



*Los consumidores desean productos más sanos y naturales, al tiempo que aumentan las exigencias sobre la calidad organoléptica y seguridad de los alimentos. La sandía apirena es una muestra de*

## Calidad interna en sandías y métodos acústicos

**BELÉN DIEZMA Y MARGARITA RUIZ-ALTISENT**

*Laboratorio de Propiedades Físicas. E.T.S.I. Agrónomos. U.P.M.*

**BENITO ORIHUEL IRANZO Y MARÍA MIRANDA TARÍN**

*Anecoop S. Coop.*

Los beneficios asociados al consumo regular de frutas y hortalizas frescas han sido suficientemente demostrados y fomentados por las autoridades nacionales e internacionales.

Actualmente existe una clara tendencia de los consumidores hacia productos más sanos y natura-

**Sandía apirena.**  
**Foto: Royal Sluis**

les, al mismo tiempo que aumentan las exigencias sobre la calidad organoléptica y la seguridad de los alimentos que se consumen. Esta situación otorga una importante ventaja a la producción, la distribución y la comercialización de frutas y hortalizas. Además, la competitividad de los mercados

desarrollados requiere la mejora continua de variedades y la aparición de otras nuevas, que satisfagan las demandas de los consumidores o sumen alguna ventaja adicional a las ofrecidas por las otras tradicionales.

Esto obliga a los productores y distribuidores a atender los re-

querimientos y exigencias de cultivo y manejo de los nuevos productos, así como a garantizar sus características diferenciales (aroma, jugosidad, textura, sabor...).

En el desarrollo de nuevos productos se enmarca la introducción de sandía apirena (sandía sin semillas).

La fructificación de estas sandías se da sobre plantas triploides, esto es, plantas con una dotación cromosómica anormal, que no producen la suficiente cantidad de polen para la autopolinización, pero cuyas flores femeninas pueden dar lugar a los frutos sin semillas si son polinizadas con polen procedente de una planta diploide. Los individuos triploides se obtienen mediante el cruzamiento de plantas tetraploides y plantas diploides.

Los tratamientos que provocan la duplicación cromosómica, por ejemplo tratamientos con el alcaloide colchicina, aplicados sobre plantas con una dotación cromosómica normal, es decir, plantas diploides, permiten la obtención de los individuos tetraploides necesarios en este proceso (Figura 1).

Para la producción de sandías sin semillas se buscan asociaciones en las que coincidan las floraciones de las plantas polinizadoras (diploides) y las polinizadas (triploides) en unos porcentajes de 25-40% de polinizadora y 60-75% de polinizada. En este proceso de polinización juegan un papel importante las abejas, que se manejan en el cultivo de la sandía como un factor de producción más.

En España, Anecoop S. Coop. ha tenido un papel destacado en la producción y distribución de sandías sin semillas. En la actualidad comercializa un volumen importante y creciente de este producto, basando su estrategia comercial en ofrecer un producto de 'alta gama'.

### Problemas de calidad interna en las sandías sin semillas

Los valores añadidos de las sandías sin semillas se traducen en un precio en el mercado más alto que las tradicionales. Por esto

es importante ofrecer un producto que presente al menos todas las características positivas que ya venían obteniéndose en la sandía tradicional, añadiéndose además la carencia de semillas. Sin embargo, en las sandías sin semillas aparece agravado un problema que apenas tiene incidencia en la sandía tradicional: el ahuecado interno.

El ahuecado es un desorden fisiológico que afecta a la calidad organoléptica del fruto. La pulpa se caracteriza por presentar menor contenido en agua y una textura harinosa (Figura 2).

