

DAÑO MECÁNICO EN CUATRO CULTIVARES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) A TRES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN

CAPURRO, J.A.¹; CUENCA, I.²; EXILART, J.P.³; NOLASCO M.E.⁴

RESUMEN

Una de las principales causas de pérdida de calidad es debida al daño mecánico provocado por el movimiento de los tubérculos desde el lugar de procedencia en el campo hasta la industria, pasando por las distintas etapas de almacenaje y manejo hasta su destino final. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el daño causado por impactos provocados a tubérculos de cultivares utilizados por la industria o con aptitud industrial, mantenidos a diferentes temperaturas. El experimento se realizó en el laboratorio de Ingeniería Rural de la Unidad Integrada FCA – INTA Balcarce. Los cultivares utilizados fueron: Frital INTA, Kennebec, Russet Burbank y Shepody mantenidos a 4 °C, 8 °C y 18 °C. Se determinaron cuatro niveles de Daño Externo (DE), (SD = sin daño, DL = daño leve, DM = daño moderado, DS = daño severo) y el Daño Interno (DI)(volumen de daño interno). Los tubérculos fueron golpeados mediante un péndulo con una energía de 0.614 J. Se concluye que: 1) El cultivar Frital INTA se presenta como el más resistente al daño externo y Kennebec como el más susceptible; 2) Shepody y Frital INTA se presentan como los más suscepti-

¹ Fac. Cs. Agr. UNMdP CC 276 7620 Balcarce Pcia de Buenos Aires, Argentina Te.-fax ++54 - 2266 - 430456/430353/430311, jcapurro@balcarce.inta.gov.ar

² Fac. Cs. Agr. de la UNMdP.

³ Fac. Cs. Agr. de la UNMdP. CC 276 7620 Balcarce Pcia de Buenos Aires, Argentina, jexilart@balcarce.inta.gov.ar

⁴ Fac. Cs. Agr. de la UNMdP. CC 276 7620 Balcarce Pcia de Buenos Aires, Argentina, mnolasco@balcarce.inta.gov.ar

bles al daño interno y Kennebec como el más resistente; 3) los diferentes comportamientos ante las variaciones de temperatura estarían indicando la posibilidad de realizar manejos diferenciales de acuerdo con las combinaciones cultivar-temperatura empleadas.

Palabras claves: *daño externo, daño interno, péndulo, papa para industria.*

SUMMARY

MECHANICAL DAMAGE IN FOUR POTATO CULTIVARS STORED AT THREE TEMPERATURES

Mechanical damage is one of the most important causes of quality lost when they are handled. Starting in the field and finished at the industry with many steps in the middle. The objective of the present work was to measure the impact damage in four cultivars used in the industry (Frial INTA, Kennebec, Russet Burbank y Shepody), stored at three temperatures (4 °C, 8 °C y 18 °C). The experiment was carried out at the Agricultural Engineering Laboratory in the Unidad Integrada FCA – INTA Balcarce. Four External Damage (DE) levels was used: (SD=without damage; DL=minimum damage; DM= moderate damage; DS=severe damage) together with the Internal Damage (DI) An impact energy of 0,614 J was used with a pendulum. Was concluded 1) Frial INTA is the most resistant cultivar to DE meanwhile Kennebec is the most susceptible one to DE.2) Shepody and Frial INTA are the most sensitives to DI and Kennebec showed the greatest resistance to DI. 3) Different behaviours of the cultivars to temperature variations would lead to the possibility of usage of differential handling regarding the temperature-cultivar combinations studied

Keywords: *external damage, internal damage, pendulum, potato for industry.*

INTRODUCCIÓN

La industria de procesado de papa es cada día más exigente en los productos que elabora, por lo que sus insumos primarios

deben ser de excelente calidad. Esto obliga a extremar los recaudos para evitar desmerecer el producto en cada una de las etapas de producción.

