

La Serie Universitaria de la Fundación Juan March presenta resúmenes, realizados por el propio autor, de algunos estudios e investigaciones llevados a cabo por los becarios de la Fundación y aprobados por los Asesores Secretarios de los distintos Departamentos.

El texto íntegro de las Memorias correspondientes se encuentra en la Biblioteca de la Fundación (Castello, 77. Madrid-6).

La lista completa de los trabajos aprobados se presenta, en forma de fichas, en los Cuadernos Bibliográficos que publica la Fundación Juan March.

Estos trabajos abarcan las siguientes especialidades: Arquitectura y Urbanismo; Artes Plásticas; Biología; Ciencias Agrarias; Ciencias Sociales; Comunicación Social; Derecho; Economía; Filosofía; Física; Geología; Historia; Ingeniería; Literatura y Filología; Matemáticas; Medicina, Farmacia y Veterinaria; Música; Química; Teología. A ellas corresponden los colores de la cubierta.

Edición no venal de 300 ejemplares, que se reparte gratuitamente a investigadores, Bibliotecas y Centros especializados de toda España.

Este trabajo fue realizado con una Beca de España, 1975. Departamento de Ciencias Agrarias.

Fundación Juan March



FJM-Uni 46-Rui
Propiedades físicas de las variedades
Ruiz Altisent, Margarita.
1031754



Biblioteca FJM

Fundación Juan March (Madrid)

SERIE UNIVERSITARIA



Fundación Juan March

Propiedades físicas de las variedades de tomate para recolección mecánica

Margarita Ruiz Altisent

FJM

Uni-
46

Rui

46

Propiedades físicas de las variedades de tomate para recolección mecánica/Margarita Ruiz Altisent

Fundación Juan March
Serie Universitaria

46

Propiedades físicas de las variedades de tomate para recolección mecánica

Margarita Ruiz Altisent



Fundación Juan March
Castelló, 77. Teléf. 225 44 55
Madrid - 6

Fundación Juan March (Madrid)

*La Fundación Juan March no se solidariza
necesariamente con las opiniones de los
autores cuyas obras publica.*

Depósito Legal: M - 43306 - 1977
I.S.B.N. 84 - 7075 - 073 - 9
Ibérica, Tarragona, 34.- Madrid-7

I N D I C E

	Página
1.- INTRODUCCION	1
2.- METODO	10
Ensayos de compresión	10
Figura 1	11
Figura 2	12
Ensayos de punción	13
Figura 3	14
Ensayos de impacto	15
Figura 4	16
Cultivo	18
Maduración de frutos	19
3.- RESULTADOS	20
Ensayos de compresión	20
Tabla 1	20
Tabla 2	22
Ensayos de punción	25
Tabla 3	25
Tabla 4	26
Ensayos de impacto	27
4.- DISCUSION	28
5.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41

1. INTRODUCCION

La utilización de máquinas para la recolección y manipulación de los productos agrícolas, aún los más frágiles (y perecederos) es un hecho. Sin embargo, se está lejos de llegar a una perfección en los resultados. - Las relaciones entre los elementos que constituyen las-máquinas, y los productos a manejar son desconocidas: Por un lado, falta el análisis de los elementos de los -sistemas de recolección.

Por otro lado, se desconocen las causas intrínsecas o biológicas (histológicas, fisiológicas, bioquímicas) de la resistencia de los frutos a las distintas agresiones.

Siendo el tomate uno de los frutos (de tipo "perecedero" o frágil) en los que más se ha avanzado en lo que respecta a recolección mecánica, sin haberse resuelto-totalmente el problema, se cuenta con una experiencia, y un material que constituye una buena base de partida. La amplitud de la variabilidad de los materiales cultivados actualmente, es otro punto a favor del estudio del-tomate.

Aunque actualmente toda esta experiencia se basa en tomate para industria, la mayor parte de las con-clusiones de estos estudios serán de inmediata aplicación en la mejora de variedades de tomate para fresco. En éstos, ya existe actualmente la necesidad de técnicas de medida, así como de datos básicos, de las características físico-mecánicas de los frutos. En los es-tudios que se vienen realizando sobre cuajado de los -- frutos de tomate en invernadero son también necesarias estas técnicas y datos.

El propósito de estos trabajos es conseguir técnicas para la diferenciación de variedades de tomate, respecto a las propiedades físicas que influyen en su resisten-cia a la manipulación mecánica. Dentro de ello, se intenta encontrar las relaciones causales entre las diver-sas características que puedan contribuir a un mayor - conocimiento de las propiedades mecánicas de estos frutu-tos. La correlación de los ensayos de laboratorio con los sistemas de determinación de la calidad del trabajo - de recolección llevado a cabo por las máquinas contribuirá al desarrollo final de una óptima solución de mecanización.

El estudio de los agentes o causas reales de los daños en los procesos de manipulación se inició en 1955, en que Halsey realizó un estudio preliminar sobre los daños producidos a los frutos de tomate de mercado, indicando ya que los daños eran producidos principalmente por impactos.

A partir de los años 60 se han realizado numerosos estudios sobre daños producidos a los frutos de tomate en la recolección mecánica, dirigiéndose especialmente a los daños en el transporte a granel (aunque también a los producidos en la máquina cosechadora) (O'Brien et al. 1965, id 1968, id. 1971, O'Brien 1974, Angle et al. 1974).

Las características que confieren resistencia a los frutos en estos procesos suponen un complejo de factores, entre los que sobresalen la elasticidad del fruto entero y la resistencia de la piel. En este proceso del transporte los estudios se basan en las características de vibración de los frutos, que dependen a su vez de los factores indicados (elasticidad, etc.)

En los últimos años se está tratando de perfeccionar las técnicas de ensayos por impacto. La experiencia demuestra que, al ser los materiales agrícolas de naturaleza viscoelástica, el tiempo de aplicación de las cargas juega un papel fundamental. El paralelismo entre las constantes de los materiales (módulo de elasticidad, fuerza máxima de rotura, etc.) ensayados con cargas casi-estáticas y con cargas instantáneas (impactos) no está totalmente establecido. Lo que sí quedó demostrado por Fridley et al. (1966) es que la elasticidad de los frutos enteros, determinada de la forma tradicional está positivamente correlacionada con la resistencia de los mismos a los diversos daños en los procesos de recolección. Por otro lado, Horsfield et al. (1970) indican que estos materiales pueden ser considerados como elásticos, siempre que las velocidades de la carga aplicada corresponden a las sufridas por los frutos en los procesos que vayamos a estudiar.

Mohsenin et al. (1962), trabajando fundamentalmente con manzanas, desarrolló los primeros aparatos para el ensayo a compresión y a impacto, y dió como parámetro principal ligado a la resistencia la energía necesaria para la producción de un daño determinado a los frutos. Indica que esta energía es aproximadamente el-

doble para el caso del impacto que para el ensayo estático.

Más tarde, con el perfeccionamiento de los aparatos de ensayo, basados en péndulos de características conocidas, ha sido posible avanzar en la determinación de los distintos parámetros que afectan a los daños producidos por impacto: energía y velocidad, sin que se haya llegado todavía a un método generalizado.

Los primeros intentos de medida de la firmeza en tomates se iniciaron hace más de cincuenta años, sin obtener resultados satisfactorios.

Hamson (1952) midió la firmeza de 19 líneas de tomates por un método sencillo consistente en colocar un peso fijo sobre el fruto y medir la deformación del mismo al cabo de cinco segundos. Se desarrolló con el nombre de "Cornell Pressure Tester". Sus resultados indican que en la medida no influye el diámetro del fruto. Consiguió diferenciar líneas más firmes, que eran capaces de resistir mejor los ensayos de transporte.

