

EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE TEMPERATURAS BAJAS DE ALMACENAJE EN CULTIVARES DE BATATA (*Ipomoea batatas* L.)*

LILIA DELGADO MARTES **

RESUMEN

Se llevaron a cabo varios experimentos con el objeto de estudiar lo siguiente: a) Los cambios en la respiración de la batata durante el almacenamiento a 7,5°C y 20°C; b) Los cambios en la respiración de la batata, después de transferirla a 20°C, previamente expuesta a 7,5°C por diferentes períodos; c) Correlacionar los cambios en el contenido de azúcar con los cambios en respiración; d) La susceptibilidad de varios cultivares de batata al daño causado por varias temperaturas. Raíces de batatas, curadas y almacenadas durante seis meses, fueron usadas en los experimentos.

Se encontró, que después de dos semanas en almacenamiento a 7,5°C, ocurren daños irreversibles en las raíces; también fue encontrado un incremento en el aumento de la respiración, proporcional al tiempo en almacenamiento, después de transferir las raíces a 20°C. Los cambios en el contenido de azúcares no pudieron ser relacionados con los cambios en la respiración.

De los cultivares estudiados, el cultivar Jersey resultó ser el más susceptible a ser dañado por bajas temperaturas, seguido por el Jewel y el Garnet.

ABSTRACT

Experiments with sweetpotatoes (*Ipomoea batatas* L.) were carried out to study the following: a) Respiration changes in sweetpotatoes during storage at 7,5°C and 20°C; b) Respiration changes in sweetpotatoes, firstly kept at 7,5°C for various times, and then stored at 20°C; c) The correlation between changes in sugar content and respiration changes; d) Susceptibility of several sweetpotatoes cultivars to damage by storage at several temperatures. Cured sweetpotatoes roots stored during six months, were used in the experiments.

After two weeks at 7,5°C, irreversible damage was found in the stored roots. An increase in respiration, directly proportional to the duration of storage, after transfer of the roots at 20°C, was also found. Changes in sugar content could not be related to changes in respiration.

Of all the cultivars studied, Jersey was the most susceptible to chilling damage, followed by Jewel and Garnet.

INTRODUCCION

La batata, (*Ipomoea batatas* L.), es una raíz tropical, de gran importancia en la dieta diaria de la población de países tropicales, donde junto con otras raíces es una de las principales fuentes de carbohidratos.

Por su origen tropical, la batata es susceptible a ser dañada por bajas temperaturas (menos de 10°C), daño conocido como daño por frío o "Chilling". Este daño por frío, es responsable por cambios fisiológicos que conducen a la deterioración del vegetal, haciéndolo particularmente susceptible al ataque de microorganismos.

La temperatura crítica que causa el daño por frío, varía según el vegetal que se esté considerando y en el caso de la batata los síntomas del daño aparecen por debajo de 10°C (27).

La severidad del daño es función de la temperatura, tiempo de exposición a las bajas temperaturas, así como también del cultivar que se esté considerando.

* Recibido para su publicación el 20-10-80. Se agradece a la Srta. Milena Blanco el dibujo de las figuras.

** Ing. Agr. M.Sc. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo - Venezuela.

Aunque las temperaturas bajas son generalmente efectivas para prolongar la vida en almacenamiento de frutas y hortalizas, la susceptibilidad de la batata a ser dañada por temperaturas bajas es de tal importancia que debe ser considerada en los procedimientos de manejo después de la cosecha. Un incremento marcado en los procesos de deterioración de la batata puede ser producto de exposiciones a temperaturas bajas, ya sea antes o después de la cosecha.

El incremento de la respiración ha sido reconocido como un síntoma típico del daño por frío, especialmente después de transferir el producto a temperaturas más altas. También se han reportado cambios en el contenido de carbohidratos como consecuencia de la exposición a bajas temperaturas.

Con base en las premisas anteriores se diseñó un experimento con el objeto de estudiar los siguientes aspectos:

- a.- Cambios en la respiración de la batata, durante el almacenamiento permanente a 7,5°C (temperatura de "Chilling") y a 20°C.
- b.- Cambios en la respiración que ocurren al transferir la batata a 20°C después de haber estado expuesta a 7,5°C por diferentes períodos.
- c.- La relación entre el tiempo de almacenamiento a 7,5°C y el contenido de azúcar, antes y después de transferir a 20°C.
- d.- La correlación entre los cambios en contenido de azúcar y los cambios en respiración y, en lo posible, relacionar estos cambios con la ocurrencia del daño ocasionado por bajas temperaturas.

REVISION DE LITERATURA

Numerosas investigaciones se han dirigido a elucidar los mecanismos fisiológicos y bioquímicos del daño por "Chilling" y se han propuesto numerosos mecanismos para explicarlos.

Algunos autores (3, 20, 32), han concluido que el daño por bajas temperaturas es el resultado de la interferencia con el proceso metabólico normal de los tejidos y que el desbalance causado puede ser debido al efecto de la temperatura sobre la velocidad de pasos metabólicos intermedios, como por ejemplo en el catabolismo de carbohidratos; o debido a la alteración de una cadena cualquiera de reacciones. Otra teoría sugiere (22, 28), que el daño resulta primeramente de la alteración en la sincronización de reacciones en la compleja secuencia respiratoria.

La importancia del papel de los ácidos grasos en la ocurrencia del daño, ha recibido considerable atención; cambios en la viscosidad de lípidos, relacionados con cambios en la temperatura, han sido frecuentemente confirmados, así como también la tendencia de las plantas de origen tropical a tener más cantidad de ácidos grasos saturados, que aquellas originadas en climas templados (29, 33). Como las membranas celulares están compuestas por moléculas de proteínas arregladas ordenadamente con lípidos, Lewis (22) en 1956, propuso que cambios en la viscosidad de los lípidos, pueden resultar en cambios de la permeabilidad de la membrana celular, lo que induce la salida de metabolitos, resultando este proceso en un subsiguiente daño al producto. También cambios en la permeabilidad de la membrana han sido sugeridos por Lewis y Workman (24) y Lieberman et al (25).

Lyons (26), en 1973, propuso un modelo de transición de fase física para explicar el daño por bajas temperaturas. En este modelo, una conversión se lleva a cabo en las membranas, desde un estado flexible líquido-cristalino, a un estado sólido-gelatinoso que ocurre a la temperatura crítica.

Algunos investigadores (6, 21), reportaron que el daño por temperaturas bajas es una función de la temperatura y del tiempo de exposición a la temperatura baja. Ellos concluyeron que exposiciones de las raíces durante 10 días a temperaturas por encima de su punto de congelamiento y por debajo de 10°C no causaron ningún daño, sin embargo, exposiciones más prolongadas causaron daño a las raíces.

El incremento en la respiración producido después de exponer el producto a bajas temperaturas, es otro síntoma característico del daño por frío, este incremento está directamente relacionado con el tiempo de almacenamiento a las bajas temperaturas, así como también el cultivo que se esté considerando y aún más del cultivar. Este efecto ha sido estudiado en pepinos (12), tomates fisiológicamente maduros o pintones (22), quimbombó (19) y otros productos, así como también en un síntoma característico en la batata (16).

Entre los síntomas observados en batatás dañadas por temperaturas bajas, la literatura reporta los siguientes: endurecimiento de la pulpa, incremento en la susceptibilidad al ataque por microorganismos patógenos, manchado de la superficie y pérdida de agua, inhibición y muerte de los brotes, decoloración de la pulpa después de cortarla y alteraciones en el sabor (6, 9, 14, 15).

Paralelamente a estos síntomas, ocurren también cambios en la composición de la batata. Ezel et al (13), encontraron que raíces dañadas por frío en el campo, fallaron en la síntesis de pigmentos carotenoides en el almacenamiento. Sistrunk et al (30), reportaron un incremento en el contenido de azúcares no reductores a temperaturas en las cuales ocurría el daño. Resultados similares fueron reportados por Hasselbring y Hawkins (17), quienes trabajando con batatas almacenadas a 4°C, encontraron una rápida desaparición del almidón acompañado de un incremento en el contenido de sacarosa; estos cambios ocurrían más gradualmente en batatas almacenadas a 12 y 17°C.

Barker (4), reportó que los tubérculos de papas almacenados a bajas temperaturas presentan ciertos cambios en los niveles de azúcar, encontrando una correlación positiva entre la respiración y los cambios en el contenido de sacarosa. Sin embargo no encontró una relación directa con los cambios de azúcares reductores.

MATERIALES Y METODOS

Raíces de batata del cultivar Jewel recién cosechadas fueron curadas durante 4 días a 30°C y 95% de humedad relativa; después de curadas las raíces fueron almacenadas a 12,5°C y 90 - 95% de humedad relativa por aproximadamente 6 meses.