El daño a los tubérculos, debido a fuerzas mecánicas, está entre las causas más importantes de disminución de la calidad registrada a nivel mundial. Estas ocurren principalmente durante la cosecha y el manipuleo posterior (incluyendo el almacenamiento) (Peters, 1996), lo que obliga a realizar ingentes esfuerzos para minimizarlos. El daño mecánico puede ocurrir en cada una de las etapas que los tubérculos deben recorrer, desde que son cosechados hasta su consumo (Hughes, 1980). Estos daños causan considerables pérdidas a través del rechazo de los tubérculos dañados, del incremento de la pérdida de agua y de las podredumbres microbianas durante el almacenamiento. Esos daños pueden aparecer como cortes, rajaduras, peladuras (daño externo) o como una mancha negra a nivel subsuperficial (daño interno), existiendo una correlación directa entre el incremento de la resistencia al daño y el aumento de la temperatura del tubérculo (Johnston y Wilson, 1969). A similar conclusión llega Haan (1981), quien determinó que entre 4 y 6 °C los tubérculos son más susceptibles al daño externo que a una temperatura de 15 a 20 °C.

Mathew y Hyde (1997) analizando el efecto de la temperatura y las características de la zona de impacto sobre el umbral de daño (nivel mínimo al cual se producen los daños), en el cultivar Russet Burbank, encontraron que los tubérculos conservados a bajas temperaturas fueron los que presentaron menores valores.

Los trabajos de Bajema y Hyde (1998); Hyde, Baritelle y Bajema, (1997) Bajema, Hyde y Baritelle (1998a) muestran que la temperatura y la turgencia afectan la dinámica de las propiedades de los tejidos de los tubérculos, haciéndolos sensibles a impactos y sugieren que ambas variables actúan a través de los mismos mecanismos, siendo su efecto lo suficientemente grande como para afectar significativamente el nivel de daño.

Numerosos autores han encontrado notables diferencias de comportamiento entre distintos cultivares. Según Bajema, Hyde

y Baritelle (1998b) las bajas temperaturas y la alta turgencia reducen la resistencia de los tejidos en tubérculos Russet Burbank y Atlantic

Capurro, Exilart, Nolasco y Huarte (1998) utilizando un péndulo encontraron que Russet Burbank se destacó por su resistencia al daño entre 16 genotipos probados, de los cuales 7 eran de uso comercial y 9 eran clones avanzados.

El manejo de los tubérculos se lleva a cabo con grandes variaciones de temperatura, generándose comportamientos diferentes en los distintos cultivares, esto lleva a plantear como hipótesis que, el manipuleo mecánico de los tubérculos a distintas temperaturas, provoca diferentes reacciones en cada uno de los cultivares, afectando la susceptibilidad al daño en forma diferencial.

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el daño causado por impactos provocados a cultivares utilizados por la industria o con aptitud industrial, almacenados a diferentes temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Ingeniería Rural de la Unidad Integrada FCA – INTA Balcarce.

Para su realización se utilizaron 4 cultivares de papa (*Solanum tuberosum*), Frital INTA, Kennebec, Russet Burbank y Shepody.

Los tubérculos fueron lavados cuidadosamente con abundante agua corriente y esponja, luego se secaron y se llevaron a tres cámaras con temperaturas controladas a: 4 °C, 8 °C y 18 °C; allí permanecieron una semana, lográndose la estabilización de la temperatura en el total de la masa de papas.

Como resultado de la combinación de las 3 temperaturas, con los 4 cultivares quedaron conformados 12 tratamientos.

Se utilizaron 30 tubérculos por cultivar y por temperatura, 360 en total. Todos los tubérculos fueron cortados en dos mitades, a lo largo de su eje de mayor longitud.

Cada mitad fue golpeada en la zona de menor curvatura por un péndulo (Capurro y Nolasco, 1987) simulando la caída de un tubérculo de 250 g, desde una altura de 25 cm sobre una superficie dura e irregular, con una energía de 0.614 J.

Una mitad del tubérculo fue sometida (inmediatamente luego de ser golpeada) al test del catecol (O'Leary e Iritani, 1969), para cuantificar el daño externo. La otra mitad del mismo tubérculo también golpeada, fue incubada en cámara a 20 °C en la cual permaneció durante 10 días para luego evaluar el daño interno.

Para cuantificar el daño externo se utilizó la técnica del pelapapas, considerando 4 niveles de daño que al ser expresados como porcentajes permitieron confeccionar un índice de daño siguiendo la metodología propuesta por el Potato Marketing Board (1974) cuya ecuación es:

$$ID = \%DL + \%DM * 3 + \%DS * 7$$

Donde ID = índice de daño

%DL = porcentaje de papas con daño leve (DL)

%DM = porcentaje de papas con daño moderado (DM)

%DS = porcentaje de papas con daño severo (DS)

En el daño interno el parámetro evaluado fue el VOLUMEN del mismo, partiendo de los valores del ancho (a) y alto (h) de la zona dañada, medidos luego de cortar perpendicularmente la zona del impacto (Figura 1)

$$\text{Volumen de daño interno} = \pi * h/6 * \{3 * (a/2)^2 + (h/2)^2\}.$$

Esta fórmula surge de considerar que la forma geométrica que más se asemeja es la de dos casquetes esféricos superpuestos (forma de lenteja).

