	<b>39.5 (12.1)</b>
<b>Producción de piñas (piñas/árbol)</b>	<b>57 (30)</b>	<b>43 (33)</b>



**Villaviciosa (Córdoba)**  
36 árboles ensayados



**Higuera de la Sierra (Huelva)**  
75 árboles ensayados



## FASE 2: Ensayos en Campo

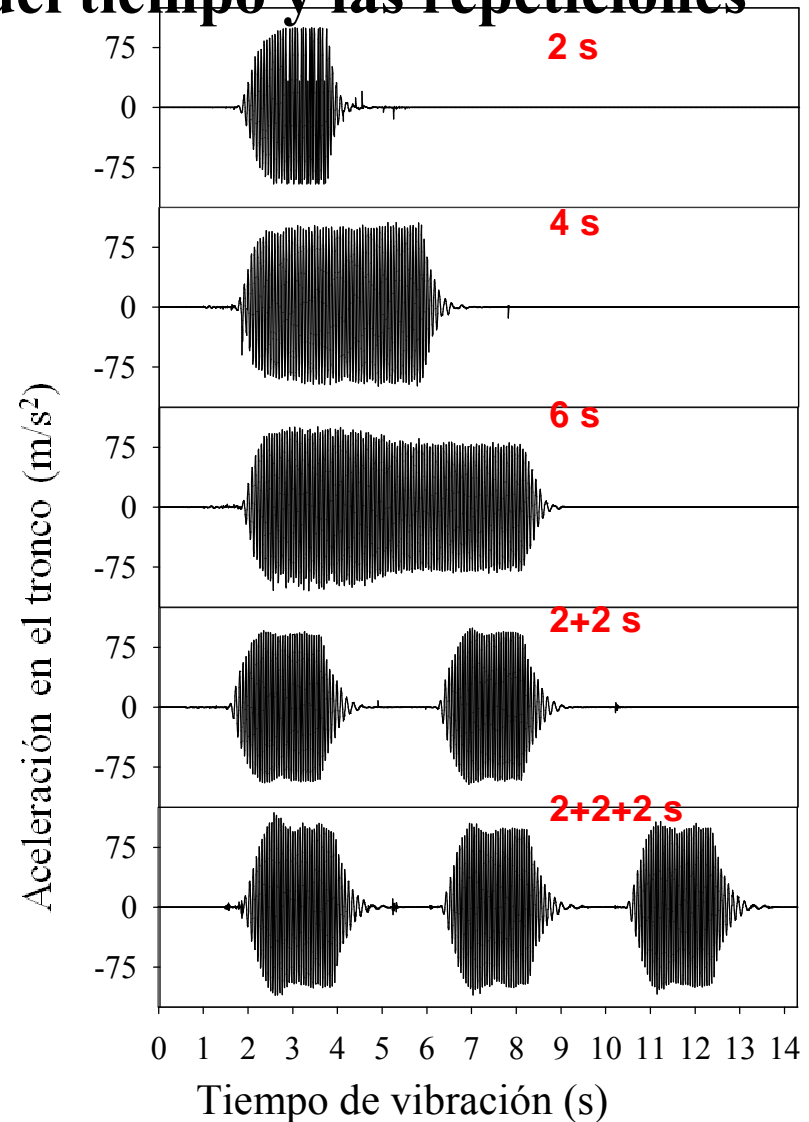
### MATERIALES Y MÉTODOS

Vibrador de troncos orbital con control de la frecuencia y tiempo de vibración





### Patrones de vibración: variación del tiempo y las repeticiones





## FASE 2: Ensayos en Campo

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Calidad y Eficiencia de la recolección