El experimento se inició el 16/4/78, utilizando raíces previamente seleccionadas. Las muestras compuestas de cinco raíces fueron pesadas y colocadas en frascos de vidrio de tres galones de capacidad, con el objeto de medir respiración, evaluada por la producción de CO₂ durante el almacenamiento de las raíces a 7,5°C (temperatura de "Chilling") y a 20°C. Las muestras para medir respiración permanecieron sin alteración durante todo el experimento. El CO₂ desprendido fue medido diariamente usando el método colorimétrico de Claypool y Keefer (7) y expresado como mlCO₂/kg/hr.

Al mismo tiempo, para determinar el contenido de azúcar, muestras de tres raíces se pesaron y colocaron en bolsas plásticas perforadas las cuales se almacenaron a 7,5°C y 20°C.

Las muestras fueron transferidas desde 7,5°C a 20°C los siguientes días: 0, 3, 7, 15, 21 y 28; se tomaron muestras para hacer análisis de azúcar, cada día de transferencia, así como también a los 3, 7, 15, 21 y 28 días después de haberse transferido las muestras a 20°C.

Para los análisis de azúcar, 10 g de raíces fueron pesados y licuados con 50 ml de etanol al 95% , hervidos y filtrados. El volumen final fue llevado a 100 ml con etanol. Los azúcares totales fueron determinados usando el método de Dubois et al (11) y los azúcares reductores usando el método de Somogyi (31). Los azúcares fueron expresados como mg de glucosa por gramo de tejido fresco.

TABLA 1. Escala usada para evaluar síntomas del daño por bajas temperaturas y calidad en raíces de batata.

Escala	Calidad	Síntomas del daño	
		Severidad	Síntoma
9	excelente	ninguna	Ningún síntoma visible.
7	buena	leve	Superficie levemente punteada de color oscuro. Pequeñas áreas hundidas.
5	mediana	moderada	Medianas áreas hundidas. Ligeros síntomas de presencia de patógenos.
3	pobre	severa	Grandes áreas necróticas y hundidas. Patógenos presentes.
1	no usable	extrema	Daños severos causados por microorganismos patógenos. Completamente podrida.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Respiración e incidencia de microorganismos durante almacenamiento a 7,5°C y 20°C.

a. Respiración

La Figura 1, muestra la rata de respiración durante almacenamiento de las raíces a 7,5°C, cada punto representa el promedio de tres repeticiones compuestas cada una por cinco raíces. Como se puede observar el almacenamiento de las raíces a 7,5°C, causó un incremento gradual en la producción de CO₂, en función del tiempo en almacenamiento a 20°C la producción de CO₂ permaneció constante durante todo el período de almacenamiento (Figura 2).

Este incremento gradual de la respiración a bajas temperaturas ha sido reportado como un síntoma típico del daño. Los resultados indicaron una correlación lineal positiva ($r = 0,994$), entre el tiempo de almacenamiento a 7,5°C y el incremento en la producción de CO₂. No se encontró correlación similar para las raíces almacenadas a 20°C.

b. Síntomas de incidencia de microorganismos

Incremento en la susceptibilidad para ser atacadas por microorganismos, manchado de la superficie, áreas hundidas y acuosas, ennegrecimiento de los tejidos después de cortados y deterioración interna, fueron síntomas que incrementaron su incidencia como función del incremento del tiempo en almacenamiento.

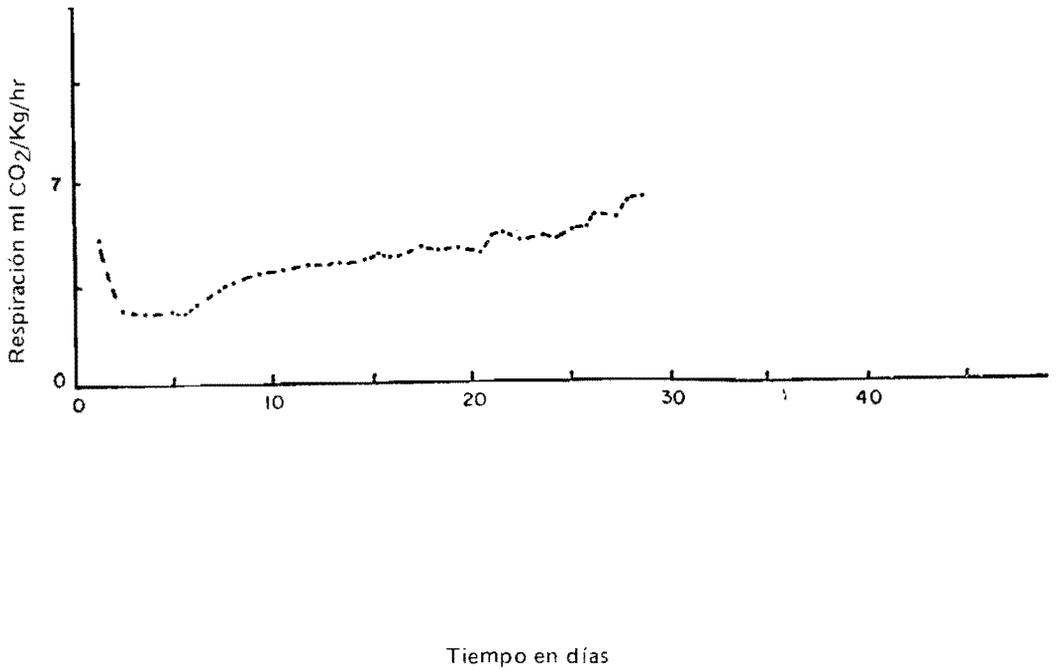


FIGURA 1. Respiración de raíces de batata, durante almacenamiento a 7,5°C

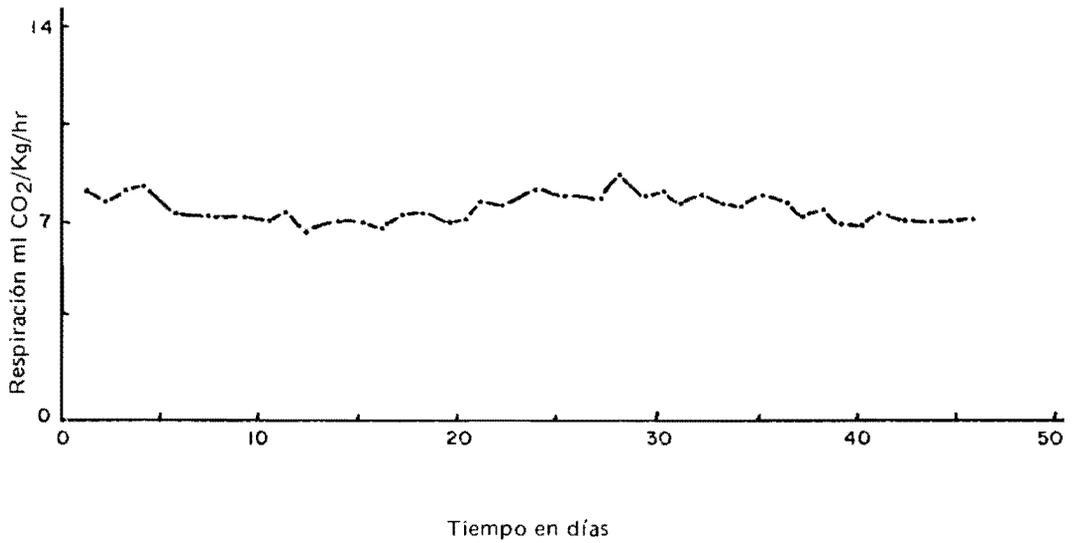


FIGURA 2. Respiración de raíces de batata durante almacenamiento a 20°C (control).

Cuando el tiempo en almacenamiento se aumentó de dos a cuatro semanas, también aumentó la susceptibilidad al ataque por microorganismos (uno de los síntomas más obvios de daño por frío en batatas). Como indicativo de que el daño había ocurrido se encontró que las raíces estaban infectadas para el final de los períodos de 21 y 28 días almacenadas a 7,5°C. Las raíces mantenidas todo el tiempo a 20°C no presentaron ningún síntoma de invasión de microorganismos mientras duró el período de almacenamiento.

2. Efectos sobre la respiración y susceptibilidad a sufrir daños por microorganismos, en batatas almacenadas a 20°C, después de haber sido expuestas a 7,5°C por diversos períodos de tiempo.

El incremento en la producción de CO₂ después de almacenar las raíces a temperaturas bajas, se corresponde muy bien con la intensidad del daño ocurrido durante el tratamiento de frío y el desarrollo de los síntomas después de transferidas a 20°C (Figuras 3 a 7). Las raíces que fueron transferidas después de 3 y 7 días de exposición a 7,5°C, mostraron un incremento inicial en la producción de CO₂, decreciendo en aproximadamente seis días a la producción normal a 20°C (Figuras 3 y 4). Este incremento inicial en la respiración se ha reportado como una respuesta normal de todos los productos, cuando son transferidos desde bajas a más altas temperaturas.

