

# DISMINUCIÓN de DAÑOS MECÁNICOS a la FRUTA: ÚLTIMOS AVANCES.

Los DAÑOS MECÁNICOS al PRODUCTO en las LÍNEAS de MANIPULACIÓN de FRUTA se PUEDEN DETECTAR, CORREGIR e INCLUSO PREDECIR ASEGURANDO así un PRODUCTO de CALIDAD

P. BARREIRO<sup>1</sup>; F. J. GARCÍA RAMOS<sup>2</sup>; M. RUIZ ALTISENT<sup>3</sup>

(1) Dr. Ingeniero Agrónomo; (2) Dr. Ingeniero Agrónomo; (3) Catedrática de Universidad. Dpto. Ingeniería Rural. ETSI Agrónomos. MADRID.

## Resumen

En este artículo se abordan los distintos factores que afectan la aparición de daños mecánicos en frutos. Desde la susceptibilidad intrínseca de las distintas especies, variedades y estados de madurez, hasta la agresividad de los distintos procesos de manipulación, destacando por su conflictividad la recolección y la manipulación automatizada en líneas de clasificación. Se hace un énfasis especial en los factores que inciden en la agresividad de las líneas de manipulación clasificándolos en fallos de diseño, de montaje, de uso y de mantenimiento. Por último, se presenta una herramienta software de ayuda para la evaluación de líneas de clasificación, SIMLIN 2.0, que permite modelizar la susceptibilidad intrínseca de las especies y variedades manipuladas por cualquier usuario, y vincularlas con las características de agresividad de una línea tipo generada en pantalla, a partir de una base de datos de elementos caracterizados con frutos electrónicos. Este programa permite establecer la situación actual de daños en dicha línea en función del producto a manipular, así como evaluar posibles mejoras.

**Palabras clave:** Calidad, Daños mecánicos, Frutos, Líneas de clasificación, SIMLIN 2.0.

## Abstract

**Diminution of mechanical damages in fruit: last innovations.** In this paper we face the main factors influencing the incidence of mechanical damages in fruit. From the intrinsic damage susceptibility of different species, varieties and maturity stages, to the roughness of the processes involved in the commercialisation chain, where harvesting and mechanical handling show to be the most harmful situations. Special attention is focused on the factors influencing the aggressiveness of grading lines, which may be classified into; design, installation, use and maintenance faults. Finally a decision support software, SIMLIN 2.0, is presented which allows to model the intrinsic damage susceptibility of user defined species, and to identify for specific grading lines the critical points. Commercial available elements for grading lines may be tested by means of databases regarding records of electronic products IS-100 type.

**Key words:** Fruits, Grading lines, Mechanical damages, Quality, SIMLIN 2.0.

El laboratorio de propiedades físicas (LPF) de la Universidad Politécnica de Madrid posee una amplia experiencia en el estudio de los daños mecánicos en frutas, que se producen a lo largo de los distintos puntos del proceso de la cadena comercial. Sabemos que dos puntos críticos son **la recolección y la confección** mecanizada en líneas de clasificación. Por otro lado, se presentan grandes variaciones en el estado de susceptibilidad de los frutos.

## Factores que afectan a la aparición de los daños mecánicos

Por ejemplo, las manzanas turgentes son especialmente susceptibles a magulladura, mientras que las peras tras almacenamiento frigorífico y los cítricos desverdizados son más proclives a mostrar daños en la piel; en fruta de hueso pueden darse grandes variaciones en la consistencia dentro de un mismo fruto y, por tanto, en la susceptibilidad.

Las particularidades varietales pueden, a su vez, ser determinantes. Así, existen variedades de albaricoque que maduran desde el interior hacia el exterior p.ej. *Valenciano4*, mientras otras lo hacen en sentido inverso p.ej. *Búlida*. Por lo que las zonas más susceptibles (en este caso las más blandas) son diferentes de unas variedades a otras.

Aspectos como la forma y curvatura de los frutos son también determinantes en la aparición de daños. A igualdad de resis-



1.- Hoy día estamos familiarizados con el uso de los frutos electrónicos para la evaluación de la agresividad de las máquinas.