La variabilidad de este sistema de medida de la firmeza llevó a Kattan (1957) a utilizar un nuevo instrumento para la medida de la firmeza del fruto, basado en una cadena que rodea al mismo, midiendo la com-

presibilidad en todo su perímetro. El problema de este sistema es que resulta muy largo el proceso de medida de cada fruto, resultando además totalmente empírico.

El "Asco-firmness meter", también del sistema decadena, fue comparado por Garret et al. (1960) con los demás instrumentos de medida de la firmeza, llegando a la elección del mismo como más adecuado.

El "Cornell pressure tester" fue utilizado de nuevo satisfactoriamente por Hall (1964) para el estudio de la maduración de frutos de tomate de mercado en distintas condiciones.

Otro aparato, muy similar al "Cornell pressure tester" de Hamson fue utilizado por Shafshak y Winsor -- (1964), que intentaron relacionar la compresibilidad o firmeza de los frutos de tomate con distintos factores de cultivo (contenido de K y Ca, riegos, temperaturas, sombreado, etc.); su conclusión fue que las medidas es tán influenciadas por una gran cantidad de factores, -- más o menos imprevisibles.

A partir de la aplicación por Mohsenin et al. (1963, 1971) y Fridley et al. (1966, 1968) de las ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad a ciertos prod

tos agrícolas, las determinaciones de firmeza se realizan a base de medidas de compresión-deformación, con aparatos dinamómetros de perfección creciente.

Se ha intentado estudiar la causa de las diferencias de firmeza de los tomates de diversa procedencia. El mismo Hamson (1952) estudió la influencia del calcio sobre la firmeza de los tejidos, indicando que aunque la proporción de calcio parece influir en la misma, las mayores diferencias en pectinas (totales y en sus distintas fracciones) están asociadas más probablemente a esta característica. Más tarde El Sayed et al. (1966) demostraron la relación del contenido en pectinas con la firmeza de los frutos de tomate, especialmente con el contenido de protopectina (el cual parece estar regulado por factores genéticos, dominantes para bajo contenido en protopectina). Anais (1971), llegó a conclusiones parecidas, iniciando un programa de selección en esta dirección.

En el Departamento de Horticultura de la Universidad de California (Davis), los programas de selección para resistencia en el tomate, se basan en determinaciones subjetivas (aplastamiento y corte a mano) y en la viscosidad del puré de tomate, la cual parece estar relacionada en gran medida con la firmeza de los frutos

de que procede (Stevenson, 1976, comunicación personal).

En los años 40, asociados al problema del agrietamiento ("cracking") del tomate, problema estudiado ya desde varios años antes (Frazier, 1934), se realizaron unos primeros estudios de punción de la epidermis de tomate (de recolección manual, por supuesto) sin llegar a poder diferenciar variedades (Johannessen, 1949). Al cabo de casi 20 años, Voisey et al. (1964), enfrentándose con el mismo problema del agrietamiento, llegan a la conclusión de que el sistema más indicado para diferenciar la resistencia de la piel es el de punción de la misma, después de haber probado la rotura de muestras de piel a base de compresión neumática, siendo la causa principal la facilidad con que pueden realizarse en poco tiempo gran número de punciones.

En 1970 Batal et al. estudiaron las características de la piel de diversas variedades de tomate por medio de ensayos de tracción con una máquina universal de ensayo.

La resistencia parecía relacionarse principalmente con la fuerza máxima de tracción (hasta rotura) y con la elongación máxima o extensibilidad.

Voisey et al. (1970) estudió la estructura de los tejidos epidérmicos en relación con su resistencia a puncción. La consecuencia fue que la resistencia no parece estar basada en el grosor de la piel, aunque sí observó claras diferencias en la estructura de la misma, y en el grosor de la cutícula.

Henry et al. (1974) utilizaron un sistema de aplicación de presión hidrostática sobre muestras de piel separadas del fruto, con lo que obtuvieron unos primeros valores del coeficiente de elasticidad de la piel, y de la presión máxima hasta rotura, que resultaban comparativamente bajos, respecto a los obtenidos por sistemas de punción o esfuerzo cortante.

La resistencia de la piel juega un papel primordial en el caso de presencia de arena en el terreno durante la recolección, la cual produce un daño por abrasión sobre las epidermis menos resistentes (Fluck, 1971 y Fluck et al. 1972).

2. METODO

Ensayos de compresión.

La figura 1 presenta el aparato utilizado para los ensayos de compresión y punción de la epidermis realizados (Chatillon, modelo CTCM). Es un compresiómetro-tensiómetro de muelle, con elementos dinamométricos intercambiables; se han utilizado el de 1 kg (para las determinaciones de compresión-deformación) y el de 10 kg (para la rotura por aplastamiento) de fuerza-máxima. ^(x)

Los frutos son colocados sobre una pequeña caja, a poyados sobre un anillo de plastilina, con el fin de que la compresión se reduzca a uno solo de los lados del fruto. Esta se realiza a través de un disco de 5 cm - de diámetro, mucho mayor que el diámetro de la zona de contacto (1 - 1,5 cm) (Fig. 1). Se procuró elegir en el fruto, para la compresión, la zona más aproximadamente ----- ^(x) (Según el sistema SI, adoptado hoy universalmente, la magnitud de fuerza es el Newton (N). Sin embargo, estos aparatos tienen las escalas en kg. Los datos obtenidos se transforman a estas unidades SI en las tablas de resultados.

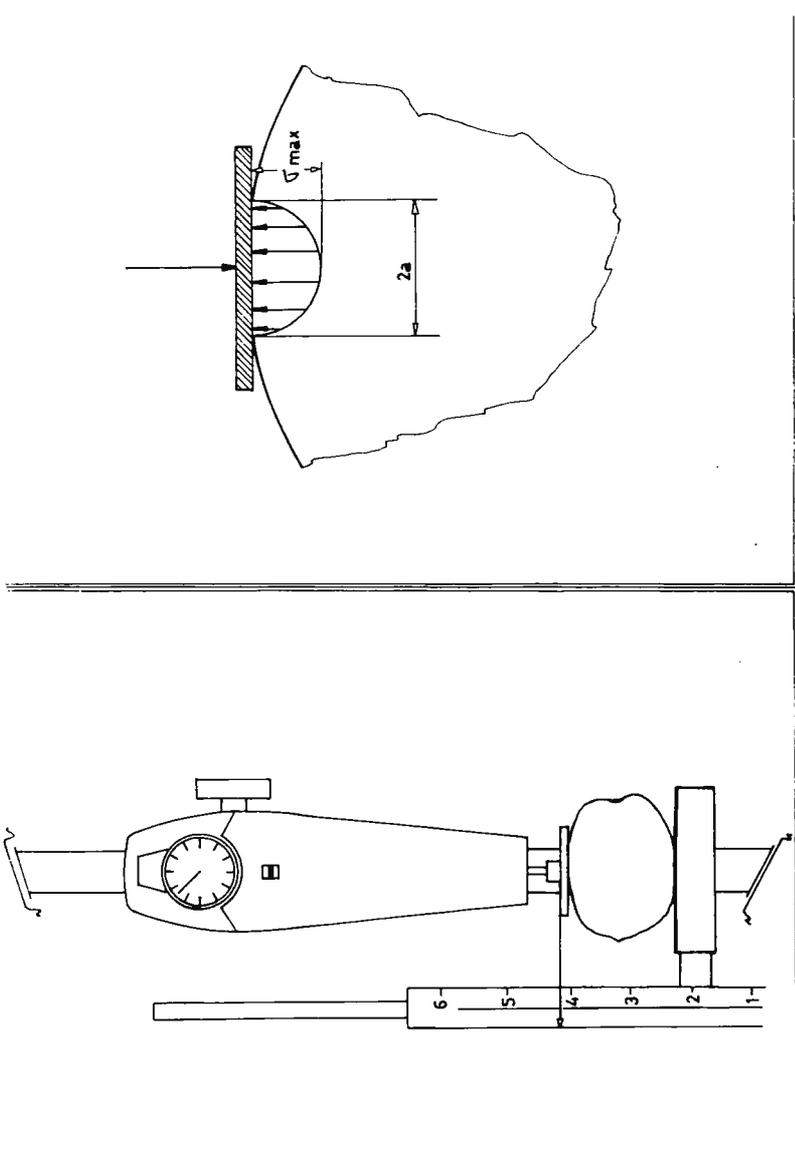


Figura 1.- Aparato dinamómetro para la determinación de la compresibilidad de los frutos de tomate.