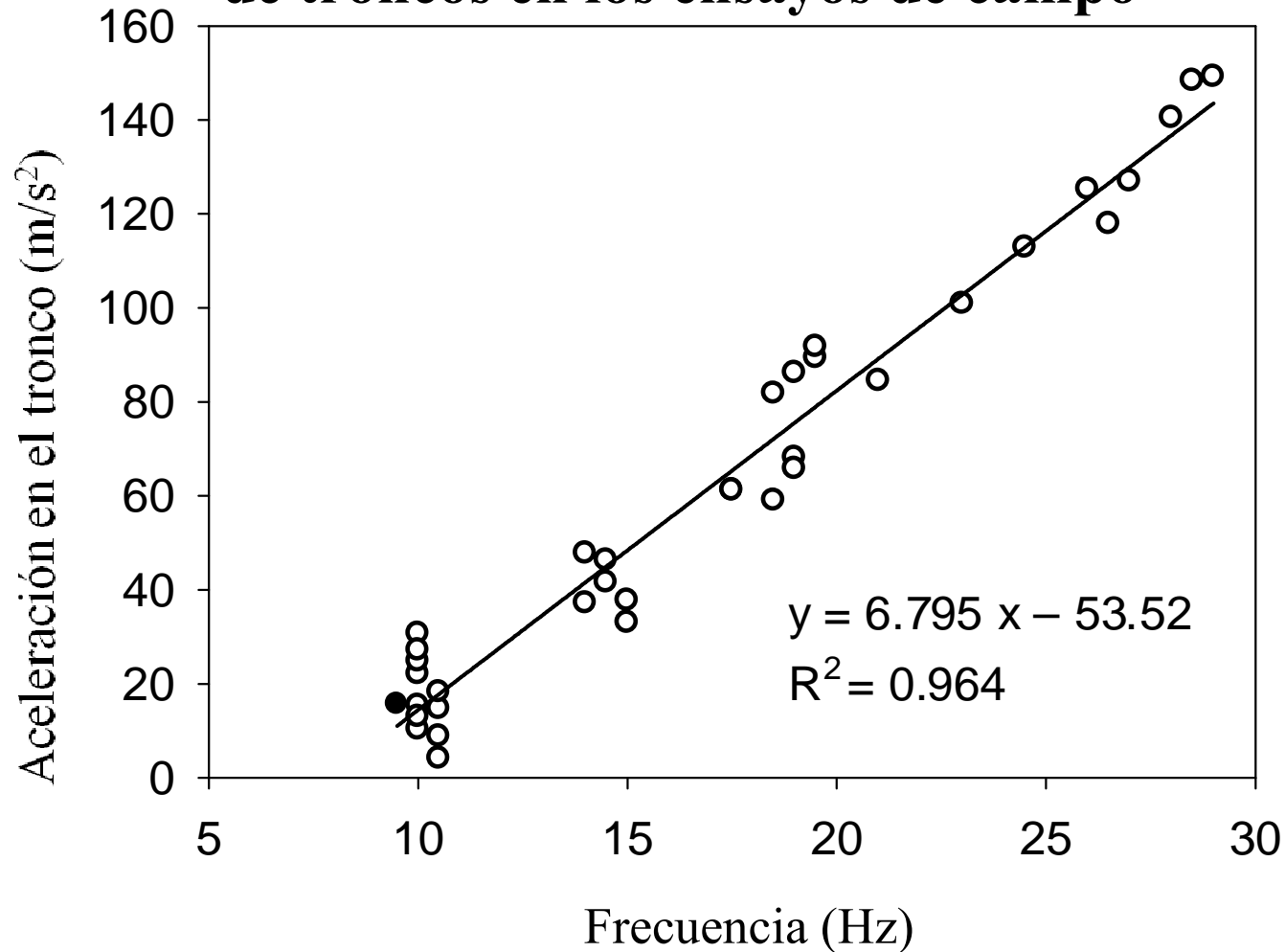
**Daño en el árbol = Brotes derribados, piñas inmaduras y descortezado del tronco**