En raíces almacenadas durante 15 días a 7,5°C, este incremento inicial de la respiración fué más alto, y aunque tendió a decrecer, no se igualó con la producción normal de CO₂ a 20°C (Figura 5). Las raíces transferidas después de 21 y 28 días de exposición, presentaron el mismo comportamiento en lo que respecta a un incremento y decrecimiento en la producción de CO₂, pero esta vez la respiración volvió a incrementar. Al momento de la transferencia ya se notaban los síntomas causados por el daño de las temperaturas bajas y este nuevo incremento mantenido de la respiración se debió probablemente a la actividad de microorganismos invasores, (Figura 6 y 7).

Durante cortos períodos de almacenamiento a temperaturas bajas, se ha reportado cierto grado de daño en el sistema mitocondrial de la batata, así como también ciertos cambios bioquímicos (34, 35); sin embargo, este daño es reversible, y el incremento inicial que ocurre en la respiración ha sido aplicado en la base de un requerimiento de energía para reparar el daño ocurrido. A medida que el período se incrementa, el daño mencionado se hace irreversible y aparecen los síntomas del daño (Figuras 5, 6 y 7).

Durante la realización de este trabajo, se encontró que después de 15 a 21 días de almacenamiento a 7,5°C, ocurrieron los síntomas irreversibles de daño por frío en el cultivar Jewel de batata.

3. Relación entre el tiempo de almacenamiento a 7,5°C y 20°C con los cambios en contenido de azúcar.

En las tablas 2, 3 y 4 y en las figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se observan los cambios en contenido de azúcar durante almacenamiento a 7,5°C y 20°C. Existe una alta correlación positiva entre el tiempo en almacenamiento a 7,5°C, el incremento en azúcares totales ($r = 0,968$) y azúcares reductores ($r = 0,983$), pero no se observó la misma tendencia para sacarosa ($r = 0,421$).

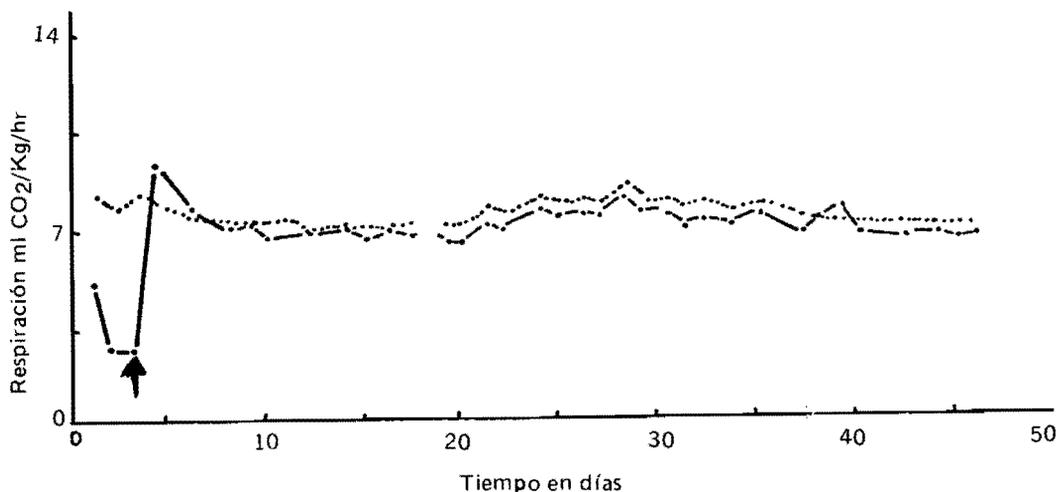


FIGURA 3. Respiración de raíces de batata durante almacenamiento a 7,5°C por 3 días y luego transferidas a 20°C. La flecha indica el día de transferencia.

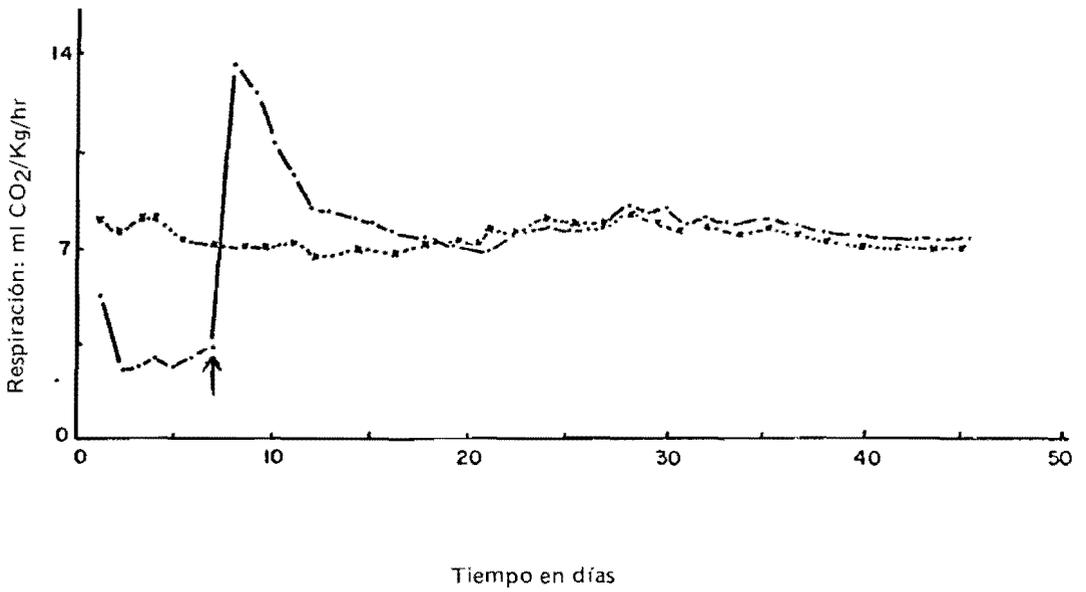


FIGURA 4. Respiración de raíces de batata durante almacenamiento a 7,5°C por 7 días y luego transferidas a 20°C. La flecha indica el día de transferencia.

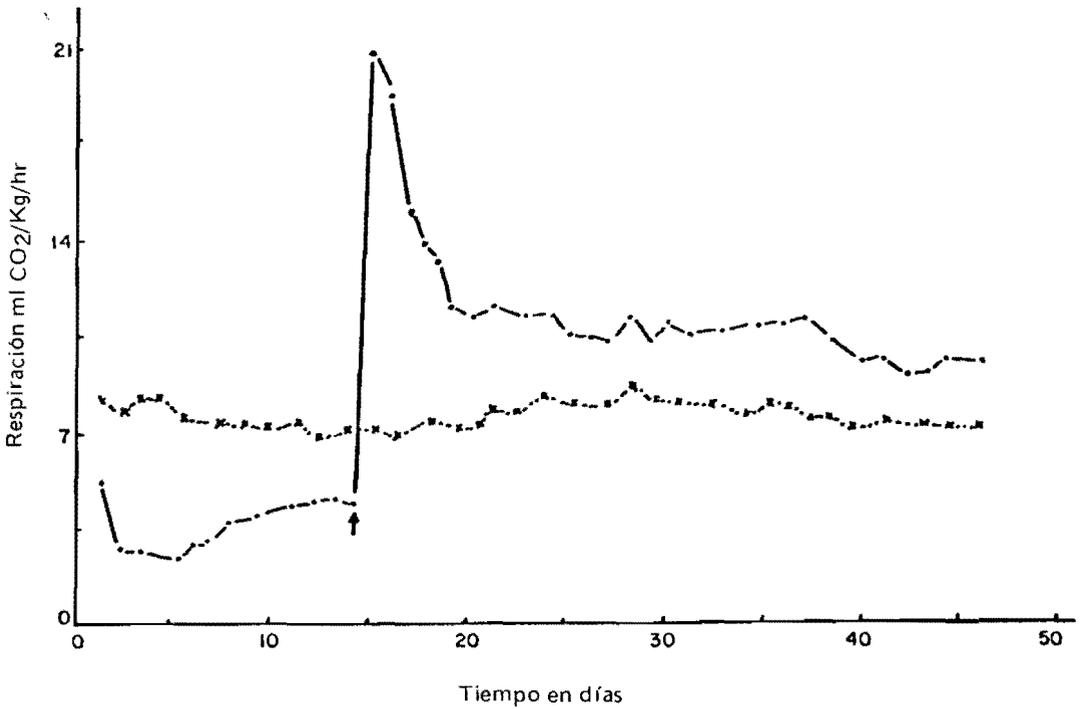


FIGURA 5. Respiración de raíces de batata durante almacenamiento a 7,5°C por 15 días y luego transferidas a 20°C. La flecha indica el día de transferencia.