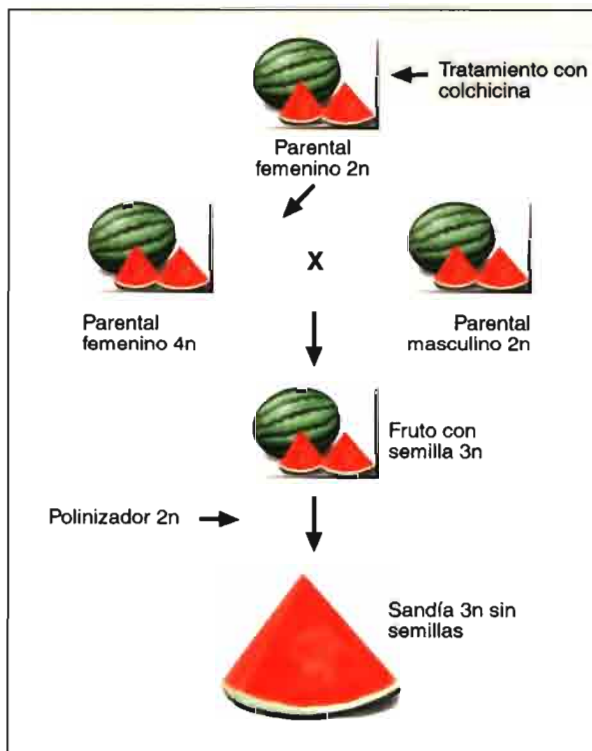
Según la literatura, el ahuecado es más frecuente en las producciones tempranas y cuando se suceden amplias oscilaciones en la humedad del suelo y la temperatura ambiente. La aparición de ahuecado también aumenta si el abonado nitrogenado o la aportación de agua son excesivos, especialmente durante el cuajado del fruto.

De la misma manera actúa una polinización deficiente. Otros autores aseguran que las causas de la aparición de este desorden son desconocidas. Con las prácticas culturales se trata de paliar, en la medida de lo posible, la incidencia del ahuecado, sin embargo a lo largo de las campañas aparecen partidas con porcentajes variables de sandías afectadas por este problema.

En la actualidad el único método del que se dispone para realizar la detección de sandía ahuecada es el realizado por los expertos: personal cortador en la recolección, técnicos de calidad en los controles establecidos y personal de encajado y tría en las líneas de clasificación.

**■ Para la producción de sandías sin semillas se buscan asociaciones en las que coincidan las floraciones de las plantas polinizadoras y las polinizadas. En este proceso juegan un papel importante las abejas, que se manejan como un factor de producción más**

**Figura 1:**  
**Esquema del proceso de obtención de sandía sin semilla**



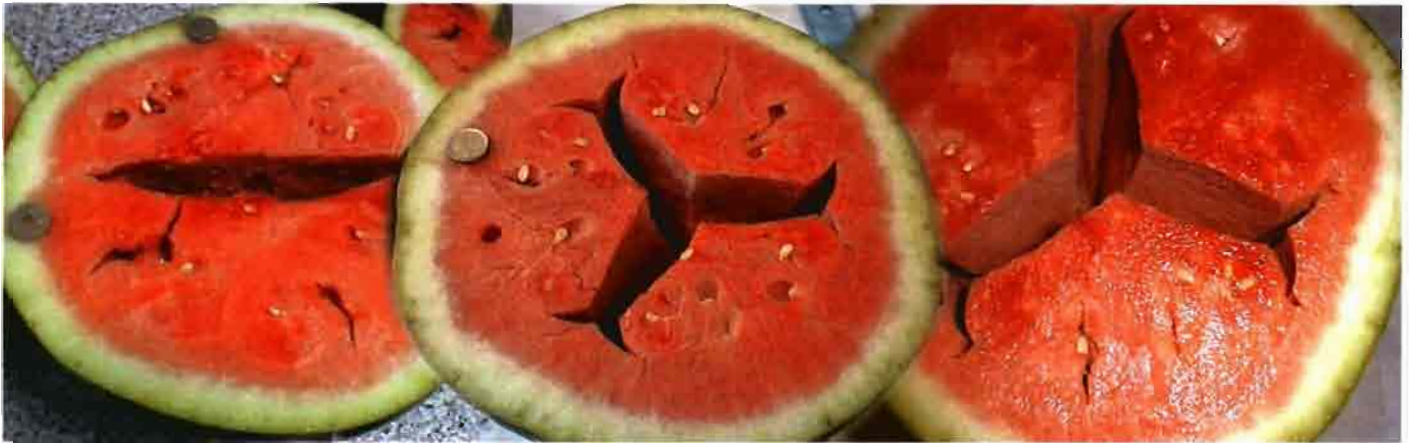
**Sandía Elena sin semillas. Resistente a Antracnosis y tolerante a Fusarium.**



Se describen una serie de síntomas externos que los expertos consideran para la detección de sandía ahuecada, como la concavidad de la flor, mayor en sandías huecas, o formas anormales, como frutas trilobuladas o acalabazadas.

Aunque los técnicos hacen una evaluación global en la que consideran todos estos síntomas,



**Figura 2:****Sandías afectadas de ahuecados internos. Detalle de la pulpa de una sandía ahuecada**

manifiestan que la forma más eficaz para la detección del ahuecado es golpear el fruto y atender al sonido que se produce. Por lo que se plantea el llamado problema de la detección: el método de diagnóstico es muy laborioso y poco operativo, de manera que en la práctica solo es empleado por los inspectores de control de calidad y no por los operarios de tría o encajado en la línea de confección.