Análisis de los datos

Se realizó una descripción del daño externo a través de gráficos, donde se estableció la relación entre cultivares y las diferentes temperaturas de conservación en los cuatro niveles de daño ya descriptos.

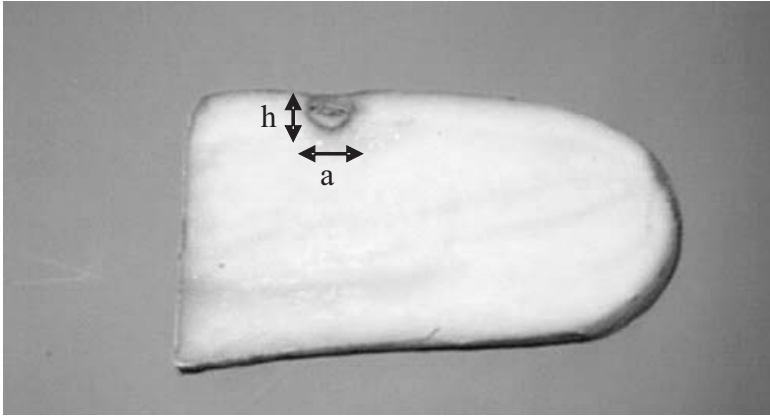


Figura 1. Vista en corte del daño interno provocado por el péndulo y los parámetros medidos (a = ancho; h = alto)

A continuación se efectuó un análisis de varianza de las variables índice de daño y volumen de daño interno, bajo un modelo de combinación factorial para las 3 temperaturas con los 4 cultivares ($\alpha = 0.05$). Se realizaron las comparaciones de medias a través de la prueba de Mínima Diferencia Significativa (MDS) con un nivel de significación del 5%.

Los datos fueron analizados estadísticamente, usando el programa SAS (SAS Institute, 2001)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Daño externo

La respuesta a las distintas temperaturas se expresó gráficamente.

Al evaluar el daño externo para cada temperatura, se encontró que a 4 °C (Figura 2) el mayor porcentaje de papas dañadas (78 % en promedio) para todos los cultivares, correspondía al nivel de daño severo, siendo los mayores porcentajes para Kennebec (90 %) y los menores para Shepody (65 %).

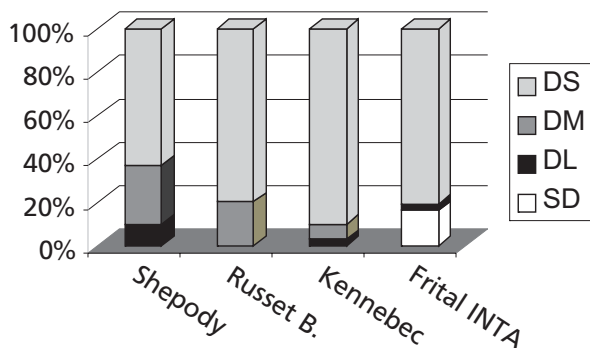


Figura 2. Porcentaje de daño externo provocado por el péndulo, en los cuatro cultivares a 4°C de temperatura (DS = daño severo; DM = daño moderado; DL = daño leve; SD = sin daño).

A 8 °C (Figura 3) se observó que los cultivares Russet Burbank y Kennebec presentaron los mayores porcentajes de papas dañadas con daño severo (ambas promedian el 63 %). En Frital INTA, en cambio, se observó que los mayores porcentajes de papas (96