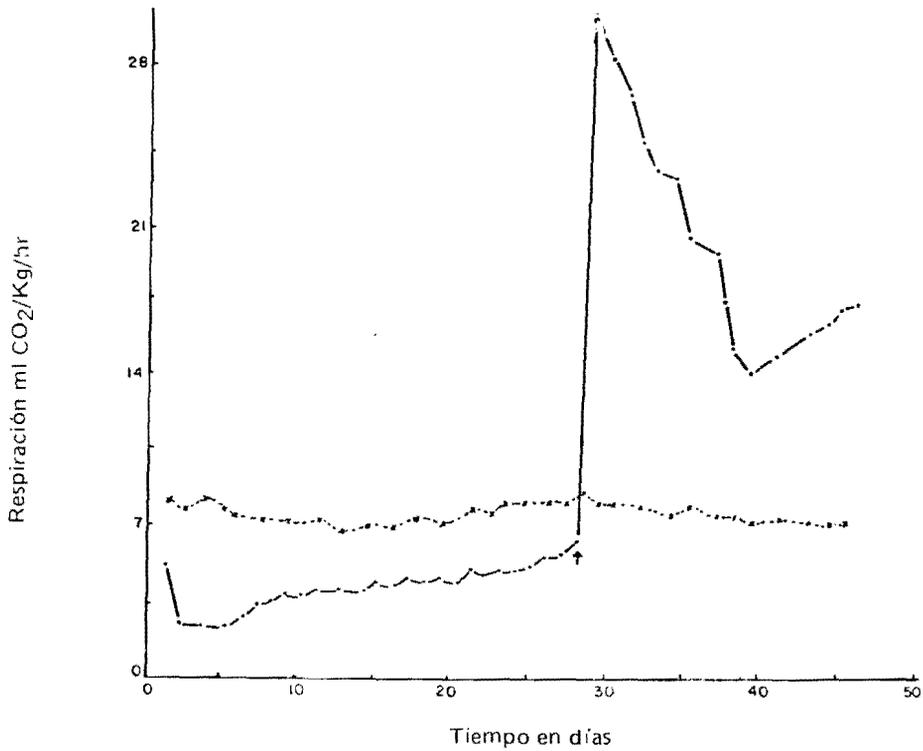


FIGURA 6. Respiración de raíces de batata durante almacenamiento a 7,5°C por 21 días y luego transferidas a 20°C. La flecha indica el día de transferencia.

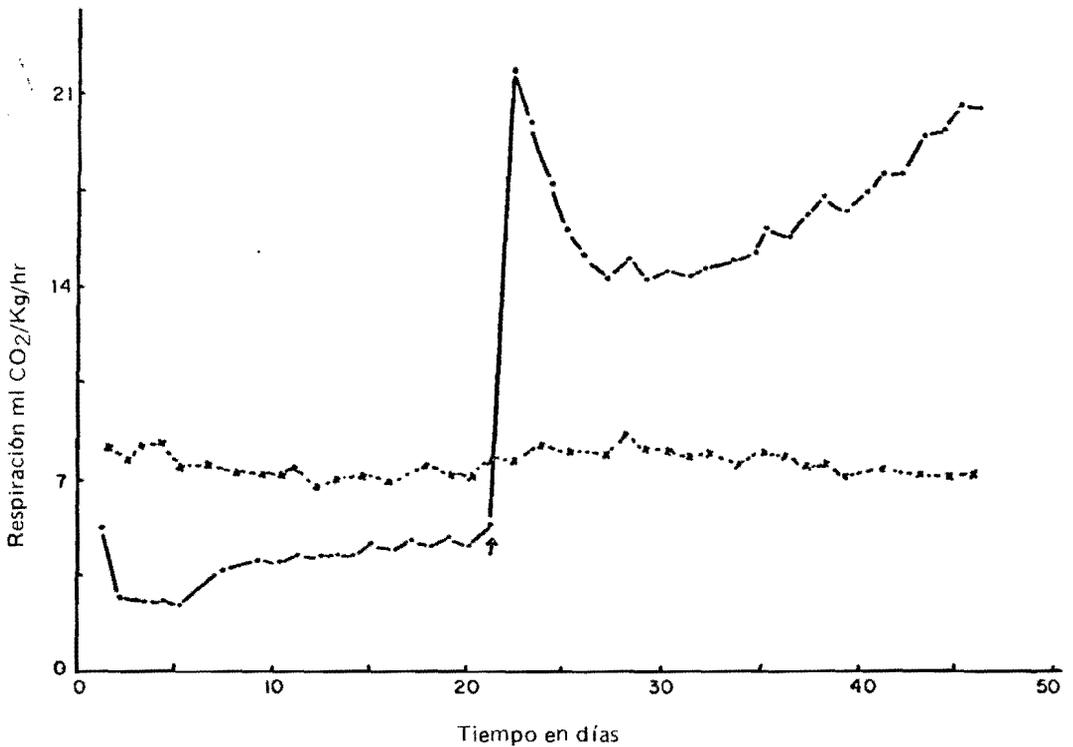


FIGURA 7. Respiración de raíces de batata durante almacenamiento a 7,5°C por 28 días y luego transferidas a 20°C. La flecha indica el día de transferencia.

El incremento de azúcares en raíces almacenadas a bajas temperaturas ha sido reportado por otros investigadores (17, 18).

La falta de correlación, encontrada para sacarosa, es contraria a los resultados obtenidos cuando en la investigación se usaron batatas recién cosechadas. Como fue indicado previamente, las raíces de batatas usadas en este experimento habían estado almacenadas durante 6 meses.

En ninguno de los tratamientos se encontró correlación entre el incremento en respiración y cambios en el contenido de azúcar después de transferidos a 20°C.

El hecho de que exista una correlación positiva entre respiración y cambio en el contenido de azúcar a 7,5°C y no a 20°C, indica que probablemente el incremento en azúcares es debido a un efecto de la temperatura y no al proceso de respiración en sí. Es posible también que esta ocurra por la simple conversión de almidón — azúcar en la misma forma como ocurre en tubérculos de papa (*Solanun tuberosum*) almacenados a bajas temperaturas (4).

En conclusión, podremos decir que los únicos parámetros que pudieron ser asociados con la aparición del daño por frío, fueron la respiración y la aparición de síntomas visibles. Con respecto a la correlación entre respiración y cambios en azúcares, debido a daño por temperaturas bajas, ninguna conclusión pudo ser hecha aquí.

TABLA 2. Contenido de azúcares totales, en mg/g de tejido fresco de raíces de batatas, a diferentes períodos después de transferidas a 20°C. Previamente fueron expuestas a 7,5°C por diferentes períodos de tiempo.*

		Tiempo a 20°C en días					
		0	3	7	15	21	28
Tiempo a 7,5°C días	0	51,15	45,12	54,43	51,46	56,80	54,32
	3	51,53	56,65	61,61	57,47	57,08	59,03
	7	54,68	62,35	59,46	64,13	59,26	57,02
	15	61,85	63,47	63,16	65,30	62,91	63,99
	21	61,58	68,98	66,24	71,14		
	28	65,82	71,65	78,21			

* Los valores son el promedio de tres repeticiones por tratamiento, tres raíces por repetición.

TABLA 3. Contenido de azúcares reductores en mg/g de tejido fresco de raíces de batata a diferentes períodos después de transferidas a 20°C. Previamente fueron expuestas a 7,5°C por diferentes períodos de tiempo.*

		Tiempo a 20°C en días					
		0	3	7	15	21	28
Tiempo a 7,5°C días	0	34,20	31,89	22,90	34,03	31,88	25,97
	3	33,28	33,19	37,70	38,32	34,54	28,88
	7	33,99	38,28	32,78	36,31	32,11	33,45
	15	40,65	37,77	45,35	43,89	32,84	32,95
	21	44,69	47,46	48,95	45,78		
	28	48,69	56,12	43,31			

* Los valores son el promedio de tres repeticiones por tratamiento. Tres raíces por repetición.

TABLA 4. Contenido de sacarosa en mg/g de tejido fresco, de raíces de batata a diferentes períodos después de transferidas a 20°C. Previamente fueron expuestas a 7,5°C por diferentes períodos de tiempo.*

		Tiempo a 20°C en días					
		0	3	7	15	21	28
Tiempo a 7,5°C días	0	16,95	13,23	31,53	17,43	24,92	28,35
	3	18,25	23,46	23,91	19,15	22,54	30,15
	7	20,68	24,07	26,68	27,82	27,15	23,57
	15	21,20	25,70	17,81	21,41	30,07	31,04
	21	16,89	21,52	18,09	25,37		
	28	17,13	15,53	34,90			

* Los valores son el promedio de tres repeticiones por tratamiento, tres raíces por repetición.