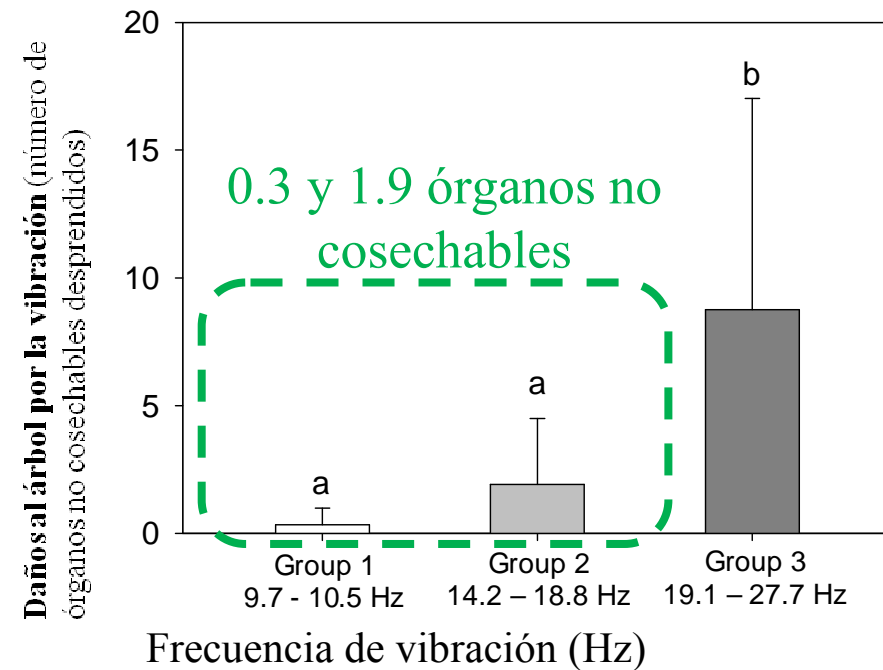
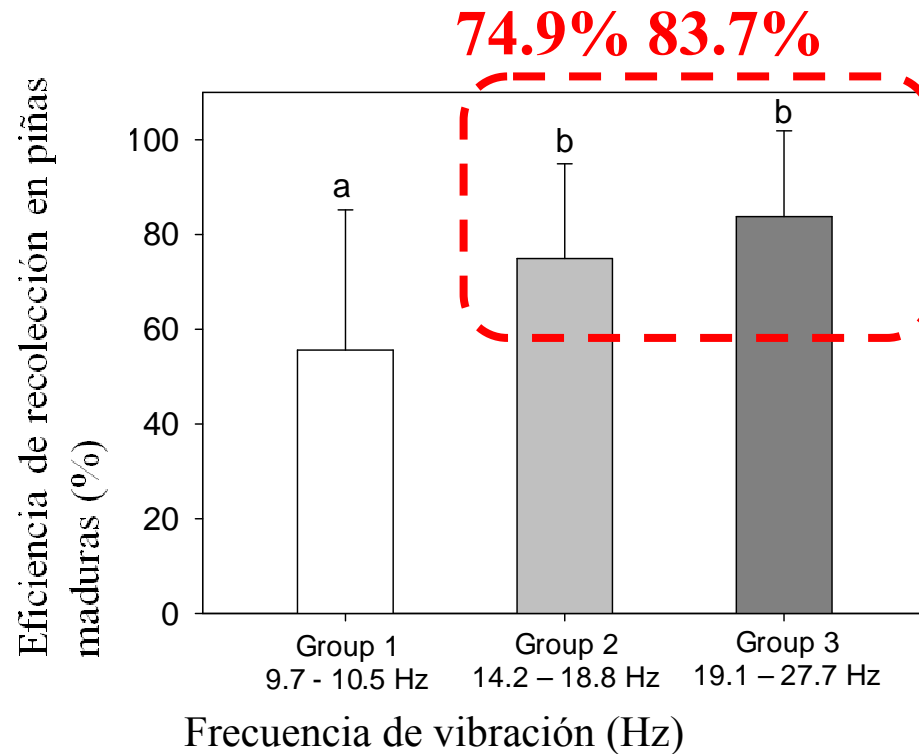