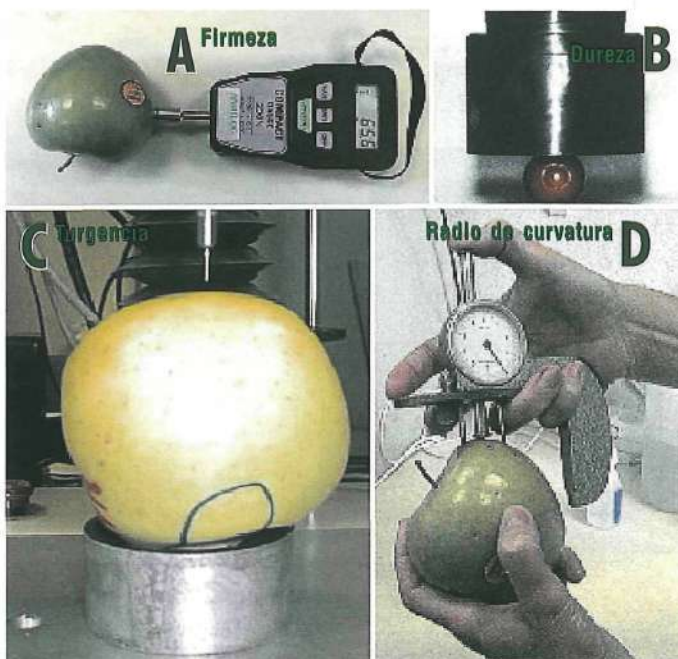
tencia del tejido, si la zona de impacto o de compresión tiene un radio de curvatura reducido, aparecen tensiones más elevadas que justifican una mayor incidencia de daños. Formas irregulares también favorecen la aparición de tensiones puntuales y por tanto la aparición de daños mecánicos. Cuando existe manipulación automatizada, las intensidades de impacto que reciben los frutos están determinadas por el peso de los mismos, ya que a igualdad de altura de caída la agresión es mayor para los frutos de mayor calibre, que son a su vez los de mayor valor comercial. Frutos macroscópicamente inhomogéneos como el pimiento muestran un comportamiento mecánico diferente del que presentan frutos homogéneos como la manzana, y por tanto su estudio tiene aspectos singulares.

Es obvio que las directrices generales mencionadas pueden variar para una especie y variedad determinadas debido a especificidades en forma, peso y comportamiento del tejido, y por tanto hemos de estar preparados para realizar pequeños experimentos que nos expliquen la causa de su problemática particular, con el fin de optimizar las soluciones aplicadas.

### Cómo estudiar la agresividad de las máquinas de confección

Volviendo a los agentes causantes de la agresividad y

concretamente a las líneas de calibración y confección, hoy estamos ya familiarizados con el uso de frutos electrónicos en la identificación de los puntos más conflictivos. No existe consenso, sin embargo, en cuanto al límite máximo o umbral de impacto admisible, el cual se expresa en número de veces la aceleración de la gravedad o  $g$ ,  $m/s^2$ . Éste está relacionado con las diferencias en susceptibilidad de especies y variedades expresadas más arriba; unos valores razonables oscilan entre 50-75g (medido con el fruto electrónico), aunque para determinados casos incluso este rango es excesivo.



2.- Existen distintos tipos de ensayos de laboratorio que permiten cuantificar aspectos físicos: Radio de curvatura, Cualitativos (firmeza y dureza) y de Susceptibilidad a daños mecánicos de la fruta (turgencia).

### Puntos críticos

En líneas generales podemos afirmar que la presencia de puntos críticos en las líneas de frutas y hortalizas se debe a fallos de diseño, de montaje, de uso y/o de mantenimiento. La existencia de **deficiencias en el diseño** es frecuente, dado que las líneas de fruta constituyen soluciones individuales para cada una de las empresas, y en muchos casos han de adaptarse a las instalaciones de que éstas disponen. Un ejemplo típico de fallo de diseño son los giros de 90 grados, muy dañinos para los productos. Actualmente existen cintas transportadoras en ángulo de 90° pero tienen un precio elevado, ocupan mucho espacio y son difíciles de adaptar a líneas de manipulación que ya se encuentran en funcionamiento. Existen soluciones alternativas como la patente desarrollada y solicitada por el LPF que propone el uso de cepillos accionados de ejes verticales con velocidad variable, que permiten disminuir la intensidad de los impactos y evitar a la vez los impactos fruto-fruto tan comunes en las transferencias en ángulo.