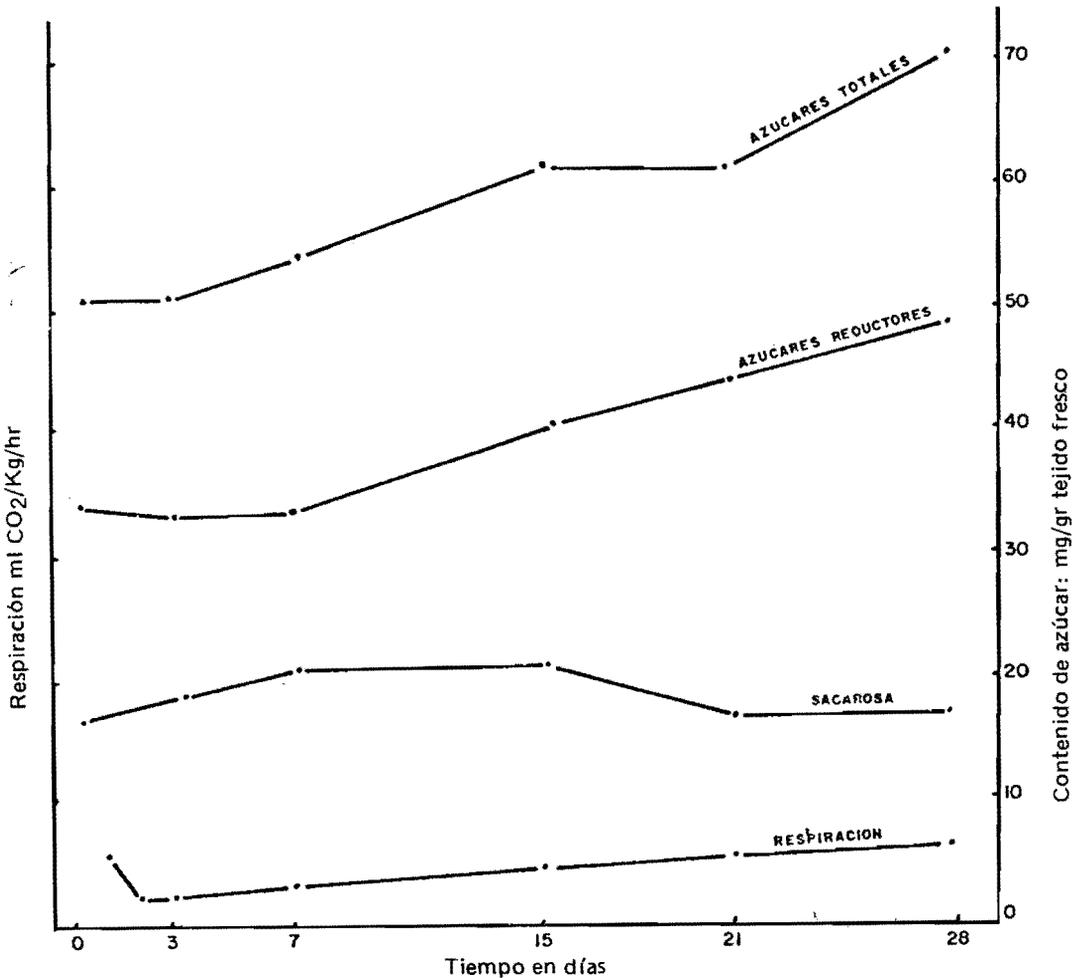


FIGURA 8. Respiración, azúcares totales, azúcares reductores y sacarosa de raíces de batata durante almacenamiento a 7,5°C.

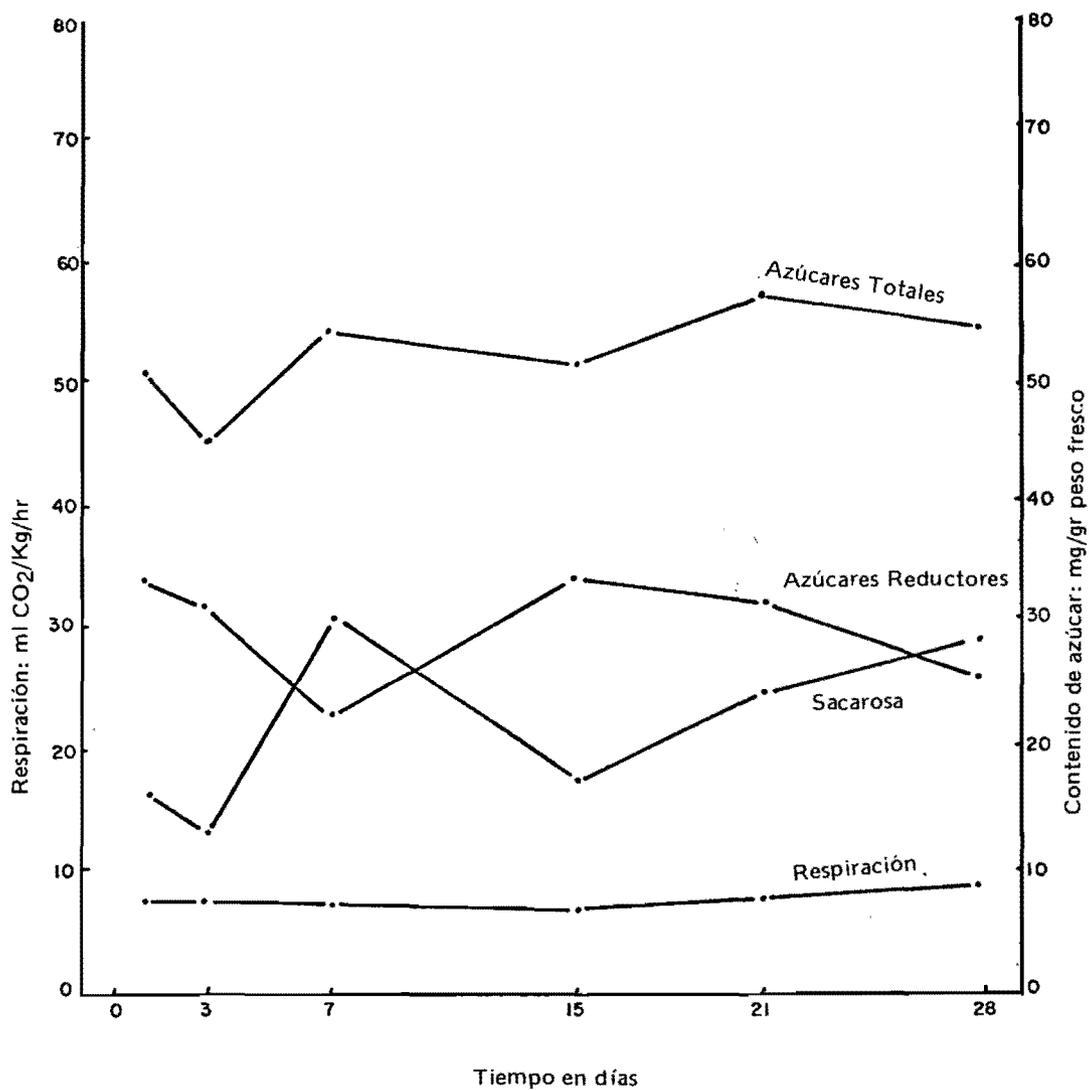


FIGURA 9. Respiración, azúcares totales, azúcares reductores y sacarosa de raíces de batatas durante almacenamiento a 20°C.