### Frecuencia (Hz) y aceleración ( $m/s^2$ ) aplicadas por el vibrador de troncos en los ensayos de campo





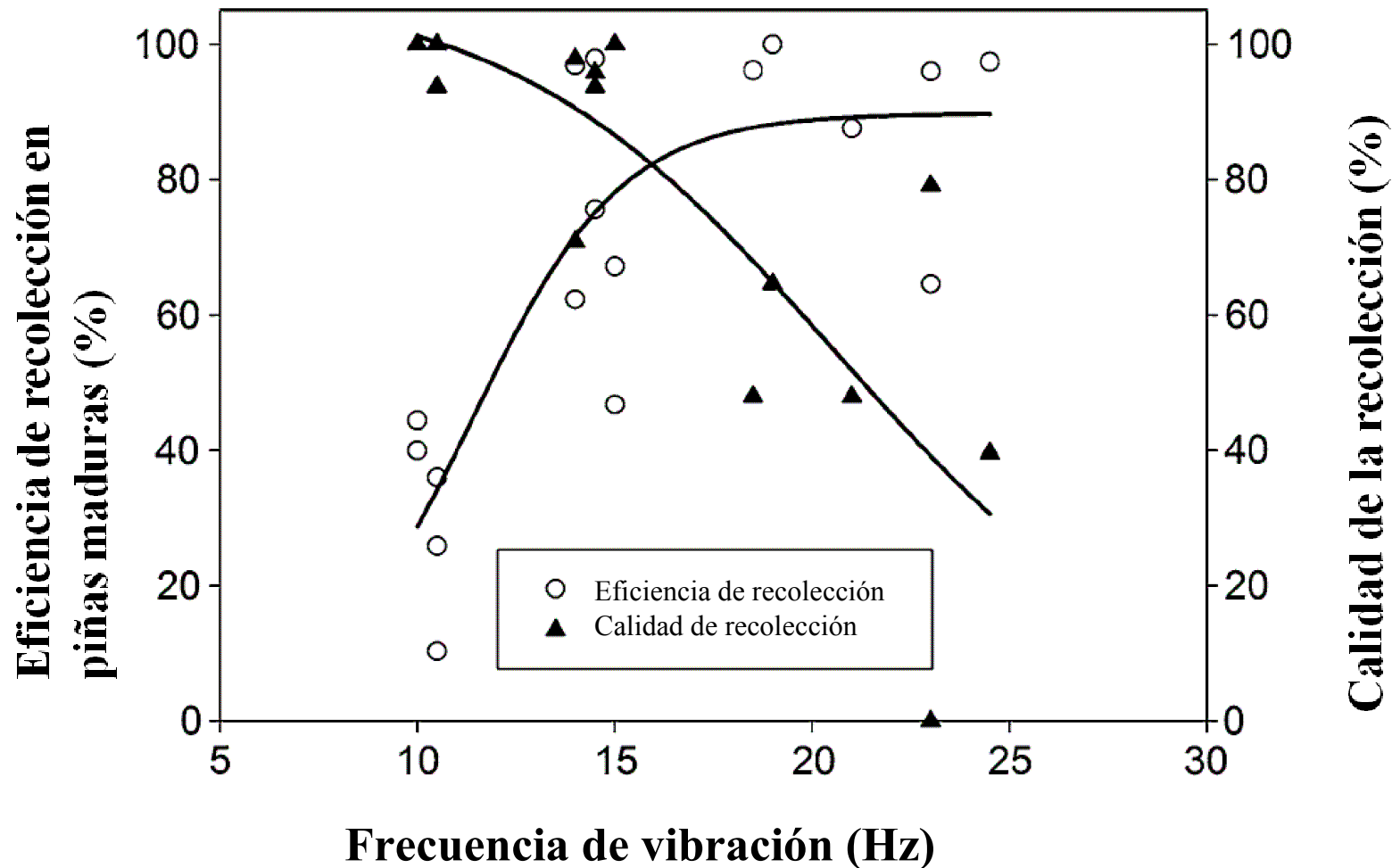
### Eficiencia y calidad de la recolección mecanizada según la frecuencia de vibración



Las columnas con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas (Duncan post-hoc,  $p < 0.05$ ).

