

Proyecciones

Volumen 11

Número 1

Abril, 2013

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Rector

Ing. Héctor C. Brotto

Vice - Rector

Ing. Carlos E. Fantini

Decano

Ing. Guillermo Oliveto

Director

Lic. Juan Miguel Languasco, Facultad Regional Buenos Aires

Comité Editorial

Lic. Gladys Esperanza, Facultad Regional Buenos Aires

Dr. Fernando Gache, Facultad Regional Buenos Aires

Diseño y Diagramación

Marcela Laura Ferritto, Facultad Regional Buenos Aires

ISSN 1667-8400
(Versión impresa)

ISSN 1853-6352
(Versión en línea)

Registro de la
Propiedad
Intelectual
No. 5086253
(Versión impresa)

Registro de la
Propiedad
Intelectual
No. 5073167
(Versión en línea)

Propietario

*Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951 (C1179AAQ)
Buenos Aires, República Argentina*



Universidad Tecnológica Nacional

Proyecciones

Volumen 11

Número 1

Abril, 2013

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Consejo Editorial

Dr. Julio Cabero Almenara - Universidad de Sevilla, España

Dr. Ricardo Armentano Feijoo - Universidad Tecnológica Nacional/ Universidad Favaloro, Argentina

Dr. Daniel Bia Santana - Universidad de la República, Uruguay

Dra. Zulma Cataldi - Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Dra. María Cristina Donnamaría - Universidad Nacional de La Plata - CONICET, Argentina

Dr. Miguel Ángel Laborde, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Argentina

Dr. Walter Edgardo Legnani - Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Dr. Mario Gerardo Piattini Velthuis - Universidad de Castilla - La Mancha, España

Dr. Eduardo Jaime Quel - Universidad Tecnológica Nacional - CITEFA - CONICET, Argentina

Dra. Cecilia Verónica Sanz - Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Dr. Saverio Roberto Strangis - Cyclotope, Houston, Texas, Estados Unidos

Dra. Lurdes Marlene Seide Froemming - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Río Grande do Sul, Brasil

M.Sc. Ignacio Vélez Pareja - Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

✱ Universidad Tecnológica Nacional

Proyecciones

Volumen 11

Número 1

Abril, 2013

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Proyecciones es una publicación semestral, destinada a la difusión de trabajos originales de investigación en el campo de la ingeniería, en todas sus ramas, de su enseñanza y de las ciencias conexas. Asimismo se publican trabajos originados en las tesis desarrolladas en el ámbito de las carreras de posgrado que se dictan en la Facultad Regional Buenos Aires. Eventualmente son aceptadas también obras de revisión en temas específicos.

Todos los trabajos recibidos son objeto de revisión por parte de evaluadores externos, árbitros, y del Comité Editorial, según la metodología descrita en las Instrucciones para la Presentación de Artículos.

Esta publicación cuenta también con una versión en línea, a la cual se puede acceder ingresando en el sitio www.sectip.frba.utn.edu.ar/proyecciones.

En el sitio se encuentra, además del último volumen publicado, la colección completa de Proyecciones desde el año 2003. Esta colección está disponible en modo digital mediante la colaboración del Laboratorio de Procesamiento de Imágenes Documentales (LAPID) de la Subsecretaría de Gestión Tecnológica de la Facultad Regional Buenos Aires.

La información contenida en los artículos, así como las opiniones y los juicios vertidos, reflejan la creación y el pensamiento de los autores y no constituyen toma de posición o expresión por parte del Comité Editorial o de la facultad.

Se permite la reproducción total o parcial de los artículos publicados en Proyecciones, con expresa mención de la fuente y autorización de la Dirección.

INDICE

- 7 **Editorial**
- 9 **Presentación**
- 11 **Influencia del comparador en las correcciones por comportamiento no ideal del flujo epitérmico y su implicancia en los métodos paramétricos de análisis por activación neutrónica**
Pablo Mendoza Hidalgo, Isaac Marcos Cohen, Eduardo H. Montoya Rossi
- 31 **Estudio comparativo de la congelación de papa (*Solanum tuberosum* L.) sometida a diferentes pretratamientos.**
Patricia A. Della Rocca, Luis Alberto Roche, Rodolfo H. Mascheroni
- 47 **Modelado para la predicción de enfermedades en cultivos de alto valor comercial**
Enrique Bombelli, Ricardo Moschini, Eduardo Wright, María Virginia López, María del Carmen Fabrizio
- 61 **Evaluación financiera de proyectos de inversión: El caso de la Argentina**
Carlos Emilio Martínez; Juan Santiago Ledesma; Alfredo O. Russo
- 69 **Evaluación de los parámetros de color y de textura del zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) sometido a diferentes tratamientos de deshidratación osmótica**
Reynaldo J. Silva Paz , Gabriela I. Denoya, Juan M. Languasco, Patricia A. Della Rocca
- 81 **La regionalización como particularidad institucional de la Universidad Tecnológica Nacional**
María Eva Viglicca
- 91 **Caracterización tecnológica de morteros con escombros de albañilería molido**
Rubén Alberto López, Marcelo Masckauchan, Carlos Alberto Di Salvo, José Luis Verga, Alfredo Graich

Editorial

Es un gusto para mí presentar el primer número del onceavo año de *Proyecciones*, la revista científica de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional.

Este año es especial para la gestión que encabezo, ya que a fin de año concluiremos nuestro período para el cual fuimos elegidos en el año 2009. Con lo cual es un año para hacer balances y para contribuir a la proyección de los próximos años de nuestra institución.

En relación a la Revista, desde nuestra gestión hemos desarrollado varias iniciativas que tuvieron (y tienen) como principal propósito el impulsar la publicación, jerarquizarla y que nuestros investigadores incrementen la cantidad de publicaciones no sólo en ésta revista sino también en otras, en especial en aquellas que son internacionales con referato.

Desde nuestro primer año de gestión, el año 2009, la publicación es desarrollada bajo el ámbito de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SeCTIP), la más apropiada de las Secretarías para llevar adelante las políticas de promoción de la Revista. En la SeCTIP se reúne semanalmente su Comité Editorial, se almacena el archivo de la revista y se organiza la distribución de cada volumen.

En nuestra gestión, también, hemos duplicado la cantidad de ejemplares que se distribuyen por número. Al inicio de nuestra gestión el tiraje era de 600 ejemplares. Hoy la tirada es de 1200 ejemplares. A esto agregamos que en su mayoría la revista se envía gratuitamente a instituciones (principalmente nacionales) vinculadas a la investigación científica-tecnológica, tales como bibliotecas de universidades, facultades dedicadas a la enseñanza de la ingeniería y de las ciencias (en particular a las Facultades Regionales de la UTN), institutos de investigación tecnológicas, ministerios, colegios profesionales, etc.

Por otra parte, desde el primer número de 2011 se implementó la versión Internet de “*Proyecciones*”. A partir del presente número se cuenta con la colección completa 2003 - 2013. Esto requirió además, la obtención del Número Internacional Normalizado de Publicaciones Seriadas (ISSN), así como la conversión de todos los artículos publicados a una versión pdf digital para su inclusión, con libre acceso, en la página de la FRBA. Vaya nuestro agradecimiento al equipo de trabajo del Laboratorio de Procesamiento de Imágenes Documentales (LA-PID), de la Secretaría de Cultura y Extensión Universitaria de nuestra facultad.

Con la aprobación del Consejo Directivo de la FRBA en febrero de 2012 se constituyó un Consejo Editorial para la Revista, integrado por un muy selecto elenco de académicos y profesionales, de destacada trayectoria en los distintos campos del saber con que se relaciona la publicación, tanto de desempeño local como extranjero.

Cabe recordar también que el año pasado, en el 2012, la Facultad celebró los diez primeros años de la publicación ininterrumpida de “Proyecciones”. En dicho marco se realizó en el Aula Magna de nuestra FRBA a comienzos de diciembre un agasajo a los autores, en la que me acompañaron el Vicedecano, Secretarios, Subsecretarios, Directores Departamentales y personal docente y administrativo vinculado a la gestión de la Revista, además de quienes integraron e integran el Comité Editorial.

Continuando con la política del más firme respaldo a la implementación del Doctorado en Ingeniería en la FRBA, en los volúmenes de abril y octubre de 2012 se publicaron las dos primeras tesis doctorales presentadas y aprobadas en este marco, por los Dres. Ings. Jacobo Salvador y Sergio Gerardo Strocovsky, respectivamente. Cabe mencionar que durante el año 2012 el mencionado Doctorado obtuvo la categoría A de la Comisión Nacional de Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).

En atención al aumento de artículos recibidos durante 2012 se incrementó en un 40% la cantidad de páginas. Asimismo, se incluyó el uso del color en el interior de la revista, cuando el uso del mismo, en gráficos y figuras, redunde en un cambio significativo de la comprensión técnica del trabajo.

Todo lo antedicho fue llevado a cabo dentro del marco de premisas que caracterizaron a la publicación desde su aparición: arbitrajes externos garantizando el acceso al mejor nivel académico posible, accesibilidad gratuita a la totalidad de los artículos publicados y ausencia de sesgo comercial en sus páginas.

Por último, para el año 2013 se profundizará el cumplimiento de los criterios y recomendaciones del Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica (CAICYT-CONICET), entre ellos orientar a la relación 40/60 entre autores locales/autores externos a la FRBA y promover la vinculación con autores internacionales, priorizando los de lengua castellana y aceptando eventualmente artículos en portugués.

Aprovecho la oportunidad para felicitar a los autores de los trabajos por haber pasado las instancias evaluativas, al Comité Editorial por el excelente trabajo que desarrollan y el esfuerzo que les implica, y a todos los involucrados en hacer llegar esta revista a sus manos, por el orgullo que nos hacen sentir a los responsables de la Facultad.

ING. GUILLERMO OLIVETO
Decano

Presentación

Con el ejemplar que tiene en sus manos, amigo lector, comienza el año número 11 de nuestra revista Proyecciones.

El presente número comienza con un estudio teórico y experimental referido a la elección del comparador óptimo en los métodos paramétricos de análisis por activación en reactores nucleares, través del parámetro denominado α . El artículo “Influencia del comparador en las correcciones por comportamiento no ideal del flujo epitérmico y su implicancia en los métodos paramétricos de análisis por activación neutrónica”, es un trabajo basado en una tesis presentada por P. Mendoza Hidalgo, en el nivel cuaternario de esta Facultad, para su Maestría en Radioquímica. Su director y codirector también autores son, I. M. Cohen y E. H. Montoya Rossi respectivamente.

A continuación se presenta un trabajo en el que los aspectos experimentales de la investigación fueron realizados en forma conjunta en los laboratorios de Ingeniería Química de la FRBA y del CIDCA en la U. N. de La Plata. En los mismos se aplicaron diversas tecnologías de secado de alimentos: la combinación de métodos usando deshidratación osmótica y microondas (en la FRBA), precediendo a una etapa de congelación en un túnel de bandejas piloto (CIDCA). Luego se aplicaron diferentes modelos matemáticos a los datos experimentales a fin de predecir los tiempos requeridos para el congelamiento, de gran significación económica. Este artículo se titula “Estudio comparativo de la congelación de papa (*Solanum tuberosum* L.) sometida a diferentes pretratamientos”, sus autores son P. A. Della Rocca, L. A. Roche y R. Mascheroni.