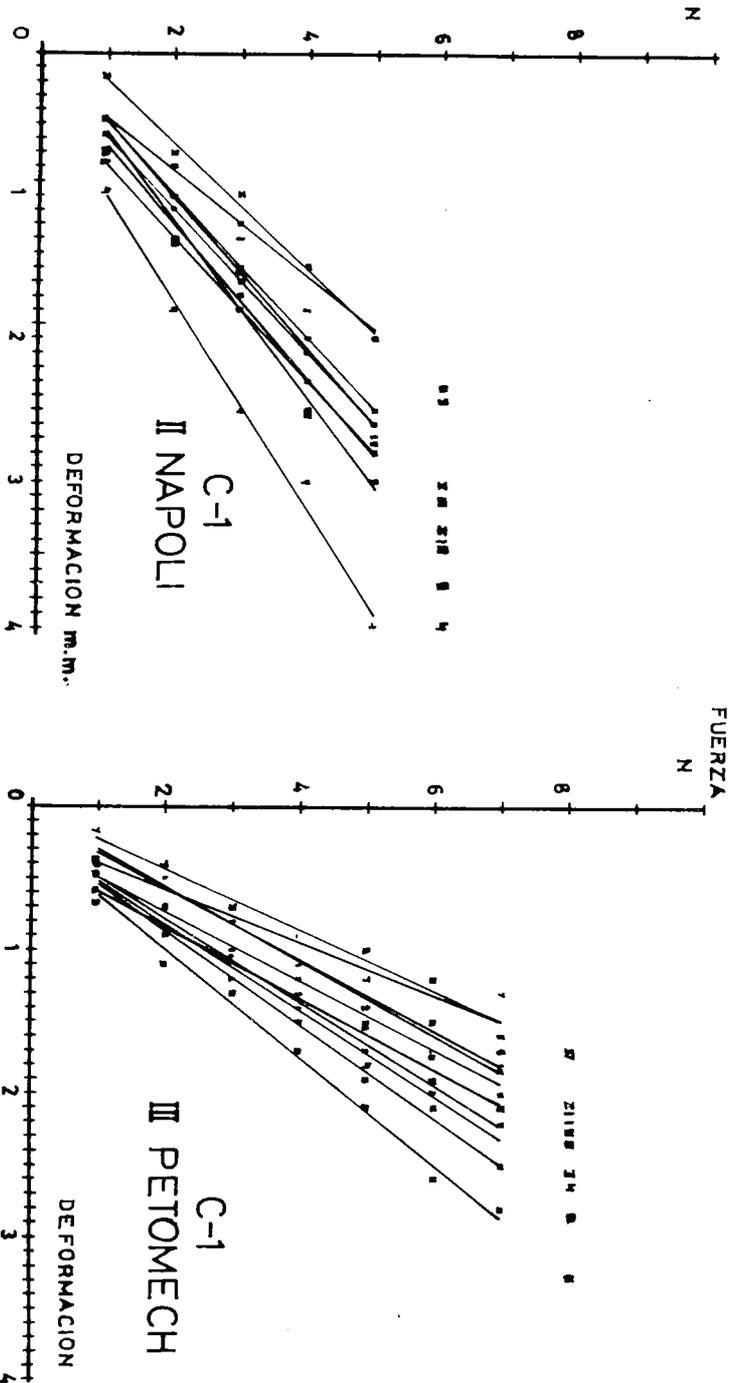


Figura 2. - Rectas de regresión de la compresibilidad para dos variedades.

esférica.

Por medio de un ordenador Hewlett Packard 30 se obtuvo la recta de regresión de los puntos determinados para cada fruto, considerándose el coeficiente b de regresión, es decir, la pendiente de esa recta, como el valor de "compresibilidad" del fruto (figura 2). Los valores de compresibilidad se analizaron seguidamente por medio de análisis de varianza.

En el ensayo de rotura por aplastamiento, la compresión se realizó según la dirección del eje de simetría. La razón es que en este caso no se intenta obtener valores de la deformabilidad específica del fruto, sino su resistencia como tal fruto entero al aplastamiento, con deformaciones importantes. (Si se intenta el aplastamiento en la dirección perpendicular al eje de simetría, la rotura se produce en algunas variedades por la cicatriz, dependiendo de las características de ésta, con lo que este ensayo constituirá más bien la determinación de la resistencia de esta última; cf. Discusión).

Ensayos de punción.

Con el mismo aparato compresiómetro-tensiómetro (descrito en el apartado correspondiente a ensayos de-

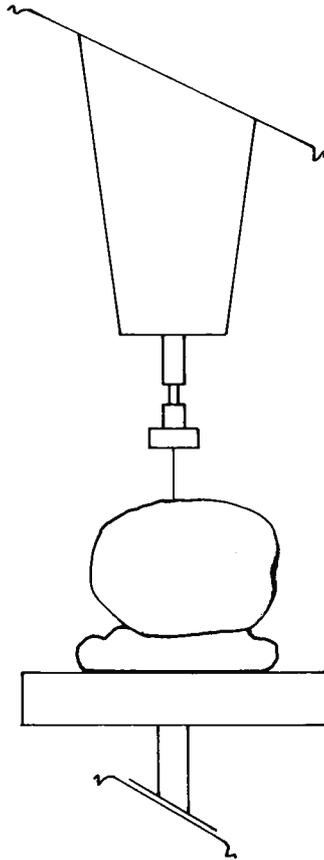


Figura 3. - Punción de los frutos con el mismo aparato de la figura 1.

compresión) se realizaron las determinaciones de fuerza de punción, acoplado al mismo un troquel o punzón de base plana de 0,6 mm de diámetro (fig. 3). Se registró en cada fruto un total de cinco puntos, en la zona ecuatorial. Se realizó la penetración, en la velocidad mínima de ascenso de la plataforma, anotando la fuerza máxima en la rotura.

Ensayos de impacto.

- Péndulo de ensayos.

En principio, un péndulo horizontal puede estudiarse como una masa m , que gira alrededor de un centro O un ángulo Θ . Sin embargo, se ha supuesto de forma simplificada que el impacto es el producido por la masa total del péndulo como si estuviera concentrada en el centro de gravedad del mismo, que cae libremente a la altura correspondiente al ángulo de que se trate. -- Con esto, el impacto se asemeja al de la caída libre.

Realizado el cálculo del centro de gravedad del conjunto y de la masa total del péndulo, se obtienen los valores de la energía y la velocidad de impacto: La tabla de la página siguiente, recoge los valores del impacto para ángulos de 5° a 45° , crecientes de 5 en 5 -- grados.