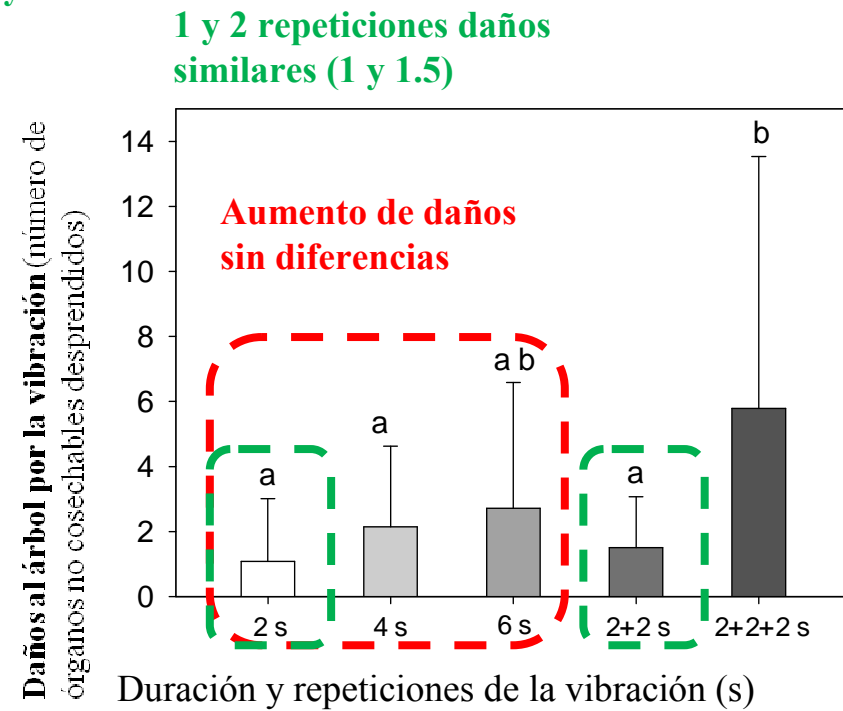
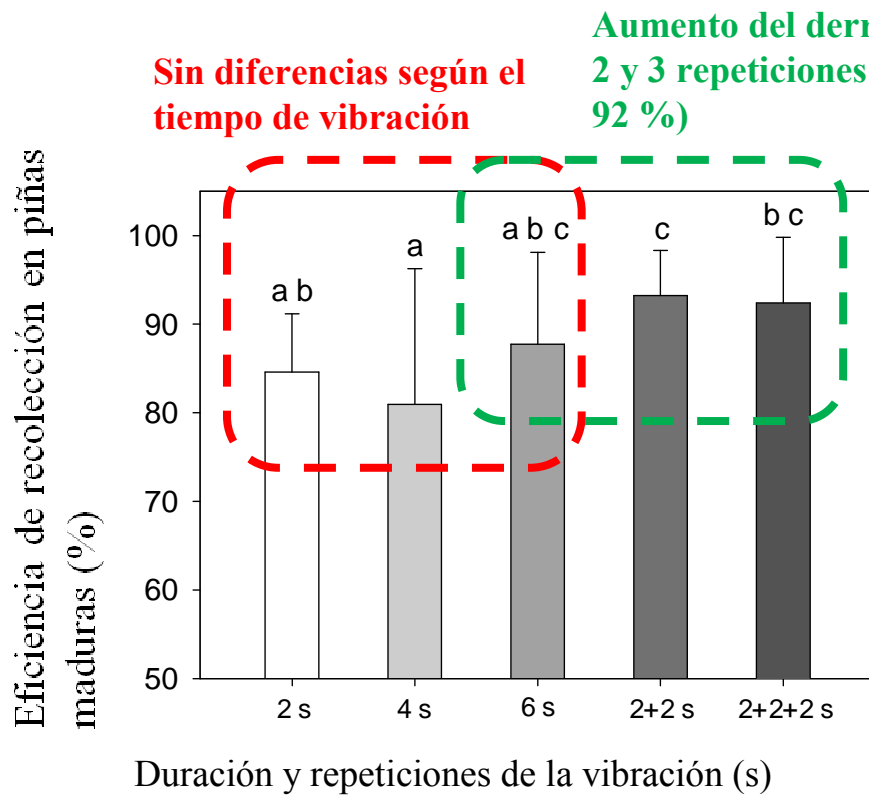


### Eficiencia y calidad de la recolección mecanizada según la frecuencia de vibración





### Eficiencia y calidad de la recolección mecanizada según la duración de la vibración y las repeticiones



Las columnas con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas (Duncan post-hoc,  $p < 0.05$ ).