Además, está sujeto a la subjetividad del técnico que realiza la tarea, lo que unido a la heterogeneidad del material vegetal hace que en la práctica el trabajo de los expertos sea necesariamente destructivo: toma de muestras y comprobación de la presencia de unidades afectadas.

**El dispositivo acústico para la determinación de la calidad interna de las sandías consta de unos elementos estructurales de soporte y de un sistema de impacto controlado (sobre estas líneas).**

Otros problemas de calidad de las sandías que ocasionan deterioros y pérdidas de producto comercial son las magulladuras de la pulpa y la sobremadurez. En algunas variedades de sandías sin semillas las características de la corteza hacen que los daños producidos por impactos que afectan a la carne no sean visibles en el exterior, lo que dificulta la detección temprana del problema.

**El ahuecado es un desorden fisiológico que afecta a la calidad organoléptica de la sandía. La pulpa se caracteriza por presentar menor contenido en agua y una textura harinosa. Es más frecuente en las producciones tempranas**



### **Aplicación de las propiedades acústicas**

Del mismo modo que los expertos tratan de conocer el estado interno de las sandías, tradicionalmente se ha empleado la práctica de golpear algunas frutas y hortalizas y atender al sonido que se produce para tener una idea de su estado de madurez. En el estudio de materiales están ampliamente extendidos los métodos dinámicos

En este contexto, en el que resulta de sumo interés el desarrollo de un equipo para la detección no destructiva de sandías de baja calidad interna, el Laboratorio de Propiedades Físicas (LPF), en estrecha colaboración con Anecoop S. Coop., inicia una investigación para dar respuesta a esta necesidad.

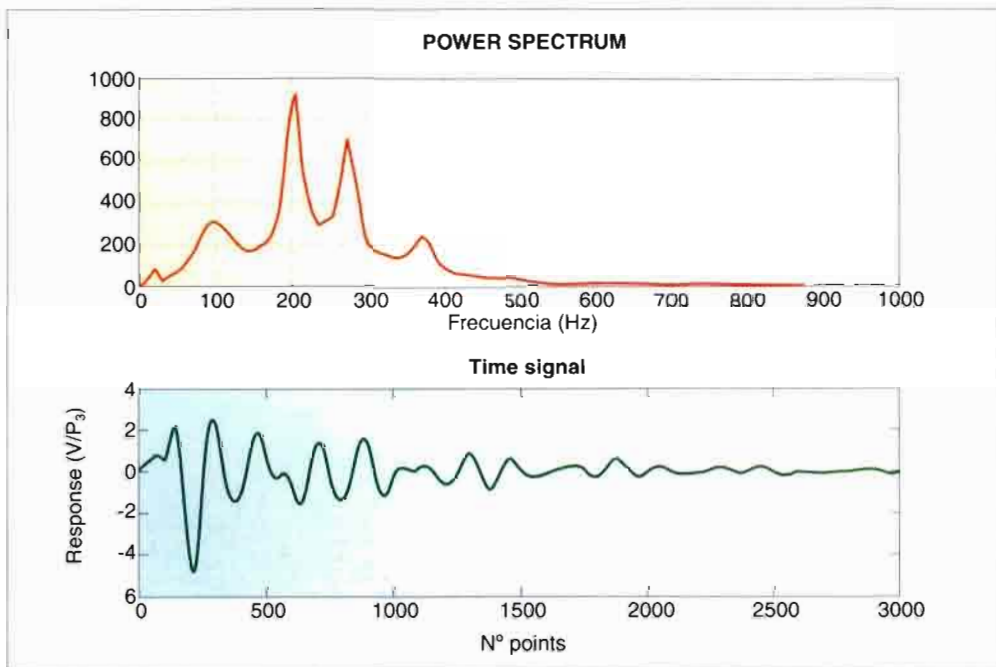
para la determinación de las propiedades elásticas de muestras homogéneas. Para objetos homogéneos y con geometrías simples es posible establecer expresiones que relacionan la respuesta dinámica con las propiedades del material (módulo de elasticidad, densidad...).

La traslación de las posibilidades de estas técnicas a los productos hortofrutícolas ha de sortear algunas dificultades inherentes a estos productos, como son las heterogeneidades en sus estructuras y sus formas irregulares y variables.