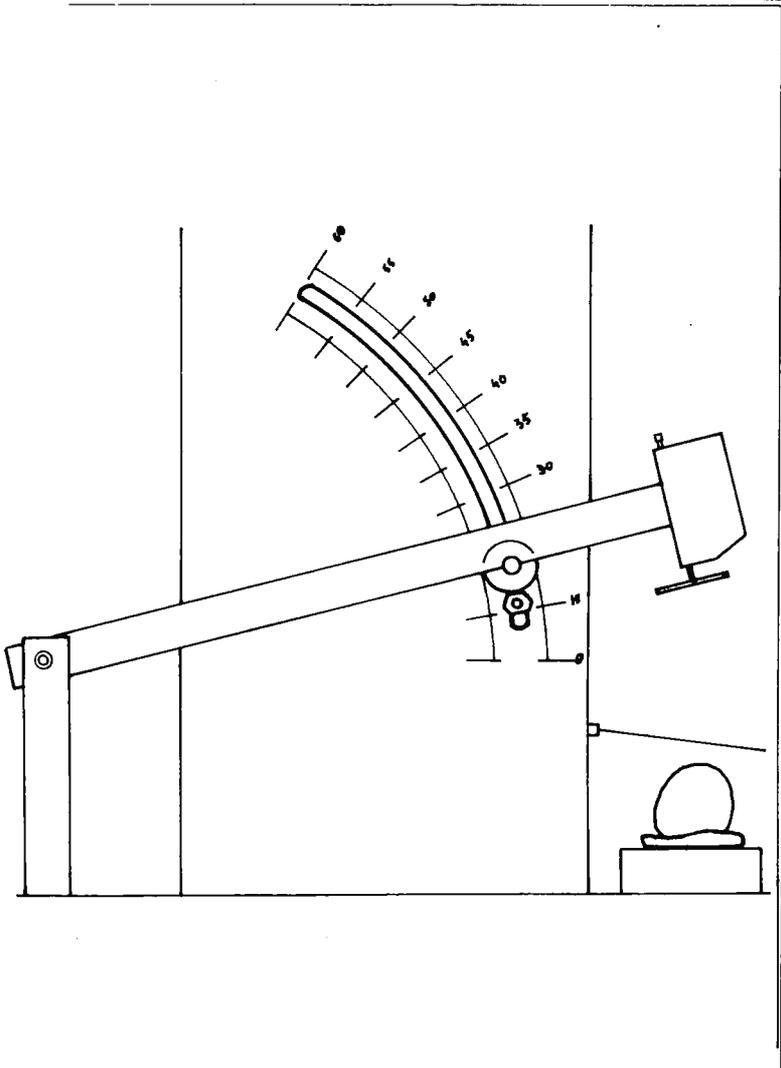


Figura 4. - Péndulo para el ensayo de resistencia de los frutos a impactos.

Tabla de Constantes del impacto

<u>Angulo</u> (grados)	<u>Energía del impacto</u>		<u>Velocidad</u>
	(kg. m)	(N. m)	(m/s)
5	0,0148	0,1415	0,92
10	,0295	,2893	1,29
15	,0440	,4312	1,58
20	,0581	,5698	1,81
25	,0718	,7041	2,02
30	,0850	,8330	2,19
35	,0975	,9556	2,35
40	,1093	1,0709	2,49
45	,1202	1,1780	2,61

El péndulo consta básicamente de una columna-so--
 porte de tubo cuadrangular de hierro de 21,5 cm de --
 longitud, en cuyo extremo superior, por medio de un -
 rodamiento a bolas, se ha fijado una barra de material
 plástico (Fig. 4). En el extremo de ésta pueden acoplarse
 se distintas masas de peso determinado, en las cuales
 se fija, sobre un tornillo, el disco u otra pieza para -

el impacto. El fruto va colocado en una plataforma encajada sobre una rosca de gran diámetro, la cual permite la colocación de la misma a la altura necesaria; el fruto se apoya sobre la plataforma por medio de un anillo de plastilina (utilizado también en el aparato de compresión), el cual permite también una cierta corrección en altura: el borde superior del fruto, donde se aplica el impacto, ha de coincidir con un indicador, fijo al cero de la escala.

En la posición del ángulo determinado, el péndulo queda apoyado sobre un pestillo móvil, que constituye el núcleo de una bobina eléctrica; al conectar a ésta la corriente, por medio de un interruptor manual, el núcleo o pestillo es atraído hacia la bobina, y el péndulo, liberado, desciende instantáneamente por su propio peso. Con este sistema es muy sencillo realizar gran número de impactos en poco tiempo, y con precisión de altura y velocidad (caída libre).

Cultivo.

Los frutos ensayados se obtuvieron de tres cultivos consecutivos de distintas variedades.

Se realizaron dos fases de cultivo en invernadero, y una tercera en campo, consiguiéndose así tres épocas -

de recolección de frutos, para la realización de los ensayos.

Maduración de los frutos.

Los resultados de las pruebas o ensayos de madu-ración de los frutos de tomate indicaron que la recolección de los frutos uniformes en grado de madurez 5 (cf. el mismo anejo) y su maduración durante seis días en condiciones controladas resulta ser, según estas pruebas, la técnica más conveniente para la obtención de frutos en estado de madurez uniforme:

3. RESULTADOS

Ensayos de compresión.

La tabla nº 1 muestra la compresibilidad, o resistencia a la compresión de tres variedades cultivadas en invernadero. Los valores representan la pendiente de las rectas de regresión fuerza-deformación representadas en la figura nº 2 (menor pendiente = menor resistencia).

En los distintos ensayos de compresión realizados, el orden de las tres variedades se conserva sistemáticamente, aunque existiendo diferencias de hasta 80 g/mm en alguna variedad, de unos a otros ensayos.

Tabla 1. Valores medios de compresibilidad para -- tres variedades.

Variedad	(g/mm)	Error típico	(N/mm)	Significación (1%)
I Mecheast	344, 75	13, 16	3, 37	(a)
II Napoli	203, 23	4, 66	4, 66	(b)
III Petomech II	389, 51	8, 22	8, 22	(a)

La compresibilidad de los frutos resultó en todos los casos independiente del tamaño de los mismos, así como de su forma. Se observó solamente cierta irregularidad en los valores para la variedad VF 65-433, la forma de cuyos frutos es absolutamente anómala: muy alargados (factor de forma = $\frac{\phi \text{ máx. longitudinal}}{\phi \text{ máx. transversal}}$ hasta 2,44).

Las diferencias entre variedades resultaron significativas en todos los ensayos. Entre las tres variedades del primer cultivo, Napoli resultó significativamente menos firme, y Petomech II más firme, en los diversos ensayos.

Los valores medios de compresibilidad de las 10 variedades cultivadas en el campo son los detallados en la primera columna del cuadro-resumen (tabla nº 2).

El efecto del sistema de maduración de los frutos (total en planta, o recogido semimaduro y madurado en el laboratorio) no resultó en general significativo sobre los valores de compresibilidad. No apareció una disminución detectable de la compresibilidad al aumentar el grado de sobremadurez.

La técnica utilizada para la determinación de la compresibilidad resulta no destructiva, en el sentido de que no produce ningún daño detectable sobre los frutos de toma

Tabla 2. Resumen de las propiedades físicas
tomate cultivadas en el campo.
(Ensayos distintos).