Los **fallos de montaje** en una línea de clasificación pueden ser incluso más problemáticos que los fallos de diseño y, sin embargo, son *a priori* más fáciles de solucionar sin más que establecer un conjunto de reglas prácticas:

- No colocar **elementos estructurales** bajo las cintas transportadoras en los puntos de transferencia,
- **Introducir rampas** en los puntos de transferencia evitando alturas de caída elevadas,
- **Introducir elementos deceleradores** (cepillos, cortinas, mantas, etc.) en aquellos puntos de transferencia donde sea necesario,
- **Disponer materiales amortiguadores** en las zonas de impacto de las máquinas.

Los **fallos de uso de la línea** son sumamente importantes. Podemos disponer de una maquinaria de alta calidad



3.- Existen grandes diferencias en la estructura macroscópica de los productos vegetales, y esto ha de ser tenido en cuenta para hacer un estudio de los aspectos más relevantes en la susceptibilidad a daños mecánicos.

pero usarla inadecuadamente, provocando daños a la fruta. El mal uso se centra principalmente en dos aspectos:

- **Velocidades de trabajo inadecuadas**, sin sincronización entre los diferentes elementos de la línea,

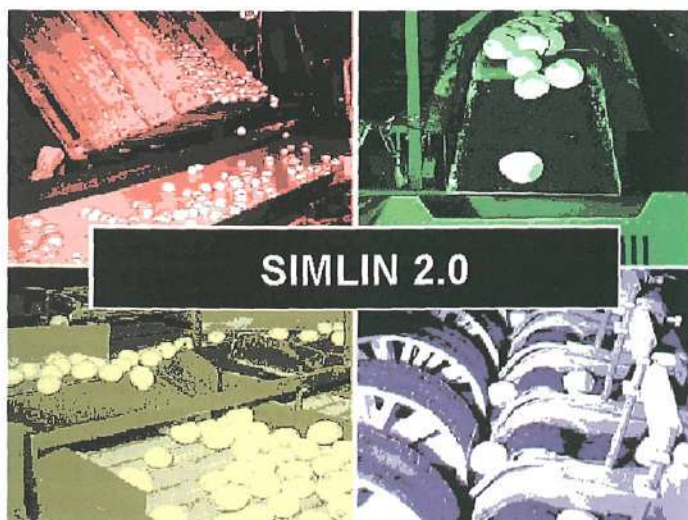
- **Mala regulación del flujo** de fruta en la línea con presencia de “huecos” que evitan un flujo continuo de producto y producen impactos de mayor intensidad (este factor en muchos casos se debe a un mal diseño de la línea. *P. ej.:* al haber elegido volcadores discontinuos que no permiten la obtención de un flujo de fruta continuo).

Por último, pero no menos importante, tenemos los **fallos de mantenimiento** de la **maquinaria y su limpieza**. La mejor configuración y un correcto montaje pueden quedar inhabilitados a medio

plazo debido a la falta de cuidado en el mantenimiento. Algunas empresas muy dispuestas a efectuar un gran desembolso puntual, sin embargo raramente están dispuestas a admitir contratos de mantenimiento con las empresas fabricantes de maquinaria, o a formar adecuadamente a sus propios equipos de mantenimiento. Se opta entonces por disponer de personal de mantenimiento propio que, en general, actúa sólo en caso de avería, siendo necesario periodos anuales (al menos) de mantenimiento, y limpieza diaria. El personal, con formación mecánica, tiene como función el reajuste de piezas y en su caso la sustitución de algún motor estropeado. No es extraño encontrar líneas de clasificación en las que el funcionamiento se intuye bastante diferente al proyectado inicialmente, con variaciones en las velo-