El trabajo “Modelado para la predicción de enfermedades en cultivos de alto valor comercial” elaborado por E. Bombelli, R. Moschini, E. Wright, M. V. López, M. C. Fabrizio, G. Barberis y M. Rivera propone modelos predictivos matemáticos que permiten explicar y cuantificar el lento progreso epidémico (observado y simulado) de las manchas foliares ocasionadas por el hongo *Altenaria tenuissima* en plantaciones de arándano alto. La importancia de dichos modelos radica en que permitirán disminuir el impacto de las enfermedades en las cosechas en los cultivos intensivos en la Argentina.

C. E. Martínez, J. S. Ledesma y A. O. Russo son los autores del artículo “Evaluación financiera de proyectos de inversión: el caso de Argentina.” Para prevenir las fluctuaciones de la tasa de interés que ocurren en la Argentina, con motivo de crisis recurrentes, el presente trabajo analiza las condiciones de las decisiones de inversión que deben tener en cuenta las empresas, a efectos de permitir que para todo proyecto que tenga un Valor Presente Neto

(VPN) positivo y se considere razonable, el Período de Repago no supere los dos años y evite exponer a aquellas a un riesgo impredecible.

El siguiente artículo se denomina “Evaluación de los parámetros de color y de textura del zapallo anco (*Cucurbita moschata, D.*)” sometido a diferentes tratamientos de deshidratación osmótica” siendo sus autores R. J. Silva Paz, G. I. Denoya, J. M. Languasco, P. A. Della Rocca. Se trata de un trabajo experimental en que se estudian los efectos del proceso de deshidratación de ese zapallo sobre parámetros de calidad tales como el color y la textura del producto terminado. Se establecieron las condiciones óptimas de concentración y el efecto del escaldado para dicha proceso.

El estudio de caso, elaborado por María Eva Vigliecca conforma el siguiente trabajo titulado La regionalización como particularidad institucional de la Universidad Tecnológica Nacional. La autora analiza el modelo organizacional regionalizado de la universidad, desde un enfoque socio-histórico, organizacional y pedagógico. La investigación intenta precisar, qué características particulares la conformaron en comparación con otras instituciones de Educación Superior. El estudio se completa con la recuperación de un conjunto de testimonios de actores que participaron de la vida institucional universitaria desde la creación de la entonces Universidad Obrera Nacional.

Finalmente, presentamos la Nota Técnica de los autores R. A. López, M. Masckauchan, C. A. Di Salvo, J. L. Verga y A. Graich denominada “Caracterización tecnológica de morteros con escombros de albañilería molido”. En la misma se exponen resultados experimentales del análisis de las características técnicas, físicas y mecánicas, de escombros de albañilería provenientes de obras edilicias y de morteros producidos con ellos.

Como siempre, esperamos que estos artículos contribuyan al desarrollo científico y tecnológico del país y de las disciplinas involucradas.

FE DE ERRATA: Deseamos rectificar una información errónea generada en el proceso de edición publicada en el Año 10, N° 2 de octubre de 2012, página 72, en el artículo firmado por el Dr. N. Rotstein, la fecha del fallecimiento del Dr. Constantino Ferro Fontán ocurrió el 05 de abril de 2006.

LIC. AGUSTÍN CAMPERO
Secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Influencia del comparador en las correcciones por comportamiento no ideal del flujo epitérmico y su implicancia en los métodos paramétricos de análisis por activación neutrónica

**Pablo Mendoza Hidalgo¹, Isaac Marcos Cohen^{2,3},
Eduardo H. Montoya Rossi¹**

¹ Instituto Peruano de Energía Nuclear, División de Técnicas Analíticas Nucleares, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

² Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Av. Mitre 750, 1870 Avellaneda, Argentina

³ Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química, Av. Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

pmendoza@ipen.gob.pe

Recibido el 20 de Febrero de 2013, aprobado el 12 de Marzo de 2013

Resumen

Se estudia la importancia de la elección del comparador en los métodos paramétricos de análisis por activación en reactores nucleares, con énfasis en las correcciones por comportamiento no ideal del flujo epitérmico a través del parámetro α . Se propone un nuevo método para la determinación simultánea de este parámetro, de los flujos térmico y epitérmico y de la temperatura neutrónica. Se evalúan diferentes conjuntos de monitores y se discuten los resultados obtenidos.

PALABRAS CLAVE: ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN PARAMÉTRICO – REACTORES NUCLEARES – PARÁMETRO ALFA

Abstract

The importance of the choice of the comparator in the parametric methods of activation analysis in nuclear reactors, with emphasis in the corrections by non-ideal behaviour of the epithermal flux through the α parameter, is studied. A method for simultaneous determination of this parameter, together with the thermal and epithermal fluxes and neutron temperature, is proposed. Different set of monitors are evaluated and the obtained results are discussed.

KEYWORDS: PARAMETRIC ACTIVATION ANALYSIS – NUCLEAR REACTORS – ALPHA PARAMETER

*Trabajo basado en la tesis presentada por P. Mendoza Hidalgo para optar al título de Magíster en Radioquímica (Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional) bajo la dirección de I. M. Cohen y la codirección de E. H. Montoya Rossi.

Introducción

El análisis por activación neutrónica ocupa un lugar importante en el contexto de las técnicas analíticas. Su relativa simplicidad y adecuada sensibilidad, así como gran adaptabilidad al análisis multielemental, sientan las bases de una técnica propicia para el análisis cuantitativo no destructivo. Sin embargo, la aplicación multielemental es a veces engorrosa en su forma clásica, que consiste en la irradiación y la subsecuente medición de un patrón para cada elemento presente en la muestra a ser evaluada. Este procedimiento posee desventajas obvias, fundamentalmente la imposibilidad de cuantificar elementos no esperados en el análisis, así como varias dificultades en asegurar condiciones idénticas de irradiación, tanto para la muestra como para el estándar. Estos factores, a los que se suma la variedad de muestras a analizar, hacen difícil aplicar una metodología estandarizada.

Un primer esfuerzo en poder simplificar dicha tarea fue realizado por Girardi y colaboradores (1965), quienes definieron valores empíricos k , sobre la base del cociente de actividades específicas del radioisótopo investigado y de un único comparador, ambos medidos bajo condiciones operativas bien establecidas, que en la jerga nuclear se definen mediante la relación de flujo térmico al flujo epitérmico (φ_t/φ_e , simbolizada más tarde como f).

La exactitud del método depende entonces de la vigencia del valor k en el tiempo, cuya validez queda restringida a sitios específicos de irradiación, dado que la relación de sección eficaz efectiva depende del espectro neutrónico del reactor y éste, lejos de ser constante, varía según la posición.

En 1975, Simonits y colaboradores propusieron que el camino más óptimo para generalizar el método del comparador único era la transformación de los valores k en los denominados factores k_0 , los cuales son independientes de las condiciones de irradiación y medición. Simonits y colaboradores (1976), introdujeron luego la idea de emplear al zirconio como monitor de flujo bi-isotópico, siendo la principal razón para tal propuesta la gran diferencia entre los valores I_0/σ_0 (cocientes entre integral de resonancia y sección eficaz, conocidos más tarde como Q_0) para las reac-

ciones $^{94}\text{Zr}(n,\gamma)^{95}\text{Zr}$ y $^{96}\text{Zr}(n,\gamma)^{97}\text{Zr}$, que reducía el factor de error de propagación en los cálculos. Adicionalmente, una situación favorable con respecto a las energías gamma medidas llevaba a la no necesidad de conocer la eficiencia de detección, y fortalecía en principio su utilización.

A la noción tradicional de un flujo ideal en la región epitérmica, dependiente de la inversa de la energía, se contraponen la necesidad de considerar un comportamiento diferente, donde resulta preciso introducir un factor de corrección, conocido genéricamente como α . La inclusión de este parámetro implica una nueva definición para la integral de resonancia, que involucra el concepto de energía efectiva de resonancia, \bar{E}_r (Ryves y Paul, 1968).

Bajo tales consideraciones, el extremo valor de la energía de resonancia de la reacción (n,γ) para el ^{94}Zr , así como el del valor del cociente I_0/σ_0 del ^{96}Zr , hacen que la determinación de flujos se torne bastante incómoda e incierta (De Corte, 2001). Esta situación se refleja en una continua reevaluación de tales datos (Simonits y colaboradores, 2000); (Smolis y colaboradores, 2003); (Lin y colaboradores, 2009).

Para la determinación del parámetro α , si bien se dispone de una variedad de metodologías cuya diferencia principal radica en el uso o no de una cobertura de cadmio, se aplica generalmente el método del triple monitor desnudo (De Corte y colaboradores, 1979).

Usualmente se emplea al conjunto ^{197}Au - ^{94}Zr - ^{96}Zr como monitores en la determinación de α . Su ordenamiento en las expresiones de cálculo está definido por sus valores de Q_0 y \bar{E}_r , obedeciendo a una secuencia de combinación en donde $Q_{0,1} < Q_{0,2} < Q_{0,3}$ (y preferentemente, $\bar{E}_{r,2} < \bar{E}_{r,1} < \bar{E}_{r,3}$) para evitar que los valores medios, tanto de Q_0 como de \bar{E}_r , coincidan en la secuencia y conduzcan a un inaceptablemente alto error de propagación.

Considerando la combinación de monitores mencionada, la incertidumbre total asociada al valor de α llega a alcanzar hasta un 86% para $\alpha = 0,015$ ($f = 25$) y 39% para $\alpha = 0,084$ ($f = 72$) (De Corte y colaboradores, 1981). Si bien la incertidumbre asociada a la determinación de α es considerable, este método fue, has-

ta el presente trabajo, la única alternativa con respecto a los que utilizan cobertura de cadmio, siendo de suma importancia para el análisis por activación mediante reacciones (n,γ) y el empleo del método estandarizado del k_0 .

Tal grado de incertidumbre disminuye sustancialmente cuando se emplea un mayor número de monitores y luego de una selección cuidadosa en los valores de Q_0 y \bar{E}_r y de los parámetros nucleares especialmente referidos a la elección del monitor de referencia o comparador.

Considerando la importancia de los parámetros mencionados en el cálculo de la concentración y que su variabilidad afecta a la incertidumbre de la determinación, se han emprendido esfuerzos para mejorar tal situación. En ese sentido, un método que involucre un mayor número de monitores sería la mejor opción. Conceptualmente nos estaríamos refiriendo al método de monitores desnudos múltiples, pero tanto en este método como en el conocido como "triple monitor desnudo", el valor de α es evaluado a partir de funciones implícitas mediante métodos iterativos.