<u>Variedad</u>	<u>Compresibilidad</u>		<u>f. punción</u>	
	(g/mm)	(N/mm)	<u>epidemis</u>	
			(g)	(N)
11 Petomech II	389,51	3,81	108,1	1,06
12 Napoli	203,23	1,99	86,4	0,85
13 Mecheast 55	344,75	3,37	92,7	0,91
14 VF-145-21-4 S	317,65	3,11	72,7	0,71
15 Roma VF	233,48	2,28	90,1	0,88
16 H-324-1	—	—	110,2	1,08
17 Ventura	231,30	2,26	99,8	0,98
18 Chef	255,20	2,50	71,6	0,70
19 H-4016	314,21	3,08	101,2	0,99
20 H-2274	352,64	3,45	103,9	1,02

determinadas para las diez variedades de

Resistencia a impactos		Tamaño	
nº medio hasta rotura	energía total (N. m)	Ø máx. long. (mm)	Ø máx. trans. (mm)
3,4	1,36	51,10	44,59
2,8	1,15	57,25	38,38
3,0	1,21	60,21	42,52
2,2	0,88	49,25	49,82
2,2	0,89	57,11	38,30
2,7	1,08	58,82	35,27
2,4	0,99	56,68	39,24
1,9	0,78	44,74	49,64
2,4	0,96	56,70	40,03
3,6	1,44	48,22	49,49

te, ni inmediato, ni al cabo de hasta 15 días de almacenamiento a 20°C.

Los valores obtenidos con el aparato Chatillon utilizado se corresponden positivamente con los que resultan de los gráficos obtenidos en la máquina universal--Instron.

El ensayo de rotura por compresión indicó diferencias de resistencia hasta rotura muy significativas. La rotura se produjo siempre en una grieta longitudinal, a partir de la zona de diámetro transversal máximo.

No ha resultado ninguna evidencia de que las condiciones de cultivo de las plantas (campo o invernadero) tengan influencia sobre la compresibilidad, u otras propiedades de los frutos ensayados.

La menor firmeza de la variedad Napoli se relacionó en repetidos ensayos con una menor conservabilidad (= resistencia al almacenamiento al aire).

Ensayos de punción.

La fuerza de punción (f. p.) resultó diferente entre la zona del extremo floral del fruto y la zona del diámetro máximo (más baja en la primera).

El efecto del grado de sobremadurez sobre la f. p. es de una disminución de la misma, sin que exista una disminución paralela de la compresibilidad o firmeza de los mismos frutos. Resultó una apreciable correlación entre los valores medios de compresibilidad y de fuerza de punción por variedades (tabla 3); los datos correspondientes a frutos individuales no presentan esta correlación.

Tabla 3. Relación entre fuerza de punción y compresibilidad. 5 Frutos por variedad.

<u>Variedad</u>	<u>Compresibilidad</u>		<u>F. de punción</u>	
	(g/mm)	(N/mm)	(g)	(N)
I Mecheast	235, 23	2, 30	118, 8	1, 16
II Napoli	165, 03	1, 61	107, 7	1, 05
III Petomech II	320, 00	3, 14	143, 2	1, 40
Error típico: 9, 49 g				

No existe, como en el caso de la compresibilidad, efecto significativo del sistema de maduración empleado.

Las diferencias de f.p. para las diez variedades -- cultivadas en el campo resultan también muy significativas (tabla 4), variando entre 71,6 g para la variedad Chef y 110,2 g para la variedad H-324-1.

Tabla 4. Valores medios de fuerza de punción de --
10 variedades cultivadas en el campo (10 frutos por variedad).

<u>Variedad</u>	<u>Fuerza de punción</u>		<u>Significación</u> <u>al 1%</u>
	(g)	(N)	
18 Chef	71,6	0,70	a
14 VF-145-21-4S	72,7	0,71	a
12 Napoli	86,4	0,85	b
15 Roma VF	90,1	0,88	b
13 Mecheast 55	92,7	0,91	b c
17 Ventura	99,8	0,98	c d
19 H-4016	101,2	0,99	d e
20 H-2274	103,9	1,02	d e f
11 Petomech II	108,1	1,06	e f
16 H-324-1	110,2	1,08	f
Error típico: 5,03 g			

Ensayos de impacto.

Entre las tres variedades del primer cultivo, ni Mecheast ni Napoli pueden resistir sin rotura un solo impacto de 0,4 N.m, equivalente a 0,5-0,8 m de altura de caída libre, en la posición "eje de simetría verti--cal", y en las condiciones de ensayo indicadas. La variedad Petomech II, sin embargo, podría resistir al--menos dos impactos de esta energía, sin rotura.

El ensayo que incluye las diez variedades cultivadas en el campo (ver tabla 2) muestra que estos frutos podrían recibir entre 1 y 4 impactos desde una altura de caída libre de 70 cm a 1,1 m, dependiendo de la va--riedad.

4. DISCUSION

Las propiedades mecánicas de los productos agrícolas pueden medirse de forma directa por medio de los ensayos de fuerza-deformación (Mohsenin et al. 1963). Los tejidos vegetales están constituidos por células unidas por sus paredes por medio de sustancias cementantes (pectinas, que constituyen la estructura resistente). El grosor de las paredes depende de las sustancias depositadas en ellas, principalmente celulosa, hemicelulosa y lignina. En el caso de manzanas, peras, y otros productos de consistencia similar pueden estudiarse sus propiedades mecánicas a base de preparar probetas, - que pueden ser perfectamente regulares, análogamente a las que se ensayan en otros materiales de ingeniería. En el caso de frutos sin esa consistencia, como el tomate y la cereza, el estudio ha de realizarse sobre frutos enteros. Se han utilizado dos métodos teóricos para obtener las curvas de fuerza-deformación en este tipo de frutos (Fischer, 1968):

1. Compresión de un cuerpo esférico por medio de un disco plano.
2. Compresión del producto por medio de un pequño troquel cilíndrico, plano en su base.

Las implicaciones teóricas para la aplicación de las ecuaciones de deformación de una esfera por medio de un disco plano desarrolladas por Hertz (1896, citado - por Fischer) y Timoschenko and Goodier (1951) son las siguientes:

1. El disco es incompresible.
2. La curvatura de la esfera es uniforme.
3. La deformación es muy pequeña en relación al - radio de la esfera.

Estas son las condiciones que se dan en los ensa--yos realizados con el tomate, asumiendo que éste es u na superficie esférica en la zona de contacto (lo que -- en ciertas variedades puede presentar problemas) como se indica más adelante, y que son las propuestas más recientemente como norma por Arnold et al. (1971).

El parámetro "elasticidad" se refiere a la deforma ción que es recuperable tras deformaciones repetidas. Como en este estudio se ha realizado una sola defor--mación, el parámetro calculado a partir de la zona --recta o inicial de las curvas de compresión-deforma--ción (en nuestro caso: pendiente de la recta de regre--sión de los valores de fuerza-deformación) es más pro--piamente, la "compresibilidad", o más impropriamente,

dureza o firmeza del fruto.

Los valores de compresibilidad de los frutos obtenidos para las distintas variedades deben presentar fundamentalmente una validez comparativa. Philouze(1975) indica hasta qué punto influye la variación estacional, y entre diferentes ensayos, en la variabilidad de las medidas de compresibilidad (determinadas por penetración de un troquel de 8 mm de diámetro). Por ello, expresa la compresibilidad o "firmeza", en porcentaje respecto a un testigo. En nuestros ensayos se observa sin embargo una concordancia de resultados muy alta para frutos procedentes de los mismos cultivos (o parcelas), incluso variando la fecha de determinación o el sistema de maduración. Es considerable la influencia de la variabilidad de las condiciones de los frutos sobre los valores obtenidos, especialmente si se contemplan ensayos diferentes: condiciones que son difíciles de controlar y que hemos tratado de fijar:

Temperatura y humedad: es necesario poder medirlas y controlarlas, tanto en el ambiente como en los frutos, especialmente para controlar la maduración de los mismos, cuya variabilidad es otra causa de error en las determinaciones.

La forma de los frutos: especialmente en las formas extremas (frutos muy alargados, cuyos costados laterales resultan casi cilíndricos) puede desvirtuar las medidas de compresibilidad por medio de disco plano. En estos casos es más conveniente la compresión por medio de una pieza esférica, con la cual la curvatura de la superficie del fruto tiene menor influencia. El análisis teórico de este tipo de contacto está también realizado (Arnold y Mohsenin, 1971). Este ensayo resultará no-destructivo, y más cercano al del disco plano, si los radios de curvatura de pieza y fruto son análogos.