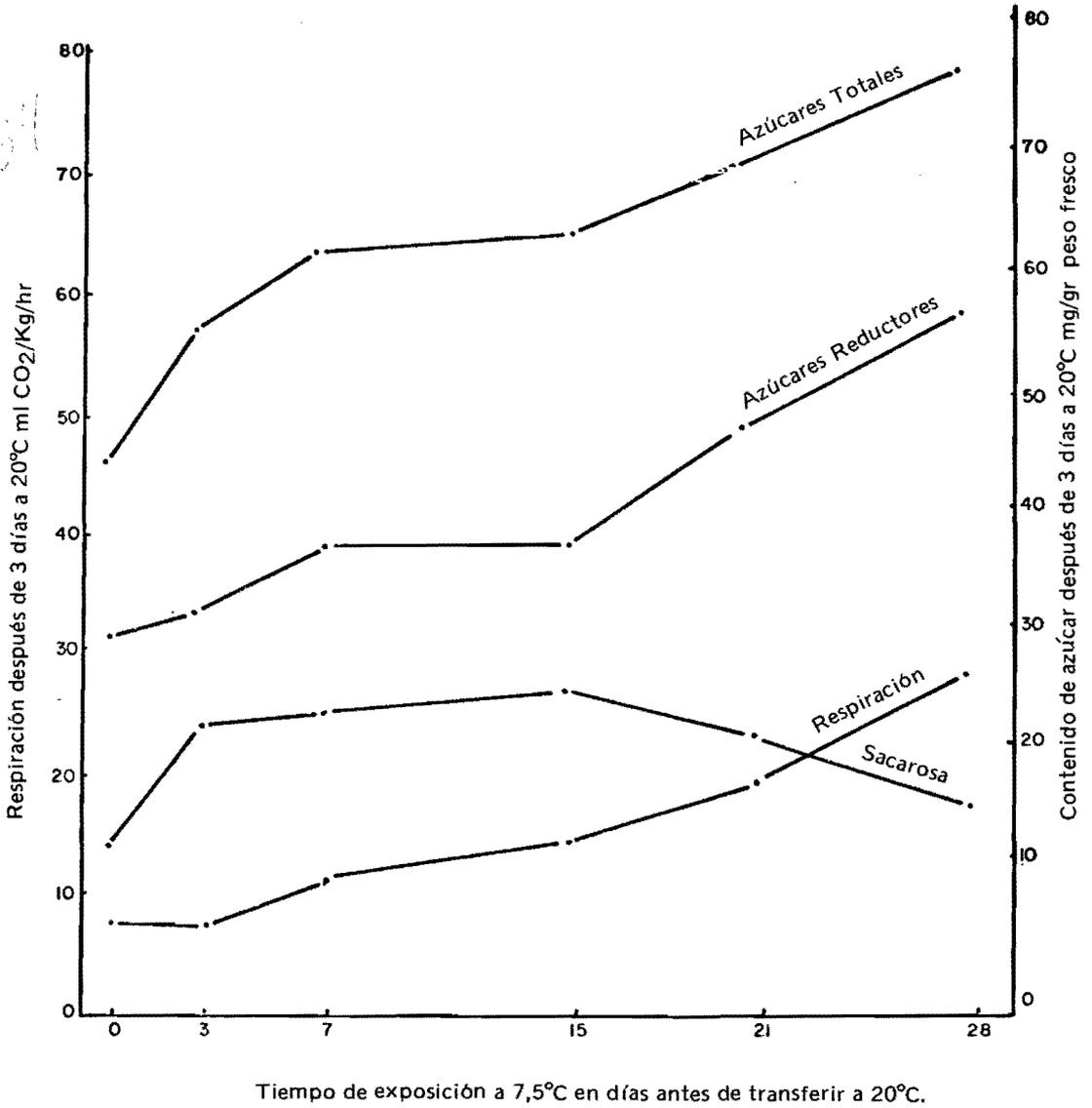


FIGURA 10. Respiración, azúcares totales, azúcares reductores y sacarosa de raíces de batata, mantenidas por 3 días a 20°C después de haber sido previamente expuestas a 7,5°C, por diferentes períodos.

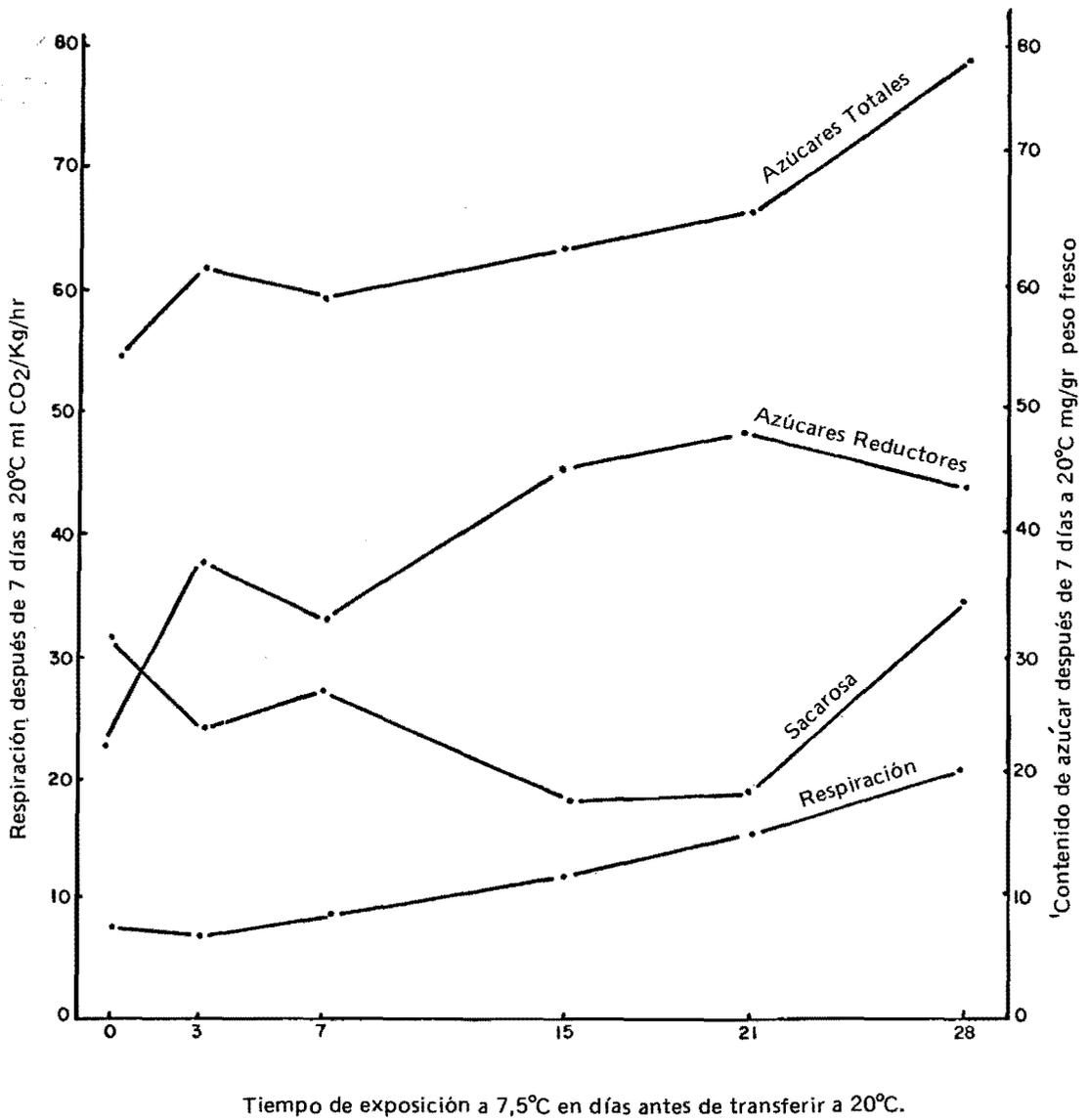


FIGURA 11. Respiración, azúcares totales, azúcares reductoras, y sacarosa de raíces de batata, mantenidas por 7 días a 20°C, después de haber sido expuestas a 7,5°C por diferentes períodos.