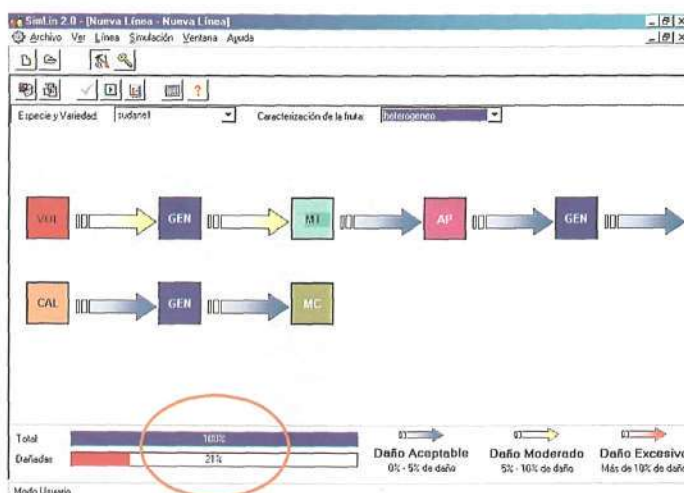
cidades de cintas y elementos accionados, retirada de cortinillas deceleradoras...

Mención especial merece la necesidad de sustituir periódicamente —o puntualmente en caso de observar su destrucción—, los materiales amortiguadores en los distintos puntos de caída. ¿Quién elige el tipo de material y su grosor? ¿Hasta qué punto están tipificadas las diferencias de unos materiales a otros? En este sentido, el LPF ha realizado recientemente un estudio. En él se observa que si bien los frutos electrónicos son los dispositivos más adaptados a la caracterización de la agresividad de las líneas, a la hora de caracterizar materiales amortiguadores se consigue una mayor precisión empleando un impactador uniaxial en condiciones controladas de laboratorio ( $\pm 0,8g$  y  $\pm 1,7g$ ,

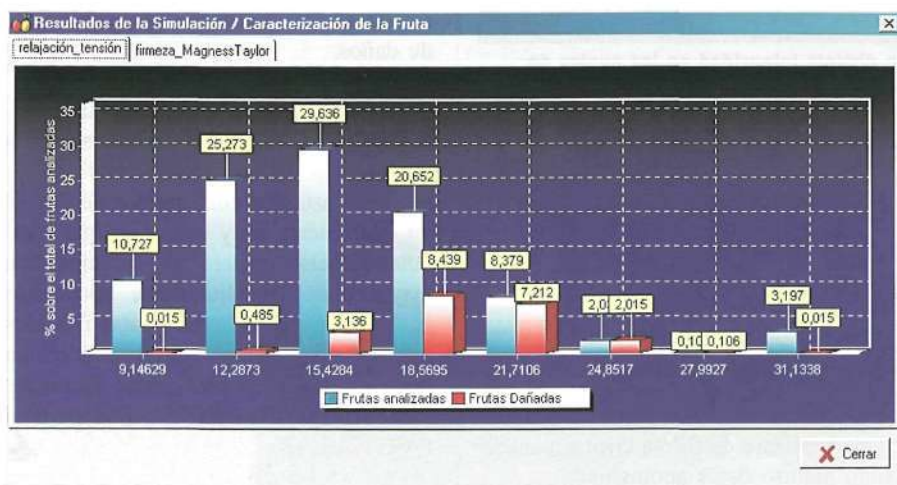


**SIMLIN 2.0**

4.- Carátula de programa de simulación de daños mecánicos en fruta SIMLIN 2.0 diseñado para ayudar a usuarios (productores y diseñadores de maquinaria) a evaluar sus propias condiciones de funcionamiento.



5.- Ejemplo de simulación de daños en línea durante la manipulación de melocotón de la variedad Sudanell. La caracterización de la fruta cuyos resultados se muestran (21% de frutos dañados) es la denominada heterogénea y refiere a frutos con una firmeza Magness-Taylor media de 20N + 6N. Las flechas amarillas indican porcentajes de fruto dañado superiores al 5% e inferiores al 10%. Es difícil garantizar el resultado cuando se manipula producto muy variable.