En el caso de realizar compresión por medio de disco plano deberá medirse el radio de curvatura de la zona de compresión.

En los ensayos realizados se ha partido del supuesto de que la variabilidad de las dimensiones de la zona de contacto es pequeña respecto a otras causas de variación, lo que puede considerarse cierto, salvo en casos extremos de frutos muy alargados (VF 65-433).

Los resultados de todos los ensayos evidencian la repetitividad y consistencia de las determinaciones realizadas con el aparato dinamométrico utilizado. Su versatilidad y sencillez lo hacen apto para su utilización in-

cluso en condiciones fuera del laboratorio (almacenes, fábricas). Por otro lado, se ha comprobado la correspondencia entre los resultados obtenidos con el mismo respecto a los de la máquina universal de ensayos Instron. El interés de esta última para el laboratorio de ensayos está universalmente aceptado por su alta capacidad de control -que aumenta ampliamente la precisión- y la posibilidad de variación de todas las condiciones de los ensayos de estos materiales. Resultados que coinciden con los obtenidos por Sobotka et al. (1972), comparando un sencillo aparato compresiómetro provisto de pieza de compresión esférica, con el Instron.

Dados los altos coeficientes de correlación obtenidos en la totalidad de los ensayos de fuerza-deformación, y en base a los gráficos de los mismos, puede pensarse en la simplificación de la determinación de la deformabilidad de cada fruto a base de reducir los puntos de determinación de dicha fuerza-deformación a dos o tres solamente, de la forma siguiente:

- 1º) Deformación para compresión a 200 g.
- 2º) " " " " " 500 g. Si esta deformación no llega a los 2 mm.
- 3º) Deformación para compresión a 800 g.

Los resultados del ensayo de rotura por aplastamiento son acordes con los obtenidos por Miles et al. (1968). El hecho de que la grieta se produzca siempre en sentido longitudinal indica que la piel es el elemento resistente, y que falla debido a la tensión producida en el ecuador del fruto como consecuencia del aumento de su longitud. Es de destacar, que en el caso de que el aplastamiento se produzca en dirección perpendicular al eje de simetría, la grieta (que aparece en la zona de la cicatriz en las variedades que la tienen especialmente vulnerable) también se forma en la dirección de la carga. En este caso de impacto en posición transversal, sin embargo, hemos observado que en ciertos casos se producen grietas transversales, partiendo de la zona de la cicatriz.

Al relacionar los valores de la fuerza de compresión con la superficie de compresión medida en tres de las variedades se observa que al transformar las fuerzas en presiones (g/unidad de superficie) los valores relativos varían considerablemente. En todo caso, la fuerza (por ejemplo, el peso) que pueden soportar los frutos de tomate de distintas variedades varía entre 276 y 861 gramos. Sería conveniente conocer el aumento de diámetro transversal resultante durante el aplastamiento.

tamiento, factor que puede ser fundamental en el análisis de la resistencia de los frutos al aplastamiento. El ensayo realizado, no evidencia una correlación entre esta fuerza de aplastamiento hasta rotura y la resistencia de la piel (fuerza de punción).

Fischer (1968) utilizó troqueles finos de diámetros entre 0,4 y 1,5 mm para la punción de la epidermis de cerezas, determinando la fuerza máxima o fuerza de punción. Las fuerzas obtenidas para cada troquel-- fueron convertidas en fuerzas por unidad de longitud -- del perímetro basal del mismo, obteniéndose valores similares en todos ellos, excepto el menor, considerado como demasiado fino. Con este sistema se supone-- que la fuerza determinada corresponde a la resistencia combinada a la tracción y al esfuerzo cortante; es por otro lado, imitativa de la penetración del fruto por -- cualquier objeto punzante.

La técnica utilizada para la determinación de la re sistencia a la punción de la epidermis de frutos de tomate ha resultado apropiada, pues con el método utilizado, indica diferencias consistentes entre las variedades ensayadas. Los trabajos publicados de resistencia de la epidermis del tomate, ya sean por punción o por distintas formas de tracción no han llegado a resulta--

dos precisos sobre las características de la epidermis de las distintas variedades. El ensayo de muestras de piel (cuya preparación es costosa y hace que el ensayo esté mucho más sujeto a error) no ha dado tampoco resultados consistentes. En los ensayos de punción realizados, la influencia de las características de compresibilidad del fruto entero han sido contrastadas sistemáticamente con los datos de fuerza de punción de la epidermis. Influyen además las características elásticas y de resistencia a esfuerzo cortante del sustrato carnoso, en el punto de punción.

En los distintos ensayos, la fuerza de punción determinada se encuentra entre 70 y 170 g, que resultan en unas presiones en la base del punzón entre 250 y 600 g/mm^2 aproximadamente. Estas son mucho mayores que las presiones ejercidas en los ensayos de compresibilidad (entre $0,32$ y $2,23 \text{ g/mm}^2$).

Los órdenes de magnitud de las presiones son por tanto de 300-1000 a 1, de los que se deduce que las diferencias de compresibilidad de los frutos no pueden influir sobre los valores de la fuerza de punción de la epidermis.

No es sin embargo imposible que: 1º) las condicio-

nes de los tejidos que son responsables de que éstos resulten resistentes sean las mismas tanto para la pulpa como para la epidermis; 2º) que las transformaciones que se producen en los tejidos al avanzar la madurez de los frutos, haciéndolos menos resistentes, sean las mismas para ambos componentes (pulpa y epidermis).

Existe empero, otro punto no aclarado, y es el de hasta qué límite las características de la piel influyen en los valores de compresibilidad determinados.

Es importante el hecho de que la variedad que presenta menor resistencia, tanto a agrietamiento, como a almacenamiento y a daños por impacto es la variedad Chef, cuya fuerza de punción de la epidermis es la más baja, de forma sistemática. Es posible concluir que las técnicas de punción de la epidermis indican de forma válida la resistencia de ésta y son adecuadas para la predicción de la resistencia del fruto a la manipulación.

Es conocido que la causa principal de los daños -- producidos a los frutos en la recolección mecánica son los impactos, por ejemplo: vibraciones para el desprendimiento de los frutos, según diferentes sistemas, --

que los hacen "saltar" una altura más o menos grande; caída de los frutos desde una cinta transportadora (cosechadoras), o plataforma elevadora (limpiadoras y clasificadoras) a otro recipiente o transportador; descarga desde la cosechadora al remolque o cajón, etc. -- (Fridley et al., 1964).

Las condiciones de tensión creadas en un material cualquiera, son diferentes en el caso de cargas rápidas (impactos) que en el de cargas lentas (compresión estática). Esto tiene más incidencia en el caso de los frutos, materiales de naturaleza viscoelástica (que implica una variación del esfuerzo según la velocidad de aplicación del mismo).

Los ensayos estáticos nos sirven para determinar las características elásticas de estos materiales, las cuales a su vez son responsables del comportamiento de los mismos bajo cargas dinámicas, es decir, impactos.

Las velocidades de impacto que se consiguen con el péndulo utilizado son equivalentes a las de la caída libre de los mismos frutos ensayados. Podemos simular por tanto los daños producidos a los frutos por caída libre de los mismos.

No está todavía totalmente claro qué componente del impacto es el causante directo del daño. Se supone generalmente que es la energía transmitida al fruto, la cual, si traspasa un cierto límite, produce el daño -- (Fluck et al., 1972; O'Brien, 1974), pero en ciertos casos el daño producido ha sido más estrechamente proporcional a la velocidad que a la energía (Fluck et al., 1973). La fuerza producida por el impacto es aquí un término poco claro, pues si se tiene algún sistema para medir la fuerza en la base del fruto golpeado, se observa que el daño es en principio proporcional a la misma; pero la fuerza disminuye al disminuir la compresibilidad o firmeza del fruto, y sin embargo en este caso el daño producido es mayor.