- ❑ El **vibrador de troncos** es un sistema de recolección adecuado para la recolección de *Pinus pinea* L. pudiendo **limitarse los daños ocasionados al árbol** por medio de la **regulación de la máquina y del trabajo del operario**.
- ❑ **Altas eficiencias de recolección** de conos maduros (**85.7%**) pueden ser alcanzadas al utilizar **frecuencias** de vibración comprendidas entre **16-19 Hz**, con valores de **aceleración** en el tronco de **55-75 m/s<sup>2</sup>**.
- ❑ La **caída de piñas madura** en los primeros segundos de vibración justifica realizar vibraciones **inferiores a una duración de 4 segundos**.
- ❑ **Dos repeticiones de la vibración** de corta duración **resulta efectiva** para aumentar la cantidad de piña madura derribada **sin aumentar los daños al árbol**.
- ❑ La **fecha de recolección** es determinante para evitar los **daños a la corteza** del tronco y la **caída de brotes**, debiéndose evitar la vibración del árbol después del **comienzo del crecimiento de los nuevos brotes**.



# JORNADAS SOBRE PINAR, PINO, PIÑA Y PIÑÓN-PIÑONERO



**BLOQUE: 1 - PINAR**

**PONENTE:** Miguel J. Martín Moya

**TITULO:** Proyecto IDI “Desarrollo de Cabezal Vibrador Automatizado para Recolección de Piñas en Masas de Pino Piñero de Andalucía”





# Objetivo

Vibrador comercial  
para olivos



Kit de automatización  
VIBNEA



Vibrador para pinos  
y otras especies





# Olivo vs. Pino

	Vibración en olivos	Vibración en pinos
Maduración del fruto	1 año	3 años
Daños posibles	Escasos	Derribo de inmaduros Poda de brotes Descortezado
Frecuencia de vibración	Máxima (~ 30 Hz)	18 Hz
Duración de vibración	A demanda (~ 15 s)	2 ÷ 4 s
Presión de agarre	No crítico	Crítico
Altura de agarre	Baja	Alta





# Funciones

- Proceso automático con control de:
  - Altura e inclinación de agarre
  - Aproximación al árbol
  - Presión de agarre
  - Frecuencia de vibración
  - Duración de la vibración
- Registro de información:
  - Localización GPS
  - Parámetros de proceso
- Acceso vía web a la información registrada: Telemaq<sup>+</sup>®