6.- Desglose del porcentaje de fruto dañado, según niveles de relajación de la tensión (Pa/Pa) de la pulpa, obtenido en la manipulación de melocotón Sudanell heterogéneo con la línea tipo. Se observa que la susceptibilidad intrínseca del producto es máxima para valores superiores al 20% de relajación de la tensión. Este parámetro mecánico es indicativo del comportamiento visco-elástico de la pulpa y aumenta con el estado de madurez

obtenidos con impactador uniaxial y fruto electrónico tipo IS-100 respectivamente). En este mismo estudio, se indica la necesidad de acompañar estos ensayos con otros que empleen fruta como testigo, ya que el objetivo del material amortiguador es mantener los niveles de daño dentro de los límites de tolerancia de la normativa comunitaria (10% en peso o número de frutos con daños superiores al límite establecido para las distintas categorías co-

merciales: extra y primera) e idealmente eliminarlos.

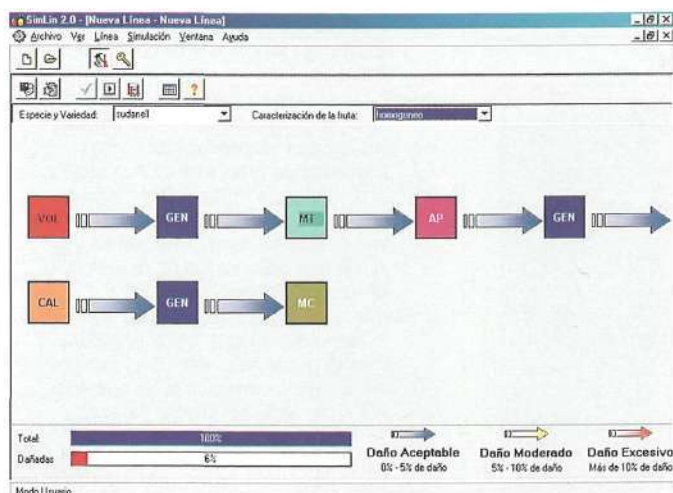
### Modelos de simulación – probabilidad de daño

Volvemos así de forma recurrente al problema que supone caracterizar la susceptibilidad a los daños, en función de: calibres, alturas de caída y velocidades, tantas especies, variedades y estados de

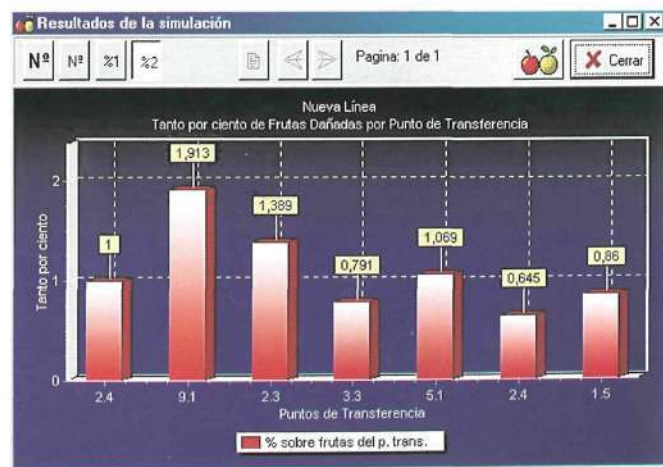
susceptibilidad diferentes. La solución propuesta en un reciente estudio es un procedimiento que permite reducir al mínimo la cantidad de fruta a emplear sin merma de la fiabilidad de los resultados expresados en términos de porcentaje de frutos dañados. Para ello se recurre a un ajuste logístico de la probabilidad de daño, el cual permite diferenciar entre materiales amortiguadores aparentemente similares. Los resultados de la comparación de siete materiales amortiguadores comerciales diferentes permitió establecer un ranking:

- Mejor: Polietileno de 10 mm.
- Intermedio: Uretano de 5 mm.
- Peores: Polietileno de 5 mm con cobertura de Poliéster o de PVC.