Aquí hemos utilizado como valor comparativo de resistencia la energía total absorbida, siendo ésta acumulativa en el caso de varios impactos sobre el mismo fruto (y en la misma zona).

Como consecuencia de los ensayos de impacto, realizados en diferentes posiciones del fruto hay que concluir que en el caso de impacto lateral es esencial el efecto de la mayor o menor resistencia de la zona de la cicatriz. Este hecho será fundamental en el estudio de la resistencia de los frutos de tomate.

Sin embargo, en la posición longitudinal (eje de simetría vertical) al no existir prácticamente tensiones en la zona de la cicatriz, la resistencia a la rotura indicará básicamente la de la epidermis intacta de la zona periférica transversal máxima, en condiciones dinámicas (= impacto), y ligada esta resistencia a las características de compresibilidad del fruto. En la tabla 2 se han relacionado los resultados de energía total absorbida hasta la rotura con el resto de características, en valores medios. Estudiadas estas relaciones se llega a los coeficientes de correlación, significativos al nivel del 5%:

Nº medio de impactos - fuerza de punción: $r = 0,66$

" " " " - compresibilidad: $r = 0,62$

resultando nulos los calculados para el resto de los factores de la tabla. Es evidente que la resistencia a impactos depende de la resistencia a la punción de la piel y de la compresibilidad de los frutos, o de alguna combinación entre ambos factores.

Convirtiendo los valores de la energía total de impacto absorbida en impactos de 0,14 N.m, equivalentes a la altura de caída libre de 25-35 cm, el intervalo de variabilidad es de 7 a 19 impactos, diferencia muy con

siderable para enjuiciar la resistencia de las diferentes variedades a manipulación mecánica.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANAÏS G. 1971. Recherche d'une méthode pratique de sélection pour la fermeté du fruit chez la tomate. Annales de l'Amélioration des Plantes (1971) 21(2): 169-178.
- ANGLE T. L. y M. O'BRIEN 1974. Investigations of Mechanisms of tomato damage in bulk loads. Transactions of the ASAE. 17(3) 564-569.
- ARNOLD P. C. y N. N. MOHSENIN 1971. Proposed techniques for axial compression tests on intact agricultural products of convex shape. Trans. ASAE. 14(1) 78-84.
- BATAL K. M., J. L. WEIGLE y D. C. FOLEY 1970. Relation of stress-strain properties of tomato skin to cracking of tomato fruit. Hort. Science. 5(4) --- 223-224.
- EL SAYED N. K. y H. T. ERICKSON 1967. Pectic substances in tomatoes as related to whole-fruit firmness, and inheritance. J. Sci. Fd. Agric. (1967) -- 18, 156.
- FISCHER R. R., VON ELBE, SCHULER, BRUHN y MOORE 1968. Some mechanical properties of sour cherries. ASAE paper nº 68-344.

- FLUCK R. C. 1971. Simulation of sand penetration of tomatoes. Fla. State Hort. Soc. (1971) 112-116.
- FLUCK R. C. y D. D. GULL 1972. Mechanical properties of tomatoes affecting harvesting and handling damage. Fla. State Hort. Soc. (1972) 160-165.
- FLUCK R. C. y L. H. HALSEY 1973. Impact forces and tomato bruising. Fla. State Hort. Soc. (1973) 238-242.
- FRAZIER W. A. 1934. A study of some factors associated with the occurrence of cracks in the tomato fruit. Proc. Am. Soc. for Hort. Sci. 32:519.
- FRIDLEY R. B., H. GOEHLICH, L. L. CLAYPOOL y P. A. ADRIAN 1964. Factors affecting impact injury to mechanically harvested fruit. -- Trans. of ASAE. 9:1:135:38, 142.
- FRIDLEY R. B., R. A. BRADLEY, J. W. REMSEY y P. A. ADRIAN 1968. Some aspects of elastic behavior of selected fruits. Trans. ASAE. vol. 11(1) 46-49.
- GARRETT A. W. y N. W. DESROSIER et al. 1960. Evaluation of instruments to measure firmness of tomatoes. Food Technology. 14:562.
- HALL C. B. 1964. Firmness and color of some tomato varieties during ripening and according to harvest dates. Proc. Am. Soc. for Hort. Sci. (1964) ----- 84, 507-512.

- HALSEY L. H. 1955. Preliminary studies of bruising-of "turning" and "pink" tomatoes caused by handling practices. -- Proc. Fla. State. Hort. Soc. --- 68:240-243.
- HALSEY L. H. 1963. Studies of tomato bruising. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 83:710.
- HAMSON A. R. 1952. Factors which condition firmness in tomatoes (differences in calcium and pectic substances). -- Food Res. 17 370-379.
- HAMSON A. R. 1952. Measuring firmness of tomatoes in a breeding program. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. (1952) --- 60, 425-433.
- HENRY Z. A. y W. H. ALLEN 1974. Use of hydrostatic pressure in development of stress strain information for tomato skins. Trans. ASAE. ---- 17:787-789 y 792.
- HORSFIELD B. C., P. B. FRIDLEY y C. L. CLAYPOOL 1970. Application of theory of elasticity to the design of fruit harvesting and handling equipment for minimum bruising ASAE Paper N° 70-811.
- JOHANNESSEN G. A. 1949. Skin punkture studies of -- red ripe tomatoes. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 54:272-76.
- KATTAN A. A. 1957. Changes in color and firmness during ripening of detached tomatoes, and the use of a new instrument -- for measuring firmness. Proc. -- Am. Soc. for Hort. Sci. 70(1957) 379-384.

- MILES J. A. , R. B. FRIDLEY y C. LORENZEN 1968. Strength characteristics of tomatoes subjected to quasi-static loading. ASAE Paper. nº 68-328.
- MOHSENIN N. N. y H. GÖHLICH 1962. Techniques for determination of mechanical properties of fruits and vegetables - as related to design and development of harvesting machinery. -- J. Agr. Engng. Res. 7(4) 400-415.
- MOHSENIN N. N. , H. E. COOPER y L. D. TUKEY 1963. Engineering approach to evaluating textural factors in fruits and vegetables. Trans. ASAE. 6(2) -- 85-88.
- O'BRIEN M. y L. L. CLAYPOOL et al. 1965. Causes of fruit bruising on transport -- trucks. Hilgardia. 35(6) 113-124.
- O'BRIEN M. y R. B. FRIDLEY 1968. Measurement of vibration relating to harvesting - and handling fruits and vegetables. ASAE Paper. nº 68-517.
- O'BRIEN M. , W. B. GODDARD y S. GYASI 1971. Tomato damage during harvesting - and handling. ASAE Paper. ----- nº 71-138.
- O'BRIEN M. 1974. Damage losses in handling processing tomatoes in bulk. Trans. --- ASAE. 17(3) 583-586.
- PHILOUZE Jacqueline 1975. Fermeté des fruits de tomate. Hort. et Pépiniéristes. --- (Sept. 1975).