Un planteamiento alternativo fue propuesto recientemente por los autores Montoya y colaboradores, 2010: mediante un conjunto de monitores: ^{45}Sc , ^{50}Cr , ^{55}Mn , ^{58}Fe , ^{59}Co , ^{64}Zn , ^{94}Zr , ^{96}Zr , ^{98}Mo , ^{176}Lu y ^{197}Au , se determinan simultáneamente el flujo térmico y el epitérmico, así como el valor de α , aplicando un método modificado al desarrollado por Kestelman y colaboradores (1995). Dicha modificación requiere la exactitud de los datos de entrada de sección eficaz, integral de resonancia y factores g de Westcott, para obtener un correcto valor de α a partir del punto de cruce de las curvas correspondientes de todas las reacciones (n,γ) , permitiéndonos además conocer el desempeño de cada monitor.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal la realización de un estudio sistemático, tanto teórico como experimental, acerca de la influencia del comparador en las correcciones por comportamiento no ideal del flujo epitérmico, cuando se emplean métodos paramétricos.

A partir de la realización de la propuesta antes enunciada se pretende generar un significati-

vo avance acerca del empleo de comparadores en el análisis por activación neutrónica instrumental paramétrico.

Consideraciones Generales

La ecuación fundamental del análisis por activación neutrónica se puede expresar de modo general como:

$$A_0 = \frac{0,6023\theta w}{M} \left[\int_0^\infty \sigma(v)\phi(v)dv \right] S$$

Donde A_0 es la actividad obtenida al final de la irradiación, M es el peso atómico del elemento de interés, θ es la abundancia isotópica del isótopo precursor, w la masa del elemento analizado presente en la muestra, v la velocidad del neutrón incidente, σ la sección eficaz de captura del isótopo a activar, ϕ el flujo neutrónico con que se irradia la muestra y S es el llamado factor de saturación.

Es evidente la relación de proporcionalidad directa entre la actividad obtenida al final de la irradiación y la masa del elemento químico de interés presente en la muestra. Si bien su determinación aparentemente es de directa ejecución a partir de los parámetros y constantes involucradas, la evaluación de la integral que representa la tasa de reacción por núcleo es de manejo complejo.

De acuerdo con Erdtmann (1986) no se dispone de descripciones teóricas exactas de $\sigma(v)$, $\phi(v)$ por medio de funciones analíticas integrables. Por lo tanto, para evaluar la integral de la ecuación de activación, se han establecido algunas convenciones basadas en propiedades de $\sigma(v)$ y $\phi(v)$, determinadas en forma experimental y que correctamente empleadas dan resultados aceptablemente exactos.

En el presente trabajo se adoptará la convención de Stoughton y Halperin (1959) que considera a la temperatura neutrónica como parámetro de cálculo, tal como sucede en la convención de Westcott, pero sin su complejidad metodológica.

Situación presente en torno a la determinación y las perspectivas de aplicación del parámetro α

Una de las mayores dificultades encontradas

en el análisis por activación paramétrica es la desviación del comportamiento ideal de la componente epitérmica del flujo neutrónico. Su no consideración puede conducir a errores sistemáticos, en términos de concentración, dependiendo de las características de la posición de irradiación (f, α) y del comparador empleado.

Aunque la expresión que describe tal comportamiento está dada por $(E^{1+\alpha})^{-1}$, en donde α varía usualmente de $-0,05 < \alpha < 0,12$, según Op De Beeck (1985) el parámetro α también puede ser formulado explícitamente como función de r (distancia a la fuente de neutrones) y E .

Esto revela una complicada dependencia de α respecto a la energía neutrónica, lo que hace cuestionable alcanzar una corrección para el comportamiento no ideal del flujo epitérmico que sea suficientemente exacta para propósitos de análisis cuantitativo por medios paramétricos.

De Corte y colaboradores (1979) plantearon la necesidad de considerar la desviación de la idealidad del flujo epitérmico y efectuar las correcciones pertinentes para describir la forma del espectro neutrónico aplicable a cualquier reactor. Sin embargo, dicha suposición puede ser objetable desde el punto de vista de la física de reactores. El tipo de moderador, la existencia de reflectores neutrónicos y la captura resonante por el material constituyente varían en cada reactor, reflejándose tales cambios en la forma del espectro.

Kennedy (2003) observó, para un grupo de 10 elementos con valores de $Q_0 > 10$, una variación de 7% hasta 42,6% con respecto a los valores de Q_0 dados por Simonits y colaboradores (2000) al irradiar en posiciones cercanas al núcleo con abundante berilio circundando los elementos combustibles. Adujo como causas probables una mayor moderación neutrónica por el berilio en comparación con el hidrógeno, o depresión de la componente epitérmica debido a picos de resonancia del ^{238}U , con la consecuente desviación en el comportamiento $1/E^{1+\alpha}$.

Esta distorsión ha sido también planteada por Koster-Ammerlaan y colaboradores (2011) en estudios reportados sobre diferentes expe-

riencias en las que se empleó zirconio y oro como monitores de flujo para la determinación del valor de α , atribuyéndola a la formación y termalización de los fotoneutrones producidos por el berilio, con directo impacto en la activación por resonancia de ^{95}Zr y ^{97}Zr .

No obstante, el aspecto más relevante, prácticamente no tenido en cuenta, es que la adopción de la nueva expresión para la descripción de la componente epitérmica del flujo implica que los valores de las constantes nucleares obtenidos en un reactor no son inmediatamente aplicables a otros, y ni siquiera lo son los medidos en una posición específica de un reactor con respecto a las otras. Así, muchos de los datos de integrales de resonancia y cocientes Q_0 existentes en la literatura serían cuestionables, en tanto no se haya caracterizado adecuadamente el espectro en la posición de irradiación (Arribére y colaboradores, 2005).

Desarrollo e implementación de un nuevo método para la caracterización de los flujos neutrónicos térmico y epitérmico

Si bien uno de los métodos más empleados para la medición de flujos es la relación de cadmio, ésta presenta inconvenientes para la irradiación simultánea de los monitores con las muestras, por la fuerte depresión del flujo en sus proximidades y la generación de dosis importantes por la activación de la cubierta. Por tal razón, resulta conveniente considerar la posibilidad de desarrollar otros métodos, donde las muestras puedan irradiarse en forma desnuda.

Una alternativa para el desarrollo del nuevo método aquí presentado es la activación de dos o más isótopos, elegidos de forma tal que se cumpla: $Q_{0,1}/Q_{0,2} \gg 1$ al menos para un par de ellos.

Para cada uno de los isótopos, la actividad normalizada a decaimiento cero del monitor i puede ser expresada por la ecuación de activación según la convención de Stoughton y Halperin (modificada para tener en cuenta la no idealidad del espectro neutrónico epitérmico) como:

$$g(T) \sigma_i G_{th} \phi_t + [I(\alpha)_i G_{epi} + \Delta I_i G_{th}] \phi_e = A_i \quad (1)$$

Siendo:

$$A_{ij} = \frac{c_{n,ij} \lambda_i M_i}{w_i \theta_i N_a \gamma_{ij} \varepsilon_j (1 - e^{-\lambda_i t_i}) e^{-\lambda_i t_d} (1 - e^{-\lambda_i t_m})}$$

Donde:

i = denota las constantes asociadas a un isótopo
 j = denota las constantes asociadas a una línea gamma del isótopo i

$g(T)$ es el factor de Westcott y $\Delta I_i = 0,56\sigma_0$ es la integral de resonancia entre $E = \mu kT$ y la energía de corte de cadmio, siempre que ningún pico de resonancia exista en dicho intervalo.

Mediante la ecuación (1) se calcula para cada monitor una serie de valores del flujo neutrónico térmico, en función de una serie de valores arbitrariamente dados para el flujo epitérmico. Las curvas generadas por la ecuación (1) tienen pendientes diferentes, de acuerdo con el comportamiento del monitor, produciéndose puntos de cruce cuyos valores de coordenadas indicarán los valores de los flujos, térmico y epitérmico, buscados.

Esto significa que si los datos de entrada de sección eficaz, integral de resonancia y factores g de Westcott son exactos, un valor correcto de α debe llevar a un punto único de cruce para las curvas correspondientes a todas las reacciones implicadas, infiriéndose que todos los monitores deben rendir los mismos valores para la caracterización (ϕ_t y ϕ_e) de la posición evaluada.

Adicionalmente, si el valor del factor de Westcott para ^{176}Lu es correcto, la curva para la reacción $^{176}\text{Lu}(n,\gamma)^{177}\text{Lu}$ debe cruzar a las demás curvas en el mismo punto. Entonces, tanto α como T_n se convierten en parámetros de ajuste para el punto de cruce entre las curvas calculadas, lo cual a su vez proporciona la base de su determinación. Una vez obtenidos los valores promedio, tanto del flujo neutrónico térmico como epitérmico, se calcula el valor de f como la razón ϕ_t / ϕ_e .

Es este punto en donde se propone además, como innovación, el empleo del código numérico de Monte Carlo para la simulación de los parámetros de flujo, con el objetivo de evaluar la incertidumbre total asociada a la determinación. Esta metodología ha sido aceptada por la

ISO como técnica validada para el cálculo de incertidumbres de mediciones experimentales (GUM, 2004).

Koster-Ammerlaan y colaboradores (2008) demostraron la factibilidad de emplear el método numérico de Monte Carlo para el cálculo de las incertidumbres de los parámetros f y α mediante simulación ($N=1000$) variando aleatoriamente la actividad de los monitores involucrados en $\pm 0,5\%$. Steele y Douglas (2005) demostraron que se podía simplificar su utilización mediante el uso de Microsoft Excel, que ofrece una generación de números pseudoaleatorios adecuada.

Se presupone que tales números pseudoaleatorios siguen una distribución similar a la variable de interés estudiada, lo que conduce al planteamiento siguiente: si la actividad específica tiene una distribución uniforme, de acuerdo con el teorema del límite central, al ser la suma de n variables aleatorias e independientes su función de distribución se aproxima bien a una distribución normal.

Entonces, si se generan valores independientes no correlativos de ϕ_t , ϕ_e , f y α , considerando una generación lo suficientemente grande ($N > 30$, N = número de interacciones) la media será la misma que la de la variable de interés, y la desviación estándar de la media muestral será aproximadamente el error estándar.

Esta metodología permite obviar las complejas expresiones de cálculo relacionadas con la evaluación de la incertidumbre combinada siguiendo la ley de propagación; asegura también la independencia no correlativa de las variables de interés, por la naturaleza plenamente aleatoria de sus valores de entrada.