A pesar de esto, ya a mediados del siglo pasado se iniciaron investigaciones que consideraban la posibilidad de emplear las propiedades acústicas de los productos hortofrutícolas como indicadores de sus características texturales. Otros grupos de investigadores continuaron en esta línea de trabajo y se han establecido corre-

**Figura 3:**

**Señal en el dominio del tiempo (imagen inferior) y su correspondiente señal en el dominio de la frecuencia (imagen superior)**



**INVERNADEROS**  
**Banquetas de Cultivo**  
**Pantallas Térmicas**  
**Calefacción**  
**Complementos**

Camino Xamussa, s/n  
 12530 BURRIANA  
 Castellón - España  
 Tel.: (34) 964 514 651  
 Fax: (34) 964 515 068  
 ininsa@ininsa.es  
 www.ininsa.es

**ININSA**  
 INVERNADEROS  
 E INGENIERIA, S.A.



■ En la actualidad, el único método del que se dispone para realizar la detección de sandía ahuecada es el realizado por los expertos: personal cortador en la recolección, técnicos de calidad en los controles establecidos y personal de encajado y tria en las líneas de clasificación

laciones entre algunas medidas instrumentales de la firmeza de la pulpa de productos como manzanas, melocotones y aguacates, y diferentes parámetros acústicos obtenidos al excitar los frutos.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, la hipótesis de partida planteada en el origen de este trabajo, y cuya comprobación se ha pretendido en el desarrollo del mismo, es que el comportamiento dinámico de una sandía afectada de ahuecados y/o agrietados en la pulpa difiere del correspondiente a una sandía sin problemas de calidad interna.

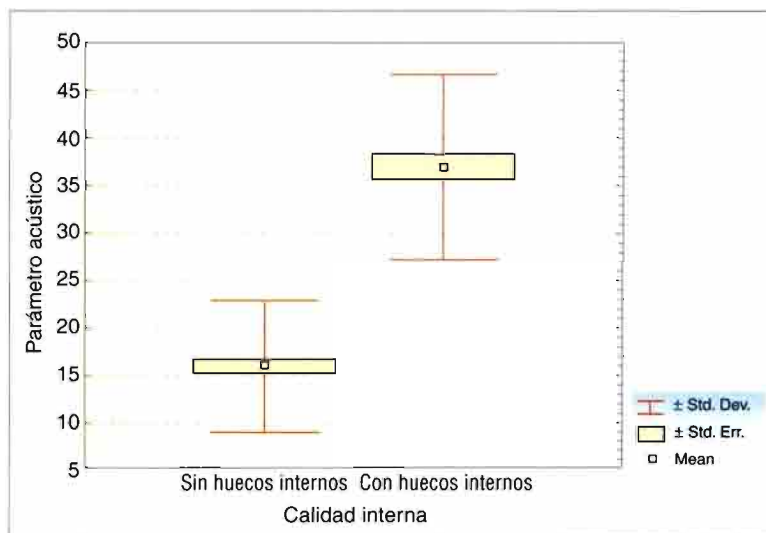
Para ello se diseñó un dispositivo que se denominó de ensayo acústico. Básicamente este dispositivo está constituido por un sistema de adquisición de la señal de salida, un sistema excitador de la muestra, elementos estructurales de soporte y sistemas de almacenamiento y análisis de la señal.

Las sandías son colocadas sobre un soporte de madera en cuyo interior se encuentra un receptáculo (elementos estructurales) que aloja un micrófono (sistema de adquisición), de tal manera que el micrófono se sitúa a pocos milímetros de la superficie de la sandía, dentro de una cavidad aislada delimitada por la propia sandía y el receptáculo cuyos bordes se encuentran recubiertos por un material amortiguador y flexible. Con un sistema pendular se excita la fruta mediante un impacto controlado (sistema de excitación).

El sonido que se produce cuando la sandía es golpeada, es recogido por el micrófono; la señal debidamente acondicionada es conducida hasta un PC, a través

**Figura 4:**

**Gráfico de medias, desviaciones y errores típicos del valor de un parámetro acústico para los subconjuntos de sandías sin huecos y con huecos internos respectivamente.**



del cual el usuario puede guardar y analizar la señal para obtener los llamados parámetros acústicos.

La señal en el dominio del tiempo, que es la que se obtiene directamente del micrófono, es tratada para obtener la correspondiente señal en el dominio de las frecuencias (Figura 3). Es en la curva en el dominio de las frecuencias, esto es, en el espectro, donde se definen diferentes parámetros.