- SHAFSHAK S. A. y G. W. WINSOR 1964. A new instrument for measuring the compressibility of tomatoes, and its application to the study of factors affecting fruit firmness. J. Hort. Sci. 39, 284-297.
- SOBOTKA F. E., A. E. WATADA y R. G. DIENER 1972. Effectiveness of the pressure-load meter in measuring firmness of tomato fruit. Hort. Sci. 7(1) 34-36.
- STEVENS M. A. 1975. (Comunicación personal: Carta: 29 de Diciembre de 1975).
- VOISEY P. W. y L. H. LYALL 1964. Methods of determining the strength of tomato skins in relation to fruit cracking. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. ---- 86, 557-563.
- VOISEY P. W., L. H. LYALL y M. KLOEK 1970. Tomato skin strength. Its measurement and relation to cracking. -- J. Am. Soc. Hort. Sci. 95(4) --- 485-488.
- ZOERB G. C. 1967. Instrumentation and measurement techniques for determination of physical properties of agricultural products. Trans. ASAE. 10(1) 100-109.



FUNDACION JUAN MARCH
SERIE UNIVERSITARIA

Títulos Publicados:

- 1.— *Semántica del lenguaje religioso / A. Fierro*
(Teología. España, 1973)
- 2.— *Calculador en una operación de rectificación discontinua/A. Mulet*
(Química. Extranjero, 1974)
- 3.— *Skarns en el batolito de Santa Olalla/F. Velasco*
(Geología. España, 1974)
- 4.— *Combustión de compuestos oxigenados/J.M. Santiuste*
(Química. España, 1974)
- 5.— *Películas ferromagnéticas a baja temperatura/José Luis Vicent López*
(Física. España, 1974)
- 6.— *Flujo inestable de los polímeros fundidos/José Alemán Vega*
(Ingeniería. Extranjero, 1975)
- 7.— *Mantenimiento del hígado dador in vitro en cirugía experimental*
José Antonio Salva Lacombe (Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1973)
- 8.— *Estructuras algebraicas de los sistemas lógicos deductivos/José Plá Carrera*
(Matemáticas. España, 1974)
- 9.— *El fenómeno de inercia en la renovación de la estructura urbana.*
Francisco Fernández-Longoria Pinazo (Urbanización del Plan Europa 2.000
a través de la Fundación Europea de la Cultura)
- 10.— *El teatro español en Francia (1935—1973) / F. Torres Monreal*
(Literatura y Filología. Extranjero, 1971)
- 11.— *Simulación electrónica del aparato vestibular/J.M. Drake Moyano*
(Métodos Físicos aplicados a la Biología. España, 1974)
- 12.— *Estructura de los libros españoles de caballerías en el siglo XVI.*
Federico Francisco Curto Herrero (Literatura y Filología. España, 1972)
- 13.— *Estudio geomorfológico del Macizo Central de Gredos*
M. Paloma Fernández García (Geología. España, 1975)
- 14.— *La obra gramatical de Abraham Ibn c Ezra/Carlos del Valle Rodriguez*
(Literatura y Filología. Extranjero, 1970)

- 15.— *Evaluación de Proyectos de Inversión en una Empresa de producción y distribución de Energía Eléctrica.*
Felipe Ruíz López (Ingeniería. Extranjero, 1974)
- 16.— *El significado teórico de los términos descriptivos*/Carlos Solís Santos
(Filosofía. España, 1973)
- 17.— *Encaje de los modelos econométricos en el enfoque objetivos-instrumentos relativos de política económica.*/ Gumersindo Ruíz Bravo
(Sociología. España, 1971)
- 18.— *La imaginación natural (estudio sobre la literatura fantástica norteamericana).* / Pedro García Montalvo
(Literatura y Filología. Extranjero, 1974)
- 19.— *Estudio sobre la hormona Natriurética.* / Andrés Purroy Unanua
(Medicina, Farmacia y Veterinaria. Extranjero, 1973)
- 20.— *Análisis farmacológico de las acciones miocárdicas de bloqueantes Beta-Adrenérgicos.*/ José Salvador Serrano Molina
(Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1970)
- 21.— *El hombre y el diseño industrial.*/Miguel Durán-Lóriga
(Artes Plásticas. España, 1974)
- 22.— *Algunos tópicos sobre teoría de la información.*/ Antonio Pascual Acosta
(Matemáticas. España, 1975)
- 23.— *Un modelo simple estático. Aplicación a Santiago de Chile*
Manuel Bastarache Alfaro (Arquitectura y Urbanismo. Extranjero, 1973)
- 24.— *Moderna teoría de control: método adaptativo-predictivo*
Teoría y realizaciones. /Juan Manuel Martín Sánchez
(Ingeniería. España, 1973)
- 25.— *Neurobiología (I Semana de Biología. Conferencias-coloquio sobre Investigaciones biológicas 1977)*
- 26.— *Genética (I Semana de Biología. Conferencias-coloquio sobre Investigaciones biológicas 1977)*
- 27.— *Genética (I Semana de Biología. Conferencias-coloquio sobre Investigaciones biológicas 1977)*
- 28.— *Investigación y desarrollo de un analizador diferencial digital (A.D.D.) para control en tiempo real.* /Vicente Zugasti Arbizu
(Física. España, 1975)
- 29.— *Transferencia de carga en aleaciones binarias.*/ Julio A. Alonso
(Física. Extranjero, 1975)
- 30.— *Estabilidad de osciladores no sinusoidales en el rango de microondas.* / José Luis Sebastian Franco.
(Física. Extranjero, 1974)

31. – *Estudio de los transistores FET de microondas en puerta común.* Juan Zapata Ferrer. (Ingeniería. Extranjero, 1975).
32. – *Estudio sobre la moral de Epicuro y el Aristóteles esotérico.* / Eduardo Acosta Mendez (Filosofía. España, 1973)
33. – *Las Bauxitas Españolas como mena de aluminio.* / Salvador Ordoñez Delgado (Geología. España, 1975).
34. *Los grupos profesionales en la prestación de trabajo: obrero y empleados.* / Federico Durán López (Derecho. España, 1975)
35. – *Obtención de Series aneuploides (monosómicas y ditelosómicas) en variedades españolas de trigo común.* / Nicolás Jouve de la Barreda. (Ciencias Agrarias. España, 1975).
36. – *Efectos dinámicos aleatorios en túneles y obras subterráneas.* / Enrique Alarcón Alvarez. (Ingeniería. España, 1975).
37. – *Lenguaje en periodismo escrito.* / Fernando Lázaro Carreter, Luis Michelena Elissalt, Robert Escarpit, Eugenio de Bustos, Víctor de la Serna, Emilio Alarcos Llorach y Juan Luis Cebrián. (Seminario organizado por la Fundación Juan March los días 30 y 31 de mayo de 1977).
38. – *Factores que influyen en el espigado de la remolacha azucarera, Beta vulgaris L.* / José Manuel Lasa Dolhagaray y Antonio Silván López. (Ciencias Agrarias. España, 1974).
39. – *Compacidad numerable y pseudocompacidad del producto de dos espacios topológicos. Productos finitos de espacios con topologías proyectivas de funciones reales.* / José Luis Blasco Olcina (Matemáticas. España, 1975).
40. – *Estructuras de la épica latina.* / M^a. del Dulce Nombre Estefanía Alvarez. (Literatura y Filología, España, 1971).
41. – *Comunicación por fibras ópticas.* / Francisco Sandoval Hernandez (Ingeniería. España, 1975).
42. – *Representación tridimensional de texturas en chapas metálicas del sistema cúbico.* / José Antonio Pero-Sanz Elorz (Ingeniería. España, 1974).
43. – *Virus de insectos: Multiplicación, aislamiento y bioensayo de baculovirus.* / Cándido Santiago-Alvarez. (Ciencias Agrarias. Extranjero, 1976).
44. – *Estudio de mutantes de saccharomyces cerevisiae alterados en la biosíntesis de proteínas.* / Lucas Sanchez Rodriguez. (Biología. España, 1976).

45. – *Sistema automático para la exploración del campo visual.*
José Ignacio Acha Catalina (Medicina, Farmacia y Veterinaria.
España, 1975).