Estructura del programa de cálculo

Con el fin de evaluar la consistencia de los datos nucleares y caracterizar los parámetros del flujo neutrónico, se desarrolló una aplicación en el lenguaje Visual Basic for Applications de Mi-

Microsoft Excel, que permite modificar los datos involucrados en forma directa. El programa está estructurado en tres partes u hojas (en el libro electrónico):

a) Datos y Cálculos

Las variables experimentales y las constantes seleccionadas se agrupan como se indica a continuación. Los datos de entrada (1 a 12, experimentales; 13 a 24, de tablas) son:

1. m , masa de monitor en (μg)
2. G_{Th} , factor de autoblindaje térmico
3. G_{epi} , factor de autoblindaje epitérmico
4. coi , corrección por coincidencia
5. ϵ , eficiencia geométrica de la medición
6. t_r , tiempo de irradiación
7. td , tiempo de decaimiento
8. t_v , tiempo de conteo prefijado o vivo
9. t_r , tiempo de conteo real
10. C_n , área neta de pico pleno
11. α , valor arbitrario de alfa para una primera aproximación
12. unc , incertidumbre ($k=2$) para variable aleatoria de actividad A
13. J , radioisótopo
14. M , peso atómico
15. σ_0 (b), sección eficaz de captura
16. I_{or} , integral de resonancia
17. θ , abundancia isotópica
18. $g(t)$, factor de Westcott
19. $Q_0(0)$, valor de relación I_0/σ_0
20. \bar{E}_r , energía efectiva de resonancia
21. $T_{1/2}$, periodo de semidesintegración
22. γ , intensidad de emisión gamma para pico pleno de energía
23. valor de k_0 de tablas
24. valor de k_0 teórico

Los algoritmos de cálculo utilizados contemplan en forma secuencial:

- Determinación del valor de $I_0(\alpha)$ según un valor de α inicialmente propuesto
- Cálculo del valor de $Q_0(\alpha) + 0,56$
- Generación de la variable aleatoria (actividad específica)
- Cálculo del flujo neutrónico térmico
- Área esperada del monitor según condiciones temporales y valores de flujo neutrónico aplicados
- Cálculo del valor k_0 experimentalmente obtenido

b) Análisis gráfico

Se evaluó el comportamiento de las curvas expresadas como flujo neutrónico de los diferentes monitores planteados en el estudio. Mediante ajuste iterativo de los parámetros de T_n y α se interceptaron las curvas correspondientes a los monitores de alto valor de I_0/σ_0 con los de comportamiento $1/v$ respectivos. Dicho ajuste se realizó hasta obtener el menor valor de coeficiente de variación.

c) Simulación numérica de Montecarlo

Obtenidos los valores ajustados de φ_{tr} , φ_{er} , f y α se calcularon por simulación de Montecarlo los parámetros de incertidumbre asociada expresados como σ (1s) y desviación estándar relativa porcentual, aplicando un número N de interacciones lo suficientemente elevado (mínimo 30).

Evaluación de la consistencia metodológica

La determinación experimental de $k_{0,x}$ (correspondiente al isótopo x) empleando al oro como comparador, está formulada según:

$$k_{0,Au}(x) = \frac{T_{sp,x}}{T_{sp,Au}} * \frac{f + Q_{0,Au}(\alpha)}{f + Q_{0,x}(\alpha)} * \frac{\epsilon_{Au}}{\epsilon_x}$$

Una primera evaluación de los datos seleccionados, y por lo tanto de su calidad, la constituye la concordancia entre los valores de k_0 obtenidos experimentalmente y los valores tabulados usualmente empleados (De Corte y Simonits, 2003).

Una segunda evaluación, también concerniente a la calidad de los resultados, está referida al grado de similitud entre el área del pico de energía plena de interés experimentalmente obtenido y el calculado a partir de los datos y parámetros seleccionados.

Selección de Datos Nucleares

Para seleccionar los datos nucleares empleados se decidió, no la elección del "mejor valor" sino la de un conjunto de valores consistentes, siendo éste el criterio prioritario aplicado. Así, se tomaron preferentemente valores publicados por el mismo grupo de trabajo. Las fuentes seleccionadas para los diferentes datos fueron:

Secciones eficaces e integrales de resonancia:

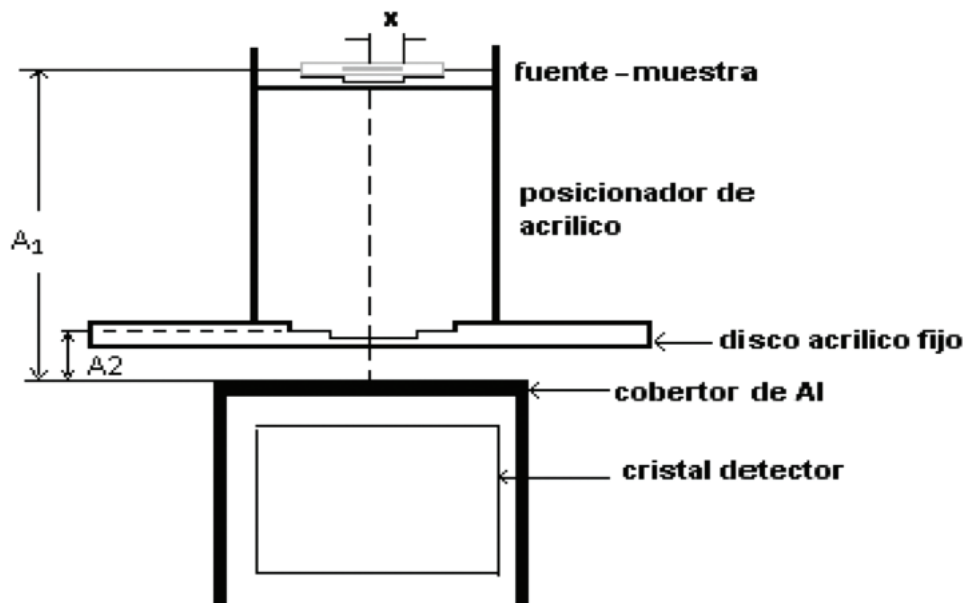


Fig. 1. Vista lateral del arreglo geométrico de medición. Distancia para geometría de referencia A1 = 210,7 mm y para geometría rutinaria A2 = 58,2mm.

De Corte y Simonits (2003) y por Mughabghab (2003).

Masas atómicas relativas y abundancias isotópicas: Wieser (2006) y Rossman y Taylor (1998), respectivamente.

Intensidades de las transiciones: base de datos del Laboratoire Nationale Henri Becquerel (LNHB) de Francia (www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm).

Periodos de semidesintegración: base de datos: Decay Data Evaluation Project, actualizada por LNHB (www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm)

Radionucleídos no evaluados por DDEP: IAEA (2007).

Energías efectivas de resonancia (\bar{E}_r): De Corte y colaboradores (2001); versión electrónica compilada por Kolotov y De Corte, disponible en www.iupac.org.

La complejidad del tipo de activación/decaimiento de los radioisótopos de interés fue igualmente considerada, siendo una importante guía de estudio la dada por la base electrónica interactiva de Kolotov y De Corte (2004).

Desarrollo Experimental

Las mediciones de las actividades inducidas en el reactor RP10 del centro nuclear de Huarangal se realizaron con el programa Genie2K, versión 2.0 (Canberra). Se empleó un detector

de germanio hiperpuro de 78 cm³ Canberra, modelo GC1518, con 15% de eficiencia relativa y 1,8 keV de resolución (respecto al pico de 1332,5 keV de ⁶⁰Co), y relación pico/Compton ~ 51, asociado a un sistema automático intercambiador de muestras de seis posiciones de conteo.

La eficiencia de detección, ϵ , fue determinada mediante una relación semiempírica definiendo una distancia de medición rutinaria (A2) de 58,2 mm y una distancia de referencia (A1) de 210,7 mm, cuyo arreglo geométrico se detalla en la Figura 1.

Dado que mediciones cercanas al detector implican correcciones por efectos de coincidencia y no se disponía de suficientes fuentes de calibración no coincidentes, se prepararon fuentes secundarias, cuya actividad se calculó empleando el valor de eficiencia determinado en la geometría de medición A1.

Tales fuentes, acondicionadas en envases de polietileno, fueron luego medidas en la geometría A2. Los 13 pares coordenadas energía-eficiencias evaluadas se ajustaron mediante regresión polinómica según la función:

$$\ln \epsilon_{\text{ref}} = c_1 + c_2 \ln \epsilon + c_3 (\ln \epsilon)^2 + c_4 (\ln \epsilon)^3 + c_5 (\ln \epsilon)^4$$

Selección de precursores y productos

Se buscaron reacciones viables entre las reacciones de captura inducidas por las componentes térmica y epitérmica del reactor, cuyos precursores fueran materiales con características físicas adecuadas y sus productos emisores gamma.

Se eligieron nucleídos sobre los que la reacción (n,γ) no conducía a la formación de isómeros. Se evitó el uso de nucleídos con energías efectivas de resonancia excesivamente altas y se seleccionaron los factores $Q_0(0)$ como para cubrir un amplio rango de valores.

Preparación de Blancos

Se preparó una solución múltiple de Co(II), Cr(III), Mn(II), Mo(VI) y Sc(III). Los eventuales efectos de contaminación cruzada son despreciables, dada la alta pureza de los reactivos empleados. Se transfirieron 350 mg de la solución múltiple a un envase de polietileno (PE) conteniendo como soporte 30 mg de celulosa de grado cromatográfico, secando el contenido mediante lámpara infrarroja. Se tapó el envase obteniendo un espesor no mayor 1 mm, con el fin de minimizar la autoabsorción de la radiación gamma. Se selló el envase térmicamente mediante plancha convencional recubierta con papel de aluminio.

Las transferencias de material se realizaron en forma gravimétrica, empleando una balanza electrónica marca Shimadzu, modelo AW320.

Los monitores en forma metálica se irradiaron, según su disponibilidad, como alambres o láminas, determinando para cada caso los factores de autodepresión neutrónica térmica (G_{th}) y epitérmica (G_{epi}) mediante programa de cálculo en Excel (Chilian y colaboradores, 2008)].

En todos los casos se emplearon masas adecuadas de los analitos de interés y se calcularon los factores de corrección por autodepresión neutrónica, así como los valores de eficiencia y corrección por coincidencia empleados.

Optimización de las condiciones de irradiación y medición

Los envases conteniendo tanto la solución múltiple como los monitores metálicos se acondicionaron en cápsulas de irradiación. Se trans-

firieron a la posición A1 del núcleo del reactor RP10 por vía neumática y se irradiaron por espacio de (939 ± 1) s a una potencia nominal de 10 MW.

Para definir las masas a irradiar se consideró una actividad que implicara una incertidumbre de área $< 0,5\%$ para el pico de energía plena evaluado. Luego, mediante la ecuación de activación (tasa de reacción según la convención de Stoughton Halperin modificada) y mediante un esquema de trabajo con los factores temporales preestablecidos, se calcularon los valores de masa de los elementos correspondientes.

Los tiempos de decaimiento se ajustaron de forma tal para medir con un tiempo muerto $T_m < 5\%$ y con buena estadística de conteo, $A \geq 50000$. p.

La geometría de rutina de 58,2 mm empleada para el conteo de los radioisótopos de interés (exceptuando al ^{56}Mn , que se midió a 210,7mm) implica la necesidad de incluir correcciones por coincidencia; a esos efectos se utilizó el "k₀-IAEA programe" (Rossbach y colaboradores 2007).