Hemos abordado por tanto la problemática de la aparición de daños mecánicos en frutas y hortalizas desde distintos ángulos y, en este punto, el lector se pregunta si le hemos resuelto todas las dudas. Es más, ¿Cuál es la tan ansiada solución? La respuesta que nosotros queremos transmitir es que la solución existe, pero no se trata de una solución estática o definitiva. El ritmo de cambio en el sector es muy rápido: las variedades cambian, los elementos de las máquinas y los materiales amortiguadores están en constante desarrollo y, por tanto, las directrices que aportamos en este artículo pueden y deben ser revisadas con el paso del tiempo. Quizás por ello, la iniciativa más ambicio-



7.- Ejemplo de simulación de daños en línea durante la manipulación de melocotón de la variedad Sudanell. La caracterización de la fruta cuyos resultados se muestran (6% de frutos dañados) es la denominada homogénea y refiere a frutos con una firmeza Magness-Taylor media de 20N ± 3N. Esta línea permite por tanto manipular producto incluso relativamente cercano a la madurez de consumo (20N Magness-Taylor) pero sin grandes variaciones respecto al valor medio.



8.- Desglose del porcentaje de fruto dañado en los distintos puntos de transferencia en la manipulación de melocotón Sudanell homogéneo con la línea de la izquierda. Se observa que el 6% total de dañados se distribuye bastante uniformemente entre los distintos puntos de transferencia.

**CUADRO 1**

**Distribuciones de probabilidad de impacto de distinta intensidad en los puntos de transferencia de una línea tipo de confección de melocotón con moderado nivel de agresividad**

Punto de transferencia	impacto <50 g	de 50 a 100 g	de 100 a 150 g	> 150 g
Volcador (VOL) a cinta (GEN)	0.76785	0.12500	0.10715	0
Cinta (GEN) a Mesa de Tría (MT)	0.8571	0.1429	0	0
Mesa de Tría (MT) a Aspirador de Pelo (AP)	0.375	0.625	0	0
Aspirador de Pelo (AP) a Cinta (GEN)	0.854	0.146	0	0
Cinta (GEN) a Calibrador (CAL)	0.875	0.125	0	0
Calibrador (CAL) a Cinta (GEN)	0.7916	0.2084	0	0
Cinta (GEN) a Mesa de Confección (MC)	0.8214	0.1429	0.0357	0

sa por nuestra parte ha sido el desarrollo, en colaboración con el Departamento de Inteligencia Artificial de la Facultad de Informática (BIELZA *et al*, 2000), de una herramienta informática que ayude a analizar a cada usuario su caso particular.

**SIMLIN 2.0**

Este programa que hemos denominado SIMLIN 2.0 consta de distintas fases:

■ **Permite a los usuarios establecer la susceptibilidad** a daños mecánicos de sus distintas especies y variedades a partir de pequeños ensayos muy simples que el usuario deberá realizar, pero que el pro-

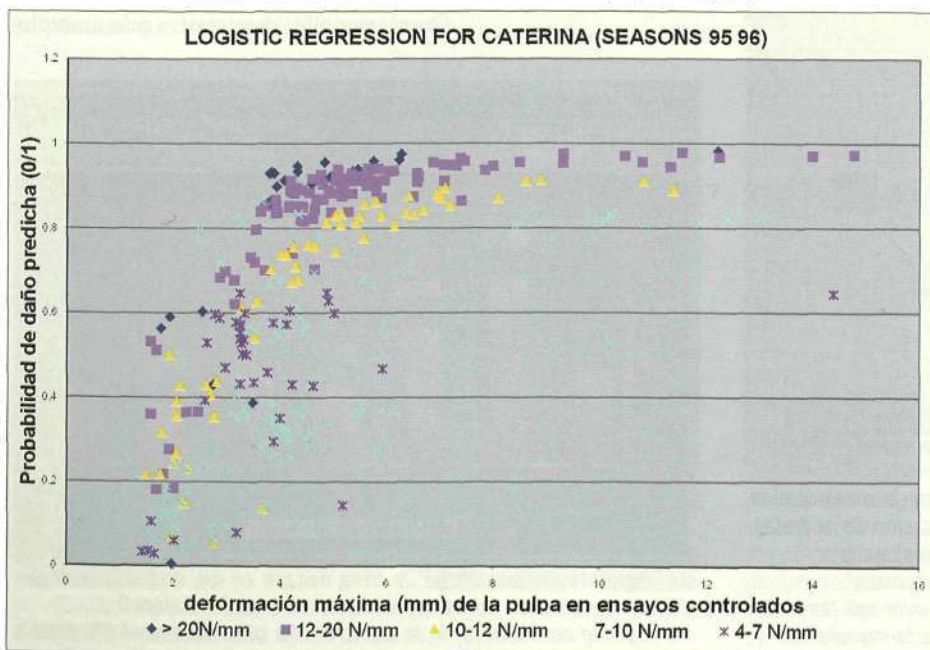
grama analizará de forma crítica identificando incluso datos anómalos.