Durante una primera campaña de ensayos se analizaron más de 150 sandías, elegidas para representar la variabilidad de estados de calidad que puede contener un lote comercial; así, aparecieron sandías ahuecadas con volúmenes

de hueco de hasta 1.400 ml, medidos rellenando las grietas de la pulpa con agua una vez que las sandías eran abiertas cortando transversalmente por la línea del ecuador.

Distintos parámetros acústicos mostraron diferencias significativas según el factor de calidad ausencia o presencia de hueco en la pulpa. En la Figura 4 se comparan los valores de las medias, las desviaciones típicas y los errores típicos del subconjunto de la población de buena calidad interna y del subconjunto de la población formado por sandías con ahuecados internos. Se observa una buena separación de ambos grupos.

Se generaron diferentes modelos de clasificación basados en los parámetros acústicos del espectro, de manera que fue posible determinar si una sandía presentaba buena calidad interna a partir de los valores de las variables obtenidas en el ensayo de respuesta acústica.

La presencia de huecos en la pulpa se predijo con un porcentaje de aciertos de entre el 75 y el 85%, según los distintos modelos de clasificación. En lo que se refiere a otros defectos de calidad

■ Para la detección de sandías ahuecadas mediante sistema acústico, se diseñó un dispositivo constituido por un sistema de adquisición de la señal de salida, un sistema excitador de la muestra, elementos estructurales de soporte y sistemas de almacenamiento y análisis de la señal

interna, se comprobó que las magulladuras graves y la sobremadurez extrema, alteran la señal acústica en el mismo sentido que lo hace la presencia de huecos, por lo que el mismo sistema de inspección no destructiva basado en la respuesta acústica podría servir para detectar cualquiera de estos tres defectos.

Se programó una segunda campaña de ensayos de modo que el período de medidas se extendiera a todos los meses de producción de sandía en España para asegurar la variabilidad del material vegetal estudiado. En estos ensayos de validación el total de sandías ensayadas superó las 400 unidades. Los experimentos de medida de la respuesta acústica al impacto se implementaron según el procedimiento desarrollado en la campaña anterior, y a los datos obtenidos se les aplicó los modelos de clasificación generados durante la campaña precedente.

De nuevo los porcentajes de acierto en la detección de sandías afectadas de ahuecados, magulladuras o sobremadurez fueron del 80% como media, superando el 90% para uno de los modelos de clasificación.

**Conclusiones**

La excitación acústica de sandías mediante impacto mecánico controlado constituye un método no destructivo útil para la determinación de la calidad interna de esta fruta, especialmente para detección de ahuecado y/o agrietado en la pulpa. Para ello es preciso la utilización y combinación de una serie de elementos estructurales adecuados, que permitan la vibración de la muestra y a la vez actúen de soporte.

En estos momentos se dispone de un equipo sensor basado en la respuesta acústica a un impacto mecánico de pequeña energía, capaz de diferenciar entre la señal

acústica de una sandía de buenas características de calidad y la de una sandía afectada de problemas de calidad interna con alta fiabilidad.

Este sistema es un equipo de sobremesa para utilizar de modo estático, pero con un diseño y manejo que lo hacen fácilmente adaptable a un equipo portátil para su utilización en campo o en almacén.

**Bibliografía**

- Diezma, B., and M. Ruiz-Altisent. 2003. Análisis de modos de vibración aplicados a la detección de ahuecado interno en sandía. 2º Congreso Nacional de Agroingeniería. Córdoba.
- Diezma, B., M. Ruiz-Altisent, y B. Orihuel. 2002. Acoustic impulse response for detecting hollow heart in seedless watermelon. Acta Horticultura nº 599, págs. 249-256.

# INVERNADEROS AGRORESA

El Siglo XXI ya tiene Invernadero

Estructuras Indeformables    Adaptación Total    Evolución Agrícola

"Proyectos 'Llave en mano'"

VENTILACIÓN FORZADA - EQUIPOS DE FERTIRRIGACIÓN - CERRAMIENTOS - CALEFACCIÓN - SUSTRATOS - HUMIDIFICACIÓN - PANTALLA TÉRMICA - CONTROL CLIMÁTICO

**SEDE CENTRAL**  
 "Área Empresarial Andalucía"  
 C/ Serranía de Ronda 6- 8  
 28320 - Pinto (Madrid)

Http://www.resaq.com  
 resaq@resaq.com

Telf: 916 918 580  
 Fax: 916 919 174