Resultados y evaluación primaria

Ventajas y limitaciones del método propuesto

El método de cálculo implementado evalúa los datos de entrada en forma independiente, permitiendo visualizar en forma gráfica el comportamiento del monitor de interés a lo largo de su función $\varphi_t = f(\varphi_e)$, lo que constituye una gran ventaja para investigar mínimas variaciones en el comportamiento del monitor. Asimismo, es posible evaluar la influencia de los parámetros de entrada mediante aproximación numérica, observando posteriormente en forma gráfica el comportamiento del monitor con los datos introducidos.

Dentro de los parámetros nucleares de entrada, los referidos a sección eficaz de absorción (σ_0) e intensidad de emisión gamma (γ) son los más críticos, dada su participación directa en el formulismo de cálculo del flujo neutrónico térmico, en tanto que el área del pico de interés evaluado, así como su eficiencia absoluta, son las variables experimentales más relevantes. Asimismo, el cálculo de la incertidumbre em-

pleando el código de Montecarlo nos brinda la información necesaria para las incertidumbres de los parámetros ϕ_t , ϕ_e , α y f basada en el tratamiento sobre datos reales y suponiendo una distribución rectangular (por el algoritmo de la variable pseudoaleatoria empleada), cuyos valores a 68% de confianza son más conservadores que los correspondientes a una distribución normal.

La forma de cálculo del parámetro α reviste especial importancia y presenta una ventaja, pues basa su determinación en el comportamiento de los monitores involucrados y permite calcular una incertidumbre acorde al valor encontrado, a diferencia de la metodología empleada por De Corte (1987).

El análisis gráfico implementado permite realizar ajuste visual interactivo en la búsqueda del mejor punto de intersección o de solución, el cual debe incluir los monitores claves como ^{198}Au , $^{97\text{m}}\text{Nb}$, ^{99}Mo y los denominados térmicos, sin olvidar al ^{177}Lu . Este fue el principal mecanismo empleado en la selección de los monitores.

El método desarrollado presenta un alto grado de robustez, observada en los diferentes gráficos de ajuste iterativo donde los valores para f , α y T_n se mantienen casi inalterables, incluso si existe una situación de inconsistencia para alguno de los monitores involucrados. Tal caracte-

terística de robustez se debe a que el valor de f se determina sobre la base del flujo neutrónico térmico promedio de todos los monitores partícipes, en tanto que α y T_n se obtienen por ajuste iterativo según criterio visual.

Evaluación de los monitores seleccionados

Se evaluaron gráficamente las variaciones producidas por los valores empleados de las dos bases de datos consideradas para las secciones eficaces y las integrales de resonancia. Se analizó el comportamiento y la consistencia de los diversos monitores a partir del resultado final obtenido, presentado en forma gráfica en la Figura 2.

Se observa una alta consistencia entre ^{46}Sc , ^{56}Mn , ^{60}Co , $^{97\text{m}}\text{Nb}$, ^{95}Zr , ^{198}Au , ^{51}Cr , ^{65}Zn y ^{177}Lu , en la zona de mayor cruce de rectas. El rango de la zona de cruce con relación al flujo neutrónico térmico promedio es aproximadamente 0,2%, considerando como límites los valores de ϕ_t para ^{46}Sc y ^{65}Zn calculados para un $\phi_e = 3,32 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Esto implica que el rango de variación de la zona de intersección se encuentra dentro de la incertidumbre calculada.

Considerando los valores obtenidos para los parámetros del flujo neutrónico se calculó la concordancia en términos de área para el pico de energía pleno característico y los valores de k_0 respectivos, comparándose con los repor-

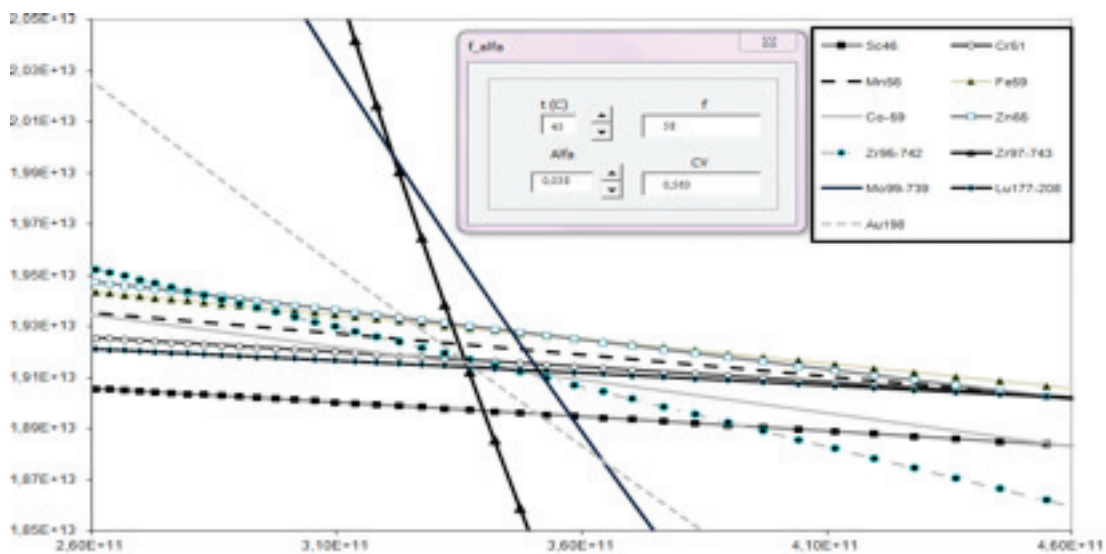


Fig. 2. Determinación simultánea de f , α y T_n . Zona de cruce seleccionada: ^{59}Co , $^{97\text{m}}\text{Nb}$, ^{198}Au , ^{95}Zr , ^{65}Zn y ^{177}Lu : $f = 58 \pm 2$, $\alpha = 0.038 \pm 0.008$ y $T_n = 45 \pm 2$. Flujo neutrónico promedio para 10 MW de potencia: $\phi_t = (1,924 \pm 0.005) 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y $\phi_e = (3,32 \pm 0.14) 10^{11} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Incertidumbre expresada como 1σ .

	EY (keV)	Concordancia entre las áreas calculadas y experimentales	k ₀ obtenido	k ₀ literatura [De Corte y Simonits, 2003]	k ₀ calculado	k ₀ obtenido / k ₀ literatura	k ₀ obtenido / k ₀ calculado
¹⁹⁸ Au	411,8	0,9985	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
⁶⁰ Co	1173,2	0,9992	1,314	1,320	1,316	0,9955	0,9984
⁶⁰ Co	1332,5	1,0009	1,3216	1,320	1,318	0,9967	0,9983
⁵¹ Cr	320,1	0,9989	2,715E-03	2,62E-03	2,740E-03	1,0362	0,9908
⁵⁹ Fe	1099,2	0,9954	7,692E-05	7,77E-05	7,759E-05	0,9900	0,9914
¹⁷⁷ Lu	208,4	1,0085	6,694E-02	7,14E-02	6,694E-02	0,9375	0,9999
⁵⁶ Mn	846,8	1,0000	4,963E-01	4,96E-01	5,000E-01	1,0006	0,9926
⁹⁹ Mo	739,5	1,0130	8,774E-05	8,46E-05	8,727E-05	1,0371	1,0054
⁴⁶ Sc	889,3	0,9965	1,265E+00	1,22E+00	1,264E+00	1,0370	1,0009
⁶⁵ Zn	1115,5	1,0000	5,709E-03	5,72E-03	5,676E-03	0,9981	1,0052
⁹⁵ Zr	742,2	1,0055	2,005E-04	2,00E-04	2,003E-04	1,0023	1,0010
^{97m} Nb	743,4	0,9922	1,244E-05	1,24E-05	1,256E-05	1,0035	0,9908

Tabla 1. Evaluación de la concordancia y de los valores de k₀ obtenidos con los reportados en literatura y los calculados a partir de los datos nucleares

tados por la literatura (De Corte y Simonits, 2003) y los calculados teóricamente. Los resultados se presentan en la Tabla 1. Es importante notar que el concepto de concordancia (razón entre el área observada y la calculada) constituye una primera medida de la consistencia de los datos.

Se obtuvo un alto grado de concordancia entre áreas medidas y calculadas, sobre la base de los datos nucleares seleccionados inicialmente.

Se encontró gran similitud en la razón de valores k₀ obtenidos experimentalmente frente a los calculados teóricamente. Con respecto a los valores k₀ reportados en la literatura (De Corte y Simonits, 2003) se encontró una razón mayor que 1,03 para ⁵¹Cr, ⁴⁶Sc, ¹⁷⁷Lu y ⁹⁹Mo, cuyas probable causas serán discutidas más adelante.

Monitores de bajo Q₀ (< 10)

Para la selección de los monitores de mejor comportamiento térmico se consideró, de acuerdo con Yusuf y Fleming (1994), aquellos cuyo valor de Q₀ se aproxima a 0,45, que se correlacionan con una menor contribución epitérmica en la actividad inducida total medida. Tal contribución se determinó a partir de los datos empleados en el cálculo del parámetro de "área esperada", utilizado posteriormente

en la evaluación de la concordancia.

Entre los monitores empleados, tanto el ⁴⁵Sc como el ⁵⁰Cr tienen el mejor comportamiento 1/v. Sin embargo, la diferencia entre valores σ₀ de las bases de datos empleadas (Mughabghab, 2003) y (De Corte y Simonits, 2003), es mayor que el rango de incertidumbre estipulado. Por tal razón, se efectuó la evaluación gráfica de la función φ_t = f(φ_e) respectiva, con el fin de determinar la consistencia del dato investigado.

Según indica la Figura 3, se observó inconsistencia del valor de σ₀ publicado por De Corte y colaboradores (1989) para la reacción ⁵⁰Cr(n,γ)⁵¹Cr, al ser evaluado conjuntamente con los demás monitores. Tal valor fue determinado según el formulismo:

$$\sigma_0 = (k_0, Au)_{exp} \frac{\theta_{Au} \cdot \sigma_{0,Au} \cdot \gamma_{Au}}{M_{Au}} \frac{M}{\theta \cdot \gamma}$$

empleando Au como comparador y realizando un estudio minucioso en la literatura de los "mejores" valores para los parámetros γ, θ y M. Al emplear los valores de σ₀ e I₀ dados por Mughabghab (2003), se obtuvo un óptimo ajuste al punto de intersección. Se encontró similitud entre el valor de k₀ obtenido con el calculado teóricamente discrepando ~ 3,6 % con respec-

to al valor reportado en la literatura; esta discrepancia coincide con la diferencia encontrada por Molnar (2000).

De modo similar se evaluó el comportamiento del ^{46}Sc considerando $\sigma_0 = (26,3 \pm 0.2) \text{ b}$, según De Corte y Simonits (2003) encontrándose una evidente inconsistencia, con una discrepancia del 3,7 % entre el valor de k_0 obtenido, frente al reportado.