■ **Ofrece una base de datos** de elementos de líneas de clasificación caracterizados con frutos electrónicos tipo IS-100, que el usuario puede emplear y completar con datos propios si los tuviera; el programa permite generar en pantalla esquemas de líneas de clasificación analizando inconsistencias de diseño en el número y orden de los elementos.

■ **Simula la aparición de daños** en la línea para una especie y variedad, con la posibilidad adicional de efectuar variaciones en el estado fisiológico de la fruta y

**GRÁFICO 1**

**Resultados para melocotón *Caterina* en cinco estados mecánicos diferentes caracterizados como resistencia a la deformación de la pulpa en N/mm**



Herramientas matemáticas como la regresión logística nos permiten predecir la probabilidad de daño en función del nivel de carga o agresión y el estado de susceptibilidad de la fruta.

así acotar su efecto en el porcentaje final de daños.

Probablemente esta herramienta informática no será la respuesta definitiva para la eliminación de daños mecánicos en frutas, pero estamos convencidos de que es un instrumento muy útil, y de que cualquier solución no será "la" solución, con mayúsculas. Decididamente apostamos por la creación de herramientas flexibles que serán empleadas con sentido crítico por usuarios cada vez mejor formados para generar SU PROPIA SOLUCIÓN PARTICULAR.

**Bibliografía**

BARREIRO P. y M. RUIZ ALTISENT. (1994). Susceptibilidad a magulladuras en frutos de pepita bajo distintas cargas y condiciones de almacenamiento. *Fruticultura Profesional*, nº 61:56-60.

BARREIRO P. y M. RUIZ-ALTISENT. (1995). Modelos de predicción de daños en fruta y sistemática para la evaluación de equipos hortofrutícolas. *Fruticultura Profesional* Nº 73:40-53.

BARREIRO, P.; GARCÍA, F.; BIELZA, C.; RUIZ-ALTISENT, M. (2001). Simulación de los daños a la fruta: un instrumento de ayuda a la decisión para la mejora de las líneas de confección. *AGROINGENIERÍA Vol. 1* pp397-402. ISBN 84-482-2869-3

BIELZA C; BARREIRO P; RODRIGUEZ GALIANO U; MARTIN J. (2000). Logistic regression for simulating damage occurrence on a fruit grading line. X CONGRESO LATINO-AMERICANO DE INVESTIGACION Y SISTEMAS. Mexico 4-8 de noviembre 2000.

GARCÍA, J.L. (1994). Influencia de los factores de producción y manejo en las propiedades físicas y susceptibilidad a daños mecánicos de variedades de manzana y pera. (Influence of the production and handling factors in the physical properties and mechanical damage susceptibility of apples and pears varieties). Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid

GARCÍA, F., F. RIQUELME, M. RUIZ-ALTISENT, P. BARREIRO. (1996). Study of packing lines for stone fruits and citrus using two instrumented spheres in some cooperatives in the region of Murcia. Paper nº 96-F-038. Ageng '96 Conference on Agricultural Engineering. Madrid, 23-26 Sept. 1996.

GARCÍA-RAMOS, F.J.; GIL SIERRA, J.; BARREIRO, P.; RUIZ-ALTISENT, M.; ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HOMER, I. (2001). Desarrollo de un procedimiento para tipificar materiales amortiguadores para su uso en líneas de manipulación de fruta. *Agroingeniería. Vol. 1* pp339-344. ISBN 84-482-2869-3