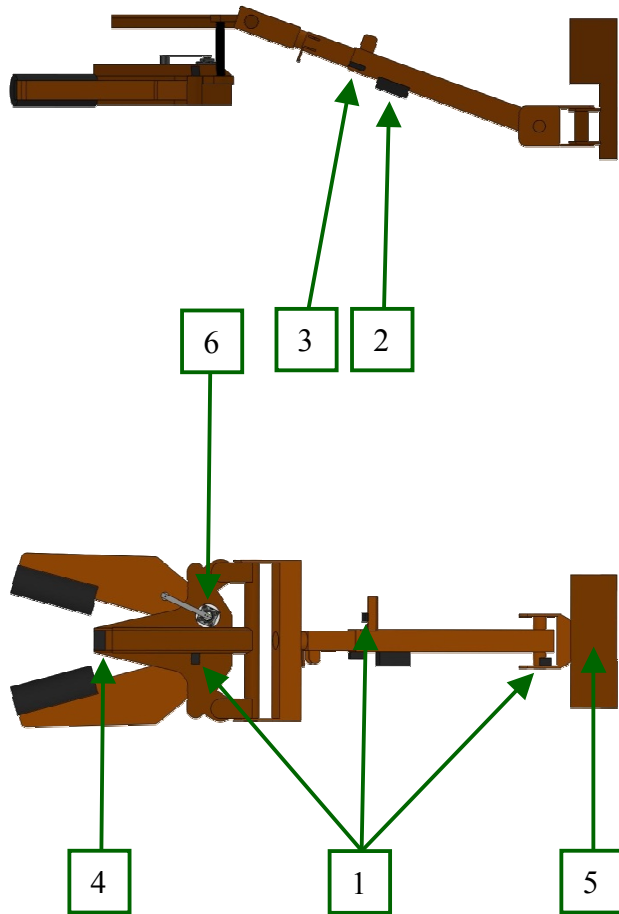
# Requisitos hidráulicos

- Distribuidor hidráulico comandado eléctricamente
- Posibilidad de regulación de caudal
- Garantía de presión mínima de agarre durante la vibración





# Sensorización



- Control de altura e inclinación de agarre:
  1. Sensores de posición
  2. Sensor de distancia
  3. Sensor de proximidad
- Control de aproximación al árbol:
  4. Sensor de distancia
- Control de presión de agarre:
  5. Sensor de presión
- Medida del diámetro del tronco:
  6. Sensor de desplazamiento angular



# Sistema de control



Interfaz de usuario:

- PC - Pantalla táctil:
  - Modo trabajo: Automático o manual
  - Altura agarre
  - Asistencia posicionamiento
- Joystick CANBus
  - Proceso automático
  - Movimientos manuales

Circuito de control:

- Red de micro-autómatas conectados mediante CANBus





# Registro de información

## Registro de información de vibrado:

- Fecha y hora
- Localización GPS
- Inclinación del terreno (transversal y longitudinal)
- Altura de agarre
- Diámetro de agarre
- Presión de agarre (al inicio y al final de la vibración)

## Resumen en periodo de tiempo determinado:

- Área trabajada
- Valores medios registrados
- Distribución de tiempos (proceso, desplazamiento, muerto)



# JORNADAS SOBRE PINAR, PINO, PIÑA Y PIÑÓN-PIÑONERO

# Telemaq<sup>+</sup>®

The screenshot displays the Telemaq+ web application interface for fleet management. The main window shows a 3D satellite view of a forest plantation with a pond and a dirt road. Numerous colored spheres (blue, yellow, red) are scattered across the terrain, representing vehicle locations. The interface includes several panels:

- Top Panel:** "GESTION DE FLOTAS" with user information "Usuario: Usuario" and "Ir a: Gestion de Servicios Salar".
- Navigation:** "Actual", "Informes", "Administracion" tabs.
- Left Panel:** "Historico", "Vibrados", "Actividad" tabs. "Selección Equipos" lists "Todas" and "Pinia". "Selección Fechas" shows dates "2011-03-09" with time filters.
- Right Panel:** "Selección Fechas" and "Selección Equipos" filters. "Obtener tabla" and "Obtener mapa" buttons. A table showing "Se están representando 88 registros." with a date "2011/03/09 14:36:48" and options for "Movimiento del vehículo" and "Trazar tramos".
- Bottom Panel:** A detailed view of a specific location with a tooltip for "Pinia" showing "2011-03-09 09:58:39", "Vibrando", and technical data: "Diámetro agarre: 400 mm", "Altura agarre: 1462 mm", "Inclin. terreno trans.: 0 %", "Inclin. terreno long.: 0 %".



Agencia de Medio Ambiente y Agua  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE



sefosa  
obras y servicios ambientales



# Configuraciones

	Completa	Económica
Altura e inclinación	✓	✗
Aproximación	✓	✓
Presión agarre	✓	✓
Frecuencia	✓	✓
Duración	✓	✓
Registro información	✓	✗
Telemaq+®	✓	✗

A blue tractor with a protective cage is positioned in a pine forest. The tractor is the central focus, with its front and side visible. The forest consists of tall, thin pine trees with green needles. The ground is covered with dry grass and small plants. The lighting suggests a bright day with some shadows.

**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN**



Agencia de Medio Ambiente y Agua  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE



**sefosa**  
obras y servicios ambientales