Molnar (2000) sugirió como causas un valor de incertidumbre poco real o metodología no adecuada para determinación de σ_0 (a partir de los factores de k_0), que constituye, desde su perspectiva, la explicación más relevante de las inconsistencias observadas. Este autor ha criticado la determinación de secciones eficaces por medio de la ecuación empleada por De Corte y colaboradores (1989), debido a que implica un presupuesto de incertidumbre inaceptablemente alto.

La evaluación de ^{59}Co y ^{55}Mn mostró un alto grado en la concordancia como de coincidencia entre los valores k_0 experimentalmente obtenidos, frente a los reportados en literatura y los calculados teóricamente.

El ^{59}Co es usualmente empleado como estándar de flujo en el análisis por activación neutrónica paramétrico, con una incertidumbre relativa

para σ_0 de 0,16% (Molnar, 2000). En tanto, para la medición de la integral de resonancia se usan ^{59}Co y ^{55}Mn como estándares secundarios (Holden, 1993) con una incertidumbre relativa no mayor que 3%.

El ^{59}Fe tiene una composición isotópica sumamente baja, $(0,282 \pm 0,004)\%$, con un error relativo (1,4%) considerable para los estándares buscados. El comportamiento de la función $\phi_t = f(\phi_0)$ del ^{59}Fe indicó sistemáticamente valores menores de ϕ_t , contribuyendo negativamente en la precisión del método expresada como coeficiente de variación (CV).

El ^{65}Zn , con los valores de σ_0 e I_0 según De Corte y Simonits (2003) presenta la mejor concordancia y una óptima comparación del valor k_0 obtenido frente al teórico y al reportado por literatura. En cambio, reemplazando los valores de σ_0 e I_0 por los dados según Mughabghab (2003), disminuye la concordancia a 0,692.

Al reemplazar los datos de σ_0 y I_0 por los sugeridos por Mughabghab (2003), la función $\phi_t = f(\phi_0)$ de ^{95}Zr se desvía del punto de intersección, tal como se observa en la figura 4, estimándose en 3% la discrepancia respecto al mismo.

La evaluación realizada por Trkov (2002) reveló consistencia bastante buena entre las bases de datos de Mughabghab (2003), De Corte y Simo-

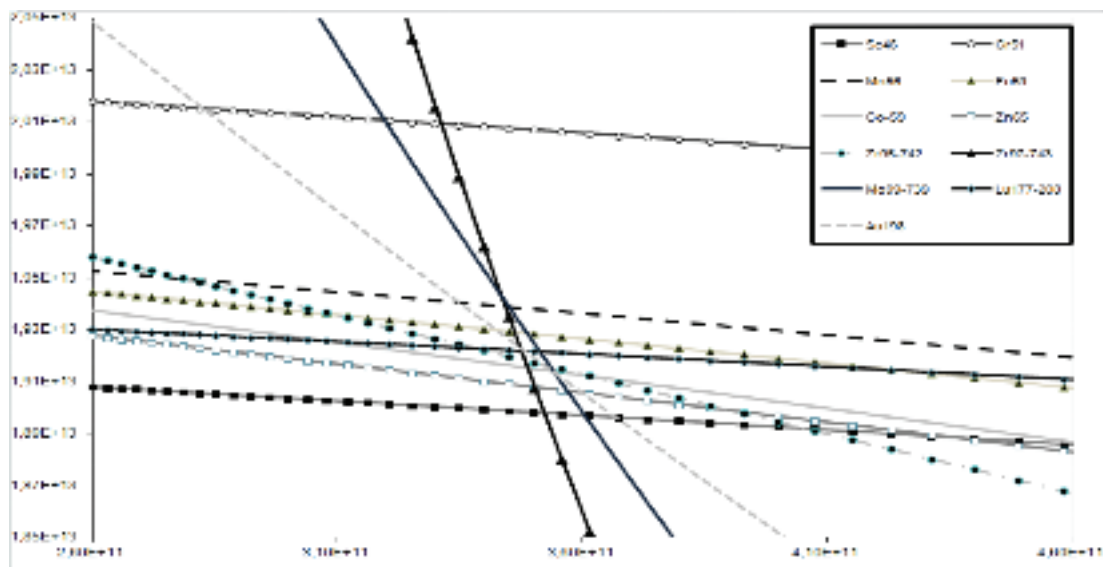


Fig. 3. Inconsistencia del ^{51}Cr respecto al grupo de monitores estudiados para $\sigma_0 = 15,1 \text{ b}$ e $I_0 = 8 \text{ b}$, según De Corte y Simonits (2003). Se obtiene para el Cr un valor de $\phi_t = 2,00 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 4,2 % mayor al flujo neutrónico térmico promedio de $1,92 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

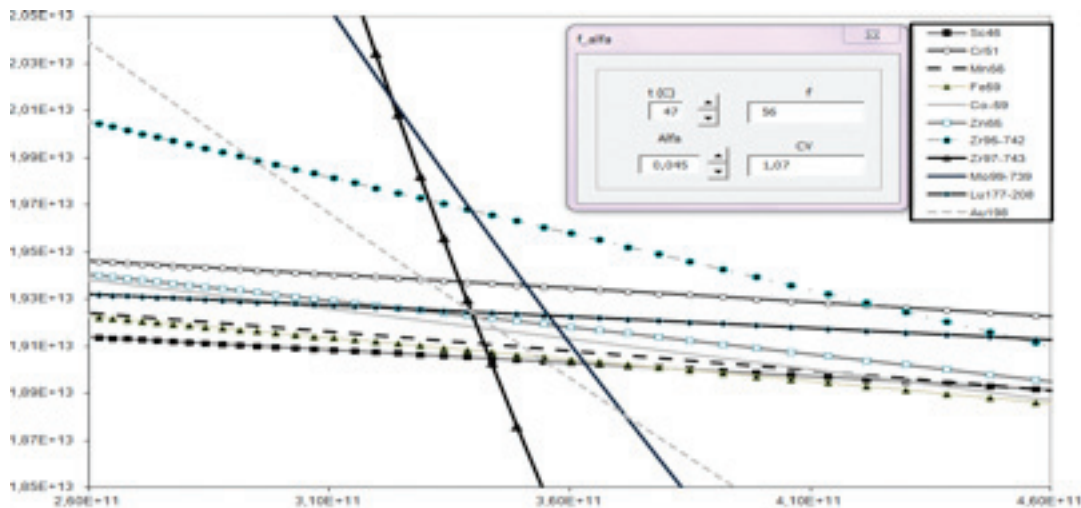


Fig. 4. Comportamiento del ^{95}Zr asumiendo $\sigma_0 = 0,0499 \text{ b}$ y $I_0 = 0,27 \text{ b}$ según Mughabghab (2003). El punto de intersección está definido por ^{177}Lu , ^{198}Au , ^{60}Co , ^{65}Zn y ^{97}Zr ($^{97\text{m}}\text{Nb}$). La variación de los parámetros característicos de flujo se encuentran dentro de la incertidumbre calculada

nits (2003) y la manejada por WPEC (Working Party on Evaluation Co-operation, IAEA) para los valores de σ_0 de ^{94}Zr y ^{96}Zr , aunque encontró diferencias significativas para los valores de Q_0 , especialmente para el ^{94}Zr (19,4% con relación al valor dado por De Corte y Simonits, 2003).

Sin embargo, utilizar el ^{94}Zr como monitor de la componente térmica, tal como lo sugieren Simonits y colaboradores (1976) no sería lo más apropiado si se considera la contribución epitérmica inducida, en comparación de los monitores térmicos convencionales. Debe recordarse además que el valor extremo de su energía efectiva de resonancia hace incierta la validez de la aproximación $\bar{E}_r^{-\alpha}$ (De Corte, 2001).

Monitores de Q_0 intermedio ($10 < Q_0 < 30$)

El ^{197}Au presenta una alta precisión relativa, tanto en sus parámetros críticos, σ_0 e I_0 , como en sus restantes constantes nucleares. Es considerado como estándar de flujo en activación neutrónica (Molnar, 2000) siendo empleado también como estándar primario para las mediciones de la integral de resonancia (Holden, 1993)

Su perfil metrológico lo hace viable como comparador analítico en el análisis por activación neutrónica paramétrico, aunque su dependencia del parámetro α y el efecto de quemado en

irradiaciones de alta fluencia neutrónica justifican la búsqueda de un comparador alternativo.

La contribución epitérmica en su actividad inducida es de sólo 20,7%, lo que lo hace un monitor poco apropiado para evaluar la componente epitérmica para relaciones de flujo térmico a epitérmico relativamente altas.

Monitores de alto Q_0 (> 30)

Tal como se observa en todas las figuras expuestas, el comportamiento de la función $\phi_t = f(\phi_e)$ del ^{99}Mo mostró una diferencia sistemática respecto al punto de intersección aceptado. Tal diferencia se encuentra en el rango de incertidumbre de las variables experimentales y los datos nucleares. La revisión bibliográfica hecha por El Abd (2010) muestra un rango de variación desde 0,12 b hasta 0,145 b para σ_0 , en tanto para I_0 es aún mayor la dispersión: desde 4,72 b hasta 8,2 b. Este grado de dispersión de los valores de σ_0 e I_0 indica claramente la necesidad de mejorar la calidad de la determinación, especialmente la referente a σ_0 .

A pesar de estos factores adversos, el ^{99}Mo se presenta como un adecuado monitor de la componente epitérmica. Su valor de $Q_0 = 50,36$ lo hace bastante atractivo para ser considerado como tal, dado que posee una mayor contribución epitérmica en su actividad inducida total

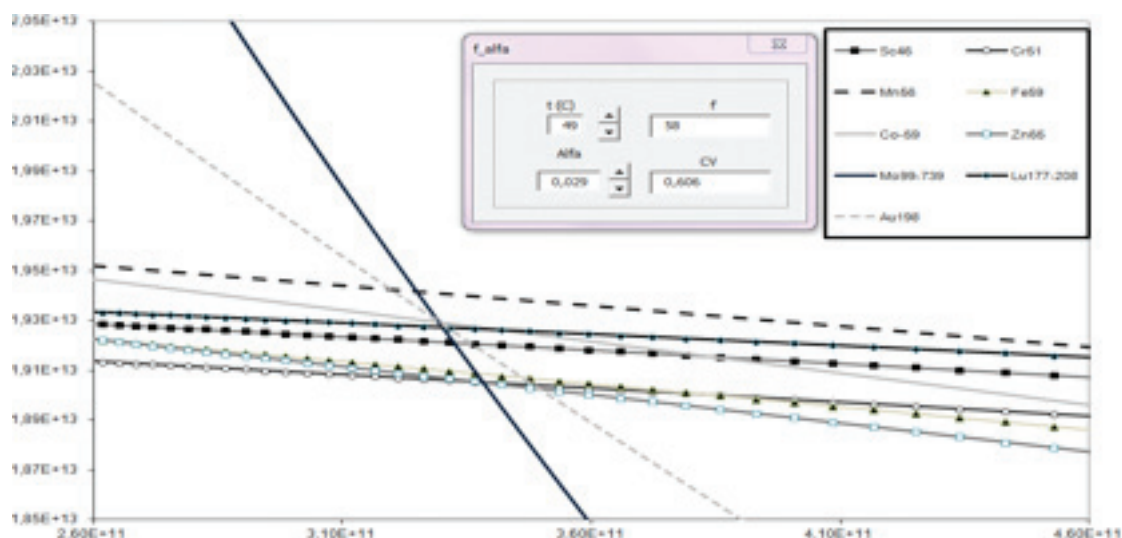


Fig. 5. Determinación simultánea de f , α y T_n sin participación de Zr como monitor. Parámetros determinados: $f = 58 \pm 2$, $\alpha = 0,029 \pm 0,008$ y $T_n = 49 \pm 2$. Flujo neutrónico promedio para 10 MW de potencia: $\phi_t = (1,924 \pm 0.004) 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y $\phi_{\gamma} = (3,31 \pm 0.13) 10^{11} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

(41,7%) frente a la del ^{198}Au (20,7%) ofreciendo por otro lado una respuesta más estable a la dada por ^{97}Zr - ^{97}mNb , muy sensible a una eventual variación de α .