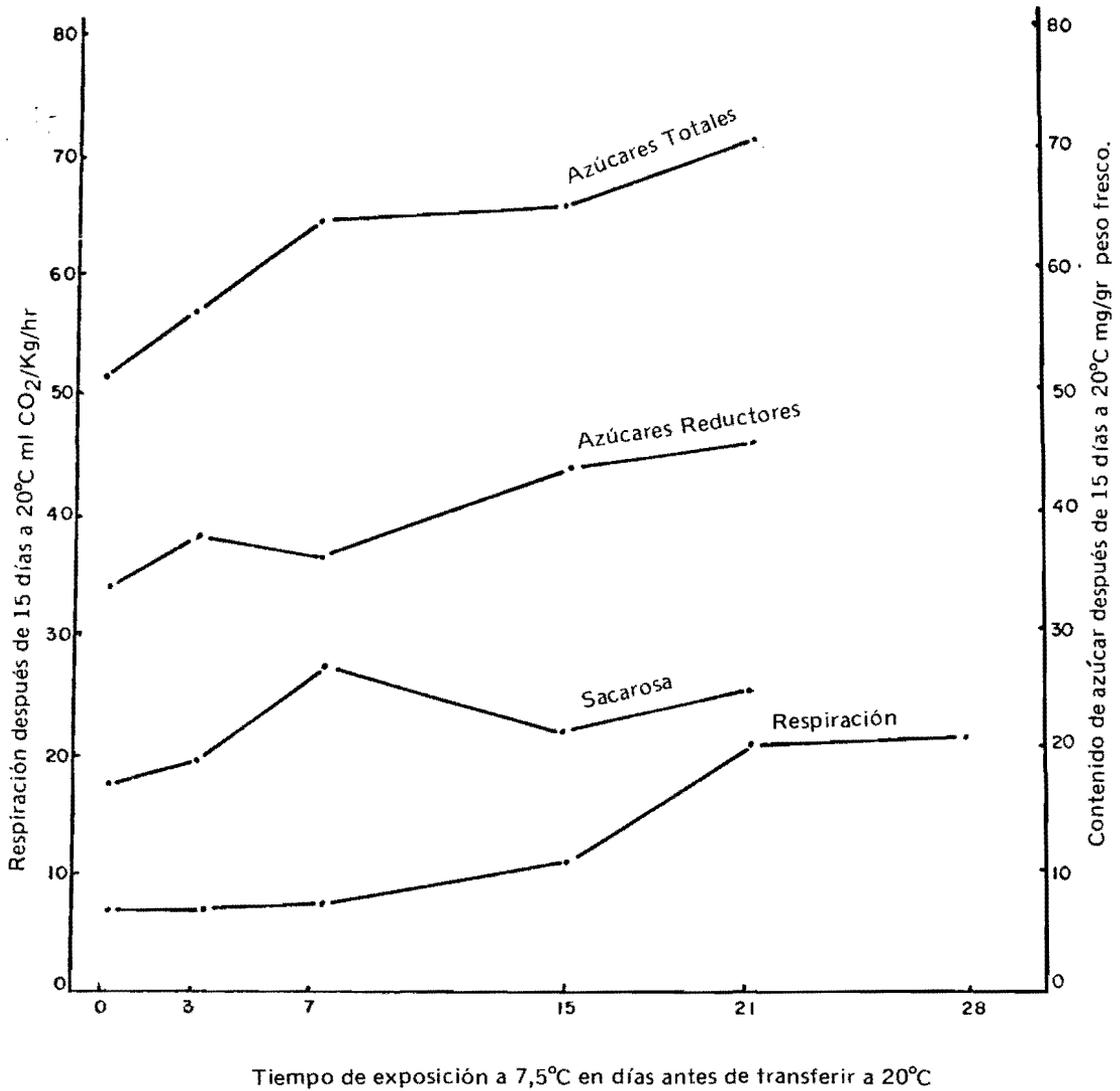


FIGURA 12. Respiración, azúcares reductores y sacarosa, de raíces de batatas, mantenidas por 15 días a 20°C después de haber sido expuestas a 7,5°C por diferentes períodos.

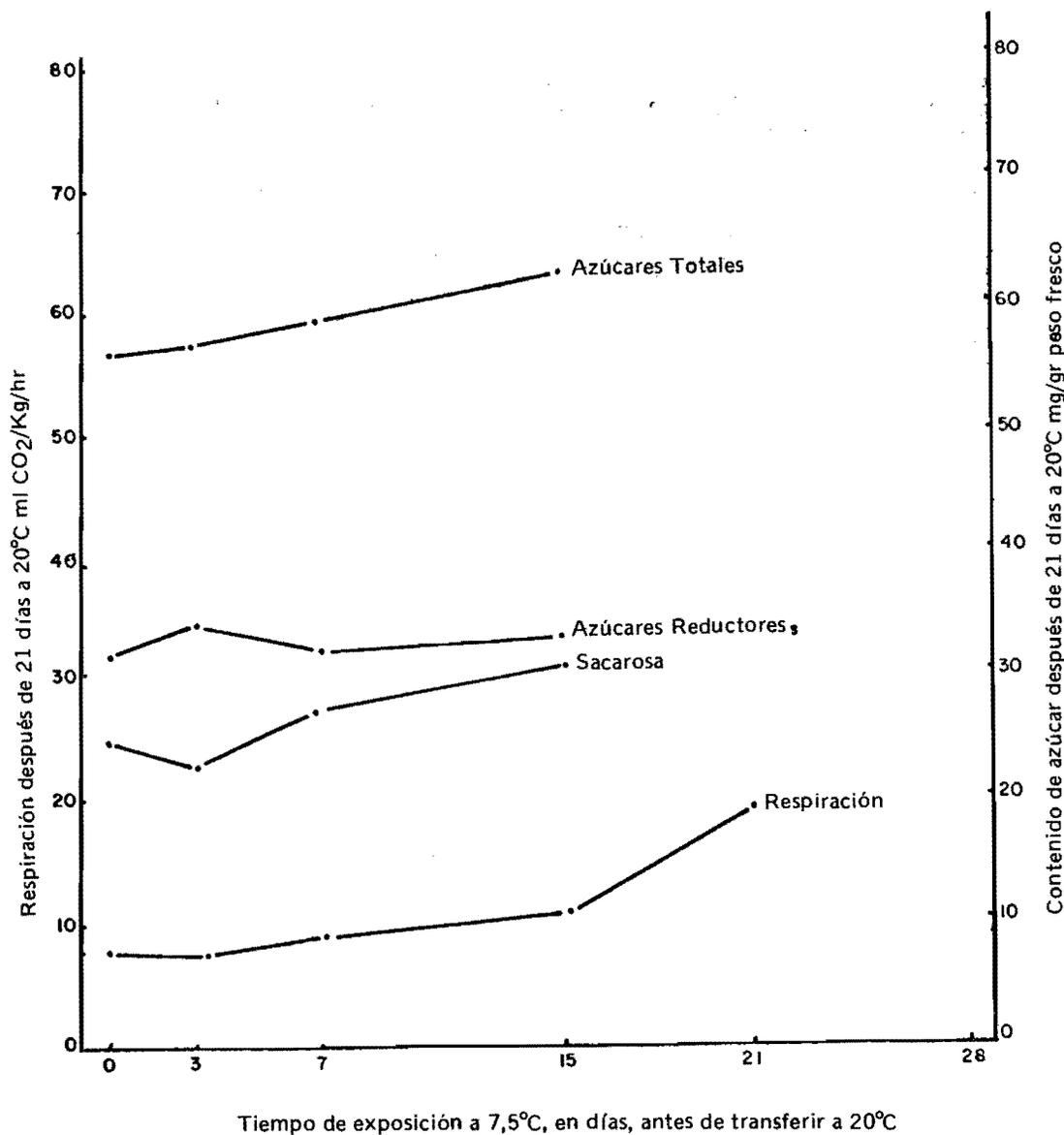


FIGURA 13. Respiración, azúcares totales, azúcares reductores y sacarosa, de raíces de batata, mantenidas por 21 días - 20°C, después de haber sido expuestas a 7,5°C por diferentes períodos.

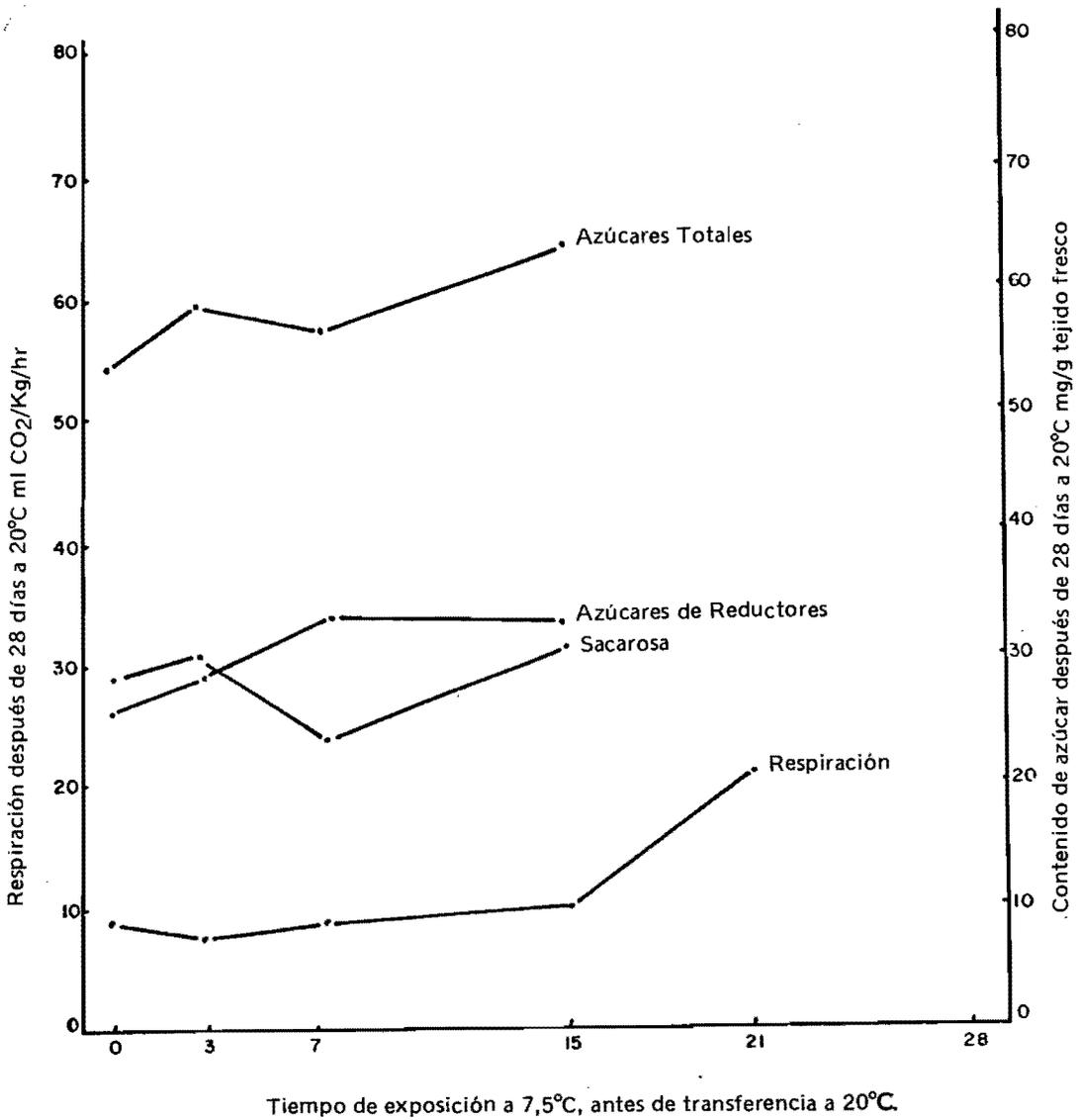


FIGURA 14. Respiración, azúcares totales, azúcares reductores y sacarosa, de raíces de batata, mantenidas por 28 días a 20°C, después de haber sido expuestas a 7,5°C por diferentes períodos.

CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones pueden ser hechas a partir de los resultados obtenidos:

1. El almacenamiento de raíces de batata a 7,5°C, resultó en un incremento en el proceso de deterioración del producto.
2. Después de dos semanas en almacenamiento a 7,5°C, raíces del cultivar Jewel fueron dañadas irreversiblemente.
Este daño se tradujo en el incremento de la respiración después de transferir las raíces a 20°C, y en la pérdida de la capacidad de regresar al valor normal de la respiración a 20°C.
3. Existen cambios en el contenido de azúcar en las raíces almacenadas, pero principalmente como una función de la temperatura en almacenamiento y no relacionado con los cambios en la respiración.
4. El principal factor afectando el incremento en la respiración de las raíces, después de transferidas desde una baja temperatura (7,5, 10 y 12°C), a 20°C, fue el tiempo en el almacenamiento.

LITERATURA CITADA

1. ALBERT, W.B., C.J. NUSBAN and G.H. BUNKELBERG. *Internal breakdown in sweetpotatoes*. South Carolina Exp. Sta. Ann. Rep. 60: 47. 1948.
2. ANDERSON, S.W. *Some effects of curing and storage on the weight and carotene content of certain sweetpotato varieties*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68: 412 - 416. 1956.
3. APELAND, J. *Factors affecting the sensitivity of cucumbers to chilling temperatures*. Int. Inst. Refr. Bull. 46 annexe. 1: 325 - 333. 1966.
4. BARKER, J. *Analytic studies in plant respiration. VI The relation of the respiration of potatoes to the concentration of sugars and to the accumulation of a depressant at low temperatures, Part 3. The relation of the respiration to the concentration of sucrose*. Proc. Roy. Soc. 112: 453 - 473. 1933.
5. BUESCHER, R.W., W.A. SISTRUNK, J.L. BOWERS and C.F. BOETTINGER. *Susceptibility of sweetpotato lines to development of hardcore, a chilling disorder*. Arkansas Farm. Res. 24 (6): 2. 1975.
6. BUESCHER, R.W., W.A. SISTRUNK and A.E. KASAIAN. *Induction of textural changes in sweetpotato roots by chilling*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 (5): 516 - 519. 1976.
7. CLAYPOOL, L.L. and R.M. KEEFER. *A colorimetric method for CO₂ determination in respiration studies*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40: 177 - 186. 1942.
8. COOLEY, J.S., L.J. KUSHMAN and H.F. SMART. *Effects of temperatures and duration of storage on quality of stored sweetpotatoes*. Eco. Bot. 8 (1): 21 - 28. 1954.
9. DAINES, R.H., M.J. CEPONIS and D.F. HAMMOND. *Relationship of chilling to development of hardcore in sweetpotatoes*. Phytopathology. 64: 459 - 462. 1974.
10. DAINES, R.H., D.F. HAMMOND, N.F. HAARD and M.J. CEPONIS. *Hardcore development in sweetpotatoes, a response to chilling and its remission as influenced by cultivars, curing temperatures and time and duration of chilling*. Phytopathology. 66: 582 - 587. 1976.
11. DUBOIS, M., K.A. GILLES, J.K. HAMILTON, P.A. REBERS and F. SMITH. *Colorimetric method for determination of sugars and related substances*. Anal. Chem. 28: 350 - 356. 1956.
12. EAKS, I.L. and L.L. MORRIS. *Respiration of cucumber fruits associated with physiological injury at chilling temperatures*. Plant Phy. 31: 308 - 314. 1956.
13. EZELL, B.D., S. MARGUERITE and J.N. CROWDER. *Pre and post harvest changes in carotene, total carotenoids and ascorbic acid content of sweetpotatoes*. Plant Physiology. 27: 355 - 369. 1952.
14. HAMMAND, D.F., N.F. HAARD, M.J. CEPONIS and R.H. DAINES. *Effects of temperatures and time of chilling on hardcore in sweetpotatoes*. Phytopathology. 66: 329 - 342. 1976.

15. HASSELBRING, W.A., and L.A. HAWKINS. Physiological changes of sweetpotatoes during storage. *Jour. Agr. Res.* 3: 331 - 342. 1915.
16. HASSELBRING, W.A., and L.A. HAWKINS. Respiration experiments with sweetpotatoes. *Jour. Agr. Res.* 5: 509 - 517. 1915.
17. HASSELBRING, W.A., and L.A. HAWKINS. Carbohydrate transformations in sweetpotatoes. *Jour. Agr. Res.* 13: 543 - 560. 1915.
18. HOPKINS, E.F. and J.K. PHILLIPS. Temperature and starch - sugar changes in sweetpotatoes. *Science.* 86 (2240): 523 - 525. 1937.
19. ILKER, Y. Physiological manifestations of chilling injury and its alleviation in okra fruits (*Abelmoschus esculentus* (L) Moench) Ph Dissertation. University of California, Davis. 203 pp. 1976.
20. LANGRIDGE, J. Biochemical aspects of temperature response. *Ann Rev. Plant Phy.* 14: 441 - 462. 1936.
21. LAURITZEN, J.I. Some effects of chilling temperature on sweetpotatoes. *J. Agr. Res.* 42 (10): 617-627. 1931.
22. LEWIS, D.T. Physiological studies of tomato fruits injures by holding at chilling temperatures. Ph D. Dissertation. University of California, Davis. 153 pp. 1956.
23. LEWIS, D.T. and L.L. MORRIS. Effects of chilling storage on respiration and deterioration of several sweetpotatoes varieties. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68: 421 - 428. 1956.
24. LEWIS, D.T. and M. WORKAN. The effects of low temperatures on phosphate esterification and cell membrane permeability in tomato fruit and cabbage leaf tissue. *Aust. J. Biol. Sci.* 17: 147. 1964.
25. LIEBERMAN, M.C., C. CRAFT, M.V. AUDIA and M.S. WILCOX. Biochemical studies of chilling injury in sweetpotatoes. *Plant Phy.* 33: 307 - 311. 1958.
26. LYONS, J.M. Chilling injury in plants. *Ann Rev. of Plant Physiology.* 24: 445 - 466. 1973.
27. MORRIS L.L. and H. Platenius. Low temperature injury to certain vegetables after harvest. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 36: 609 - 613. 1938.
28. PLATENIUS, H. Effect of temperature on the respiration rate and the respiratory quotient of some vegetables. *Plant Phy.* 17: 179 - 197. 1942.
29. PORTER, W.C., D.M. PHARR, L.J. KUSHMAN and D.T. POPE. Discoloration of chilled sweetpotato (*Ipomoea Batatas* L.) roots. Factors related to cultivar differences. *J. Food Sci.* 42 (4): 938 - 941. 1976.
30. SISTRUNK, W.A., J.C. MILLER and L.G. JONES. Carbohydrates changes during storage and cooking of sweetpotatoes. *Food Tech.* 8: 223 - 226. 1954.
31. SOMOGY, M. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.* 915: 19 - 23. 1952.
32. VAKIS, N., W. GIERSON and J. SOULE. Chilling injury in tropical and subtropical fruits. III. The role of CO₂ in suppressing chilling injury of grapefruits and avocados. *Proc. Trop. Reg. Amer. Soc. Hort. Sci.* 14: 89 - 100. 1970.
33. WATADA, A.E. and L.L. MORRIS. Effects of chilling and non chilling temperatures on snap bean fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 89: 368 - 374. 1966.
34. YAMAKI, S. and Y. URITANI. Mechanism of chilling injury in sweetpotatoes. VI Changes of lipid components in the mitochondrial membrane during chilling storage. *Plant and Cell Phy.* 13: 67 - 69. 1972.
35. YAMAKI, S. and Y. URITANI. Mechanism of chilling injury in sweetpotatoes. X. Changes in lipid-protein interaction in mitochondria from cold stored tissue. *Plant Phys.* 51: 883 - 888. 1973.