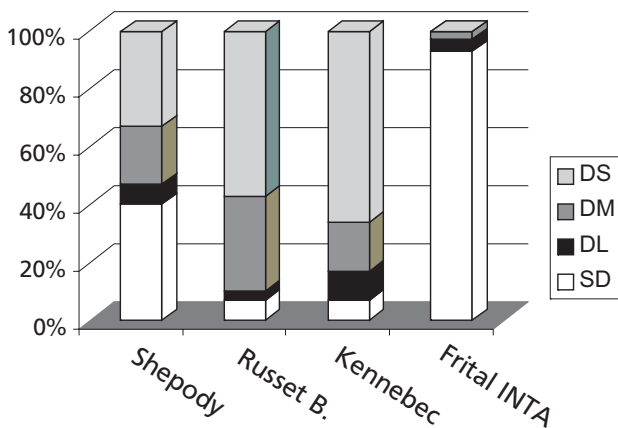


Figura 3. Porcentaje de daño externo provocado por el péndulo, en los cuatro cultivares a 8°C de temperatura (DS = daño severo; DM = daño moderado; DL = daño leve; SD = sin daño).

%) se presentaron en el nivel sin daño. Mientras que en Shepody, aproximadamente la mitad se encontraron en nivel de daño severo y la otra mitad en el nivel sin daño.

La respuesta a 18 °C (Figura 4) presentó comportamientos muy diferentes entre cultivares; Frital INTA, Shepody y Russet Burbank presentaron bajos porcentajes de papas con daño severo (12 %), mientras que Kennebec presentó los mayores porcentajes de papas (60 %) con daño severo. En Russet Burbank los mayores porcentajes (80 %) se presentaron con daños intermedios, mientras que Frital INTA y Shepody presentaron los mayores porcentajes en el nivel sin daño.

Al analizar en forma individual cada uno de los cultivares se observó que Frital INTA, a 4 °C, presentaba un alto porcentaje

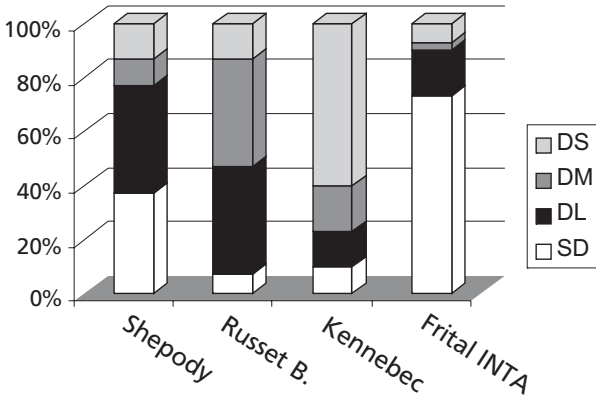


Figura 4. Porcentaje de daño externo provocado por el péndulo, en los cuatro cultivares a 18°C. de temperatura (DS = daño severo; DM = daño moderado; DL = daño leve; SD = sin daño).

de papas dañadas (81 %) con daño severo mientras que a 8 °C y 18 °C los mayores porcentajes (85 %) correspondieron al nivel de daño leve y sin daño.

Kennebec presentó los mayores porcentajes de papas afectadas (60 %) en el nivel de daño severo para todas las temperaturas evaluadas, apareciendo como el más susceptible a los impactos

En el cultivar Russet Burbank, se observó que a temperaturas de 4 y 8 °C se registraron los mayores porcentajes de papas dañadas en forma severa (70 %), mientras que a 18 °C se observaron los mayores porcentajes de papas dañadas en forma leve y moderada (80 %).

Shepody tuvo un comportamiento que se ajusta a la variación de temperatura, es decir a menores temperaturas los daños severos son los más importantes (65 % y 35 %) y a 18 °C prevalecen las categorías sin daño y daño moderado.

Estos comportamientos son coincidentes con distintos autores quienes consideran que existen diferencias entre cultivares (Bajema *et. al.*, 1998b; Capurro *et. al.*, 1998)

Además si se consideran las variaciones de temperatura se coincide también con la bibliografía que resalta los cambios en la resistencia a medida que se disminuye la temperatura (Johnston y Wilson, 1969; Haan, 1981; Mathew y Hyde 1997; Hyde *et. al.*, 1997; Bajema y Hyde, 1998; Bajema *et. al.*, 1998a).

El Índice de Daño (ID) para cada combinación cultivar-temperatura (Tabla 1) permite apreciar un comportamiento diferencial entre cultivares ante las distintas temperaturas.

Tabla 1: Índice de daño promedio para cuatro cultivares de papa a tres temperaturas.