En la Figura 5 se observa el comportamiento de los diferentes monitores sin considerar la participación del binomio ^{94}Zr - ^{96}Zr . Se obtuvo una precisión expresada como CV igual a 0,606 con valores para f y α similares a los obtenidos inicialmente.

La importancia del ^{96}Zr como monitor de flujo epitérmico reside en el alto valor de Q_0 para la reacción $^{96}\text{Zr}(n,\gamma)^{97}\text{Zr}$. Según Lin y colaboradores (2009) al irradiar un monitor de Zr, incluso en una posición con $f \leq 50$, más del 83% de la actividad inducida procede de neutrones epitérmicos. Este resultado concuerda con lo calculado (79%) para las condiciones observadas de $f = 58$ y $\alpha = 0,038$.

A pesar de los datos aparentemente favorables, la alta actividad relativa generada por la componente epitérmica torna al ^{96}Zr muy susceptible a eventuales variaciones del parámetro α ; a esto se suma el hecho de tener un valor para $\sigma_0 = 0,02 \text{ b}$, no adecuado para bajas tasas de fluencia neutrónica. No está de más recordar lo mencionado por De Corte (2001) acerca de la continua reevaluación del valor Q_0 para la reac-

ción $^{96}\text{Zr}(n,\gamma)^{97}\text{Zr}$, debido a la dificultad en la determinación segura de sus datos nucleares por el alto valor de Q_0 .

Monitores de temperatura neutrónica

Con el fin de completar la caracterización del flujo neutrónico es necesario determinar el parámetro de temperatura neutrónica, cuya evaluación se basa en la reacción $^{176}\text{Lu}(n,\gamma)^{177}\text{Lu}$.

En las mediciones efectuadas en este trabajo, se obtuvo inicialmente un valor de k_0 mayor que 6% respecto al reportado en la literatura. Tal diferencia radica en el valor adoptado de la intensidad de emisión. Según LNHB (2011) se reporta para $\gamma = 0,1038 \pm 0,0007$ calculado por Schötzig y colaboradores (2001), mientras el valor $\gamma = 0,110 \pm 0,004$ dado por la referencia De Corte y Simonits (2003) procede de Kocher (1981) mencionada por De Corte y colaboradores (1987).

Reemplazando los valores para σ_0 , I_0 e γ según la referencia De Corte y Simonits (2003), se calculó una temperatura neutrónica, $T_n = 28^\circ\text{C}$, un resultado distante a $T_n = 45^\circ\text{C}$ encontrado para cuando se empleó los valores según las referencias Mughabghab (2003) y LNHB (2011).

Con el objeto de solucionar la disyuntiva crea-

da por los diferentes resultados obtenidos de T_n , se evaluó la concordancia, considerando los valores para σ_0 , I_0 e γ según estas dos referencias, siendo similar a la teóricamente calculada. Dado que el valor de σ_0 es semejante en ambas referencias y la influencia por diferencia del parámetro I_0 es mínima, cabe inferir entonces que el parámetro preponderante es la intensidad de emisión (γ).

Por otro lado, el registro de parámetros termohidráulicos del reactor RP-10 en el día de la irradiación indicó una temperatura de salida del moderador de 38,5°C, estando el punto de lectura algo distante de la posición de irradiación. Si bien se espera que la temperatura neutrónica sea ligeramente mayor que la del moderador, lo que haría consistente al valor obtenido de $T_n = 45^\circ\text{C}$, se decidió corroborar tal resultado aplicando el método de determinación absoluta de T_n propuesto por De Corte y colaboradores (1993).

Tal método, basado en la coirradiación de lutecio y de un monitor "1/v" necesita conocer previamente el valor del índice espectral, que se determinó siguiendo el método de monitor bi-isotópico desnudo. Para tal fin se usaron los datos experimentales de ^{45}Sc como monitor 1/v y de ^{94}Zr y ^{96}Zr como monitor bi-isotópico.

Se obtuvo para el índice espectral modificado, descrito como $r(\alpha)(T_n/T_0)^{1/2}$, un valor igual a 0,0167, con el que posteriormente se calculó el valor de $g_{Lu}(T_n) = 1,894$ que corresponde a un valor de $T_n = 49,6^\circ\text{C}$ según tablas de $g(t)$ dada por Westcott.

Por tanto, considerando la concordancia obtenida, los datos termohidráulicos observados y el valor calculado de temperatura neutrónica vía método absoluto, el valor dado por LNHB (2011) para la intensidad de emisión gamma del pico de 208,4 keV del ^{177}Lu parece ser el más aceptable.

Conformación de un grupo de monitores para el estudio integral del flujo y el espectro neutrónico

Los conjuntos de monitores para la determinación de f , α , ϕ_t , ϕ_e y T_n se conformaron considerando el criterio básico de contar con un monitor "1/v" y un monitor cuya contribución epitérmica en su actividad inducida fuera mayo-

ritaria, incluyendo al ^{197}Au para la determinación iterativa del parámetro α y al lutecio para la determinación de la temperatura neutrónica.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los conjuntos de monitores conformados por ^{198}Au - ^{51}Cr - ^{99}Mo - ^{177}Lu y ^{198}Au - ^{65}Zn - ^{97m}Nb - ^{177}Lu presentan ligeras diferencias con respecto a los valores promedio obtenidos para los parámetros bajo estudio.

El valor del flujo neutrónico térmico dado por estos dos grupos es ligeramente mayor que el promedio general obtenido $\phi_t = (1,924 \pm 0,005)1013 \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ pero con una marcada diferencia en cuanto al valor de flujo neutrónico epitérmico promedio $\phi_e = (3,32 \pm 0,14)1011 \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Los conjuntos de monitores: ^{198}Au - ^{95}Zr - ^{97m}Nb - ^{177}Lu , ^{198}Au - ^{99}Mo - ^{60}Co - ^{177}Lu y ^{198}Au - ^{60}Co - ^{97m}Nb - ^{177}Lu presentan resultados similares para los parámetros críticos evaluados, con una buena concordancia con respecto a los flujos neutrónicos promedio tanto térmico como epitérmico.

El grupo ^{198}Au - ^{95}Zr - ^{97m}Nb - ^{177}Lu constituye el usualmente empleado en la determinación de los parámetros f y α para la caracterización del espectro neutrónico. Los valores obtenidos, tanto para f como para α , se encuentran dentro del promedio general observado. Al aumentar la incertidumbre total fijada de 2% a 5% se generó una fuerte variación de los parámetros f y especialmente α , concordante con la incertidumbre establecida. Para este último caso, los valores encontrados para los parámetros evaluados fueron $f = 63 \pm 7$, $\alpha = 0,029 \pm 0,025$ y $T_n = 36^\circ\text{C}$.

El grupo de monitores formado por ^{198}Au - ^{60}Co - ^{99}Mo - ^{177}Lu presentó uno de los mejores ajustes observados. Los valores de los parámetros calculados son muy similares a los obtenidos por los demás grupos. En tanto, el ajuste CV para el grupo de monitores compuesto por ^{198}Au - ^{51}Cr - ^{99}Mo - ^{177}Lu es bueno, pero la poca diferencia de pendiente entre ^{177}Lu y ^{51}Cr resta validez al punto de intersección obtenido.

Discusión general

Los parámetros característicos del flujo neutrónico fueron determinados en forma directa, exceptuando α , cuya determinación fue realizada

de modo iterativo. Esta perspectiva de cálculo no ortodoxa representa la posibilidad de obtener valores de α cercanos a cero sin llegar a sufrir indeterminación por el elevado error involucrado.

Para el cálculo de la incertidumbre de los parámetros de f y α mediante el código numérico de Montecarlo, se fijó para la variable compuesta de la actividad inducida una incertidumbre total de 2%, considerando un intervalo de confianza del 95% ($k = 2$). Esta condición implica medir las áreas de los picos de energía plena de interés con una incertidumbre relativa máxima del 0,5%, con el fin de asegurar la exactitud del método.

Una condición básica del análisis es que el flujo neutrónico térmico obtenido se mantenga constante, lo cual se cumple. Sin embargo, se observó una variación del 10% del flujo epitérmico y por consiguiente del parámetro f . La variación de α es de por sí importante, pero más lo es su incertidumbre.

Aquí es importante recordar que, en principio, el punto de intersección fue establecido por el cruce de las funciones $\varphi_t = f(\varphi_e)$ de ^{198}Au , ^{95}Zr , $^{97\text{m}}\text{Nb}$ y ^{177}Lu con las funciones equivalentes dadas por los monitores térmicos, fundamentalmente por el ^{60}Co , reemplazándose posteriormente la función $\varphi_t = f(\varphi_e)$ de $^{97\text{m}}\text{Nb}$ por la de ^{99}Mo .

La notable diferencia observada por variación de la incertidumbre asignada remarca cuán sensible puede ser la componente epitérmica a las fluctuaciones derivadas por estadística de conteo.

La incertidumbre relativa de los picos de interés evaluados no sobrepasó el 0,40%. Tal grado de precisión fue alcanzado bajo condiciones operativas que implican largos tiempo de medición y, sobre todo, irradiación bajo una alta fluencia neutrónica de $1,8 \times 10^{16}$ n.cm⁻². En un escenario distinto, como la irradiación a baja potencia (0,32 MW) que es empleada con regularidad para el análisis paramétrico de muestras geológicas, la respuesta de los monitores de Zr y Fe no sería la más adecuada, pues se necesitaría extender el tiempo de medición o modificar la posición de medición a una geometría cercana al detector.

La ventaja analítica de preparar los monitores en solución, en comparación con aquellos empleados en forma de aleación reside no solo en una menor incertidumbre, sino también en manejar cantidades de masa según las condiciones operativas de irradiación y medición y no a la inversa, facilitando así el trabajo de rutina.