Cultivar	Temperatura			Promedios
	4 °C	8 °C	18 °C	
Shepody	533 c A*	300 b B	163 a AB	332
Russet B.	620 c AB	500 b C	253 a B	458
Kennebec	653 b B	527 a C	483 a C	554
Frital INTA	563 b AB	13 a A	73 a A	217
Promedios	592	335	243	371

* Letras minúsculas acompañando a las medias corresponden a comparaciones en las filas, Letras mayúsculas acompañando a las medias corresponden a comparaciones en las columnas. Letras iguales, indican que no hay diferencias significativas (MDS, $\alpha = 0.05$), letras distintas, indican que hay diferencias significativas (MDS, $\alpha = 0.05$).

Las medias de los índices de daños en Shepody y Russet Burbank, presentaron a 4 °C los mayores valores, a 8 °C valores intermedios y a 18 °C los menores promedios, entre las tres temperaturas. Frital INTA y Kennebec, presentaron a 4 °C los mayores promedios de índice de daño con 8 °C y 18 °C mientras que no se registraron diferencias entre estas dos últimas temperaturas. Sin embargo, el cultivar Frital INTA se destacó por presentar los menores valores de índices de daño a 8 °C y 18 °C lo que indica que es posible su manejo con un rango más amplio de temperatura.

A 4 °C se encontró que sólo Shepody, con el menor valor promedio y Kennebec con el mayor, difirieron significativamente ($\alpha = 0.05$).

A 8 °C se registraron en Russet Burbank y Kennebec los mayores valores medios, los cuales no difirieron entre sí, pero si lo hicieron con Shepody y Frital INTA. Shepody presentó mayor promedio que Frital INTA difiriendo significativamente ($\alpha = 0.05$).

A 18 °C Frital INTA y Shepody presentaron los menores promedios, no difiriendo entre sí. Shepody y Russet Burbank, no difirieron entre sí, mientras que Kennebec, que registró el mayor valor, fue diferente a los demás.

2. Daño interno

Como no se encontró interacción cultivar-temperatura se analizaron los efectos de temperatura y cultivar por separado.

2. 1 Volumen de daño interno en cada temperatura

Cuando se compararon los promedios de volumen de daño interno a diferentes temperaturas (Fig. 5) se observó que a 4 °C se presentaron los mayores valores, registrándose a 18 °C los menores, presentando diferencias significativas (MDS, $\alpha = 0.05$) entre todos. Esto es concordante con lo observado por Roger-Lewis (1980) o Mathew y Hyde (1997) quienes concluyeron que los daños ocasionados por golpes en el interior de los tubérculos se incrementan cuando estos se encuentran a bajas temperaturas.

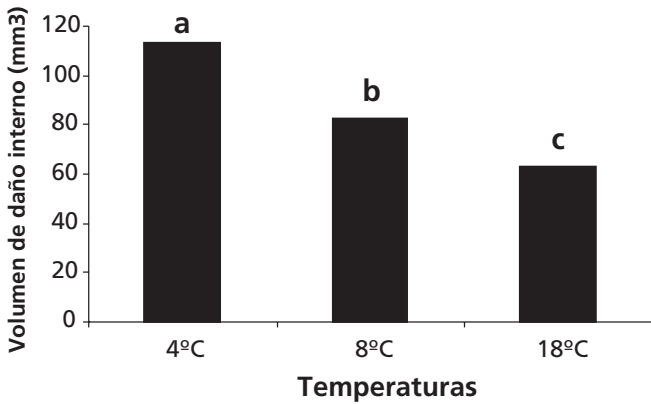


Figura 5. Volumen de daño interno promedio de 4 cultivares (Shepody, Russet Burbank, Kennebec y Frital INTA) a cada **temperatura** de conservación. Letras distintas indican diferencias significativas (MDS, $\alpha=0.05$).

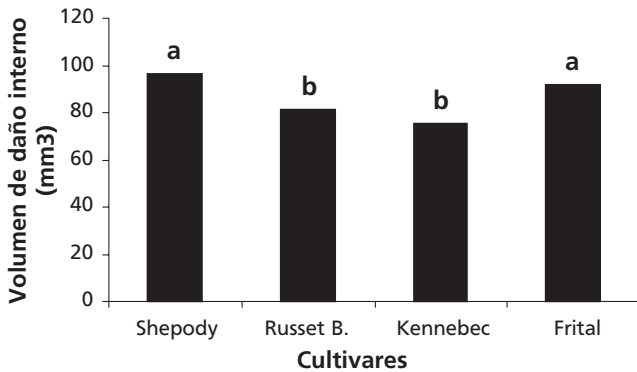


Figura 6: Volumen de daño interno promedio a tres temperaturas (4; 8 y 18°C) en cada cultivar. Letras distintas indican diferencias significativas (MDS, $\alpha=0.05$)

2. 2 – Volumen de daño interno de los cuatro cultivares

En la evaluación del volumen de daño interno, donde se compararon los promedios de los cultivares (Figura 6) se observó que Shepody y Frital INTA presentaron los mayores valores, sin obser-

vase diferencias significativas (MDS, $\alpha = 0.05$) entre ellos, en cambio estos sí difirieron con Kennebec y Russet Burbank. Estos últimos registraron los menores valores de volumen de daño y no presentaron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$). Esto coincide con lo planteado por Mathew & Hyde (1997) cuando expresan que a medida que la intensidad de los golpes aumenta, el daño que aparece comienza como daño interno, para seguir con los distintos grados de daño externo.

CONCLUSIONES

El cultivar Frital INTA se presenta como el más resistente al daño externo y Kennebec como el más susceptible, entre los cuatro cultivares evaluados.

Shepody y Frital INTA fueron los más susceptibles al daño interno, y Kennebec el más resistente.

Los diferentes comportamientos ante las variaciones de temperatura avalan la posibilidad de realizar manejos diferenciales de acuerdo con las combinaciones cultivar-temperatura empleadas.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue posible gracias a la financiación de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

BIBLIOGRAFÍA

- BAJEMA, R.W.; HYDE, G.M.; BARITELLE, A.L. 1998a. Turgor and temperature effects on dynamic failure properties of potato tuber tissue. Transactions of A.S.A.E. 41(3), pp 741-746.
- BAJEMA, R.W.; HYDE, G.M.; BARITELLE, A.L. 1998b. Temperature and strain rate effects on the dynamic failure properties of potato tuber tissue. Transactions of A.S.A.E. 41(3), pp 733-740.
- BAJEMA, R.W.; HYDE, G.M. 1998. Instrumented pendulum for impact characterization of whole fruit and vegetable specimens. Transactions of A.S.A.E.

- 41(5), pp 1399-1405.
- CAPURRO, J.A.; NOLASCO, M.E. 1987. Construcción de un péndulo para estimar Resistencia al Daño en Papa. Informe de Actividades, Dto de Agronomía, INTA Balcarce (Inédito).
- CAPURRO, J.A.; EXILART, J.P.; NOLASCO, M.E.; HUARTE, M.A. 1998. Evaluación de la resistencia al daño, de distintos cultivares y clones avanzados de papa (Solanum tuberosum). Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el Ambito Latinoamericano, La Plata p. 401-406.
- HAAN, P.H. 1981. Damage to potatoes. In Rastovski, A. & Van Es, A.. Storage of potatoes. Centre for Agricultural Publishing in Documentation Vageranger 462 p. Netherlands.
- HUGHES, J.C. 1980. Factors affecting susceptibility to damage. Span. 23(2), pp 65-67.
- HYDE, G.M.; BARITELLE, A.L.; BAJEMA, R.W.1997. Impact sensitivity vs. turgor, temperature and strain rate in fruit and vegetables. Conference of Food Engineering. Transactions of A. S. A. E. paper n° 15.
- JOHNSTON, E.F.; WILSON, J.B. 1969. Effect of soil temperature at harvest on the bruise resistance of potatoes. Amer. Potato J. 46 (3): 75-82.
- MATHEW, R.; HYDE, G.M. 1997. Potato impact damage threshold. Transactions of A. S. A. E. 40(3), pp 705-709.
- O'LEARY, G.A.; IRITANI, W.H. 1969. Potato bruise detection. Amer. Potato J. 46 (9), pp 352-354.
- PETERS, R. 1996. Damage of potato tubers, a review. Potato Research 39, pp 479-484.
- POTATO MARKETING BOARD, 1974. National Damage Survey 1973. London, 24 p.
- ROGER-LEWIS, D. S. 1980. Methods of reducing damage in main crop potatoes. Annals of Applied Biology 96, pp 345-349.
- SAS Institute Inc. 2001 Users Guide Statistics Version 8.2 SAS Institute Inc Cary, NC. USA

Original recibido el 3 de marzo de 2004