Sin embargo, no puede dejar de reconocerse lo práctico del empleo de monitores metálicos de alta pureza o en aleación. Siguiendo esa perspectiva, resultaría también económico y dosimétricamente conveniente utilizar un monitor multipropósito para la determinación experimental de los parámetros característicos del flujo neutrónico de un reactor, imprescindible para la estandarización del método del k_0 .

Una primera selección, sobre la base de la calidad de los datos y las constantes nucleares, conduce a ^{59}Co y ^{56}Mn como los monitores más adecuados para la evaluación de la componente térmica, en tanto el ^{64}Zn puede ser considerado en segundo término, siendo necesaria una mejor determinación de su sección eficaz de captura.

La situación cambia al elegir el monitor más adecuado para el estudio de la componente epitérmica, complicándose aún más si se suma la función de comparador, considerando la dependencia del parámetro α y el nivel de incertidumbre de las constantes y los datos nucleares de los monitores propuestos. A esto se suma un detalle importante, no considerado debidamente hasta ahora, que es el relacionado con la influencia de los fotoneutrones en la componente epitérmica del espectro neutrónico.

Koster-Ammerlaan y colaboradores (2011) evaluaron la influencia de los reflectores de berilio en el reactor RID, de 5 MW de potencia. Encontraron que el modelo espectral $1/E^{1+\alpha}$ es válido para neutrones epitérmicos hasta 10 keV en la posición de irradiación "in core". Sin embargo, para energías de neutrones entre 10 keV a 100 keV se observó una notoria desviación del modelo espectral respecto al modelo diseñado, con tendencia a valores negativos en el factor α .

La probable causa de esta desviación estaría en los fotoneutrones epitérmicos y los neutrones rápidos generados por el berilio a partir de reacciones (γ, n). Estos neutrones son luego moderados y absorbidos en la zona epitérmica,

donde las características del monitor pueden tener influencia directa en la definición del modelo empleado para la descripción del espectro neutrónico.

La influencia de estos fotoneutrones en la evaluación del espectro epitérmico depende del monitor o monitores empleados para detectar dicho espectro. Por ejemplo, tanto el ^{99}Mo como el ^{198}Au tienen energías de resonancia hasta 10 keV. En cambio, los picos de resonancia del ^{94}Zr están principalmente por encima de los 10 keV, por lo que variaciones en la producción de fotoneutrones por el berilio afectaría la activación del ^{95}Zr . Sin embargo, el efecto mencionado en el párrafo anterior tendría un mayor impacto en ^{96}Zr , dado que si bien tiene picos de resonancia en el rango de 10 keV a 100 keV, de menor magnitud en comparación con el ^{94}Zr , el 78,9 % de su actividad inducida procede de la componente epitérmica, por lo que un cambio en la generación de fotoneutrones y neutrones rápidos por el berilio causaría la distorsión del espectro neutrónico y por lo tanto variación en la determinación del valor del parámetro f .

Una consecuencia importante derivada de este efecto es que la determinación del parámetro α , como descriptor del comportamiento no ideal del espectro epitérmico varía al emplear ^{96}Zr como monitor. Obviamente, el grado de distorsión de la distribución de la energía neutrónica en la zona epitérmica dependerá de la configuración del núcleo y del monto de berilio utilizado, así como del material estructural empleado.

Koster-Ammerlaan y colaboradores (2011) encontraron que la diferencia en el valor de α calculado por el conjunto de monitores Au-Zr con respecto al obtenido mediante Au-Mo-Cr puede llegar a traducirse en una diferencia de concentración en molibdeno hasta un 5%. Algunos antecedentes de la situación comentada en los párrafos precedentes pueden encontrarse en el trabajo publicado por Kennedy y Pierre (2003) en donde se observaron variaciones hasta del 10%, en términos de concentración, para elementos cuya activación es mayormente epitérmica, como arsénico, yodo y cadmio.

La caracterización del espectro neutrónico se realizó utilizando el método de triple monitor desnudo (^{198}Au - ^{94}Zr - ^{96}Zr). Los valores de f y α se compararon con los obtenidos mediante el método multielemental de la razón de cadmio,

usando ^{198}Au , ^{60}Co y ^{101}Mo , y los resultados indicaron una diferencia sistemática del 10 % entre ambos métodos. Se calculó adicionalmente la masa de cada elemento determinado por el método k_0 , observando que para el ^{95}Zr se hallaba 4,6 % más alta que lo esperado.

Considerando lo mencionado por Koster-Ammerlaan y colaboradores (2011), tanto el ^{198}Au , ^{60}Co y ^{99}Mo no tienen problemas, dado que sus picos de resonancia se encuentran en energías menores que 10 keV. En cambio, la captura adicional de fotoneutrones por los picos de resonancia del ^{96}Zr y especialmente del ^{94}Zr conlleva el incremento de la actividad inducida por la componente epitérmica con lo cual el valor de f disminuye (debido al aumento del ϕ_e calculado). Este resultado es consistente con lo observado por Kennedy y Pierre (2003).

La pregunta obvia ante tales evidencias es si estos resultados constituyen cuestiones específicas por el tipo de reactor o si es necesario un cambio en la concepción metodológica del modelo.

Smodis y colaboradores (2003) propusieron una nueva alternativa de cálculo de los parámetros característicos de flujo neutrónico basada en la redefinición de las constantes nucleares del k_0 con una descripción más realista de la forma espectral de la componente epitérmica. Sugieren que el parámetro α no es constante y que afecta a aquellos monitores particularmente sensibles a neutrones de alta energía, como en el caso de ^{94}Zr . Sobre esta base, calcularon un valor de 14685 eV para la energía efectiva de resonancia, a diferencia de la frecuentemente empleada ($\bar{E}_r = 6260$ eV).

En razón de las evidencias mostradas, cabe esperar discrepancias en los resultados de experiencias tales como la determinación del valor de Q_0 para las reacciones $^{94}\text{Zr}(n,\gamma)^{95}\text{Zr}$ y $^{96}\text{Zr}(n,\gamma)^{97}\text{Zr}$, (Smodis y colaboradores, 2003) y (Lin y colaboradores, 2009) realizadas en facilidades de irradiación con diferentes características espectrales.

Este comportamiento implica que el zirconio es un muy buen detector de anomalías en el rango de 10 a 100 keV del espectro epitérmico, pero en general tales anomalías no serán percibidas por los demás nucleídos. Así, la información sobre el espectro epitérmico que entregan los

isótopos del zirconio estará muy influida por pequeñas variaciones que pueden ocurrir en el rango de 10 a 100 keV, que al no ser importantes para los demás nucleídos llevan a la conclusión de que el zirconio no es un buen monitor del flujo epitérmico.

Este no es el caso del ^{98}Mo , cuyo comportamiento frente a la influencia de los fotoneutrones difiere de la del binomio ^{94}Zr - ^{96}Zr , y que permite obtener resultados más consistentes de los parámetros característicos de flujo en las diversas facilidades de irradiación estudiadas (Koster-Ammerlaan y colaboradores, 2011).

Las constantes nucleares y el esquema de desintegración del ^{98}Mo son favorables para una óptima activación, al igual que para la medición. Sin embargo, y tal como se mencionó anteriormente, la falta de consenso en torno a sus valores de I_0 y σ_0 limita su uso en reemplazo del oro como comparador analítico en el método k_0 -INAA.

El ^{197}Au es considerado por ahora el comparador analítico por excelencia. Las consideraciones expuestas en los capítulos previos fundamentan tal afirmación; a ellas se suma el hecho de tener sus picos de resonancia en una región exenta de la influencia de los fotoneutrones y neutrones rápidos generados por el berilio. Entre las diversas razones mencionadas, la referida a sus parámetros críticos σ_0 e I_0 cobra vital importancia. Su adecuada dimensión y su baja incertidumbre relativa ($< 0,1\%$) sumadas a la aceptación de sus valores por consenso internacional son requisitos ampliamente alcanzados.

Un segundo grupo de requisitos relacionados a condiciones espectrales, contempla los siguientes criterios: complejidad del esquema de desintegración, necesidad de corrección por coincidencia y adecuado periodo de semidesintegración, así como espectro de emisión gamma con picos de energía plena de alta intensidad relativa.

El ^{197}Au cumple con los criterios mencionados, al tener un esquema de desintegración simple, con pico de energía plena de alta intensidad y sin corrección por coincidencia, en un rango intermedio de energía (411,8 keV) en el que no hay mayores interferencias espectral. Su periodo es adecuado, desde el punto de vista de los requerimientos experimentales, facilitando el control

del tiempo muerto de conteo y la posibilidad de reutilizar el monitor, disminuyendo por ende la gestión de residuos radiactivos respectiva.

Un tercer grupo de requisitos a considerar se relaciona con criterios de accesibilidad y óptimas condiciones de preparación y manipulación. Un criterio adicional a considerar es la posibilidad de contaminación cruzada en el comparador vía cutánea o ambiental. Dicha posibilidad es mínima en el caso del oro. Sin embargo, el problema con este elemento radica en que su comportamiento en la región epitérmica presenta un apreciable grado de dependencia del parámetro α . Si se emplean valores incorrectos de α , por ejemplo los obtenidos empleando zirconio como monitor epitérmico, el oro fallará como comparador.

De acuerdo con las experiencias realizadas, el ^{176}Lu es el único monitor factible para la determinación de la temperatura neutrónica.

Ya se hizo mención a las favorables características del cobalto como monitor en la zona térmica. Alternativamente, el ^{55}Mn también podría emplearse como monitor de flujo térmico, siempre que se considere un decaimiento no mayor a diez periodos.

Se puede entonces establecer que un monitor multipropósito (o un conjunto de monitores) compuesto por Au, Co, Mo y Lu sería el más adecuado para los fines establecidos, mientras que Mn y Zn podrían ser considerados como monitores secundarios.

Un detalle importante a considerar es el comportamiento del ^{99}Mo como comparador. A diferencia de los monitores "epitérmicos" tradicionales, ^{197}Au y ^{96}Zr , su empleo como tal (considerando $\alpha = 0$) genera un error sistemático no mayor que 1% en los nucleídos bajo estudio. La trascendencia de este hecho radica en que podría reemplazar al oro como comparador, y en términos más favorables, pero se requeriría una mejor determinación de los valores de sus parámetros críticos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, sumados a las evidencias aportadas por otros autores, muestran que es necesario continuar en esa línea de experimentación, dada la importancia que implica conocer una probable modificación de la expresión $1/E^{1+\alpha}$, si se piensa

en minimizar el impacto del comportamiento no ideal del flujo epitérmico en el cálculo de concentraciones mediante el método paramétrico del k_0 .

La conclusión primaria que se desprende del presente es que la elección del comparador óptimo (o, en forma más amplia, de un conjunto posible de comparadores) es un problema notablemente más complejo que lo que aparenta ser, pues además de las características físicas, químicas y nucleares que debe reunir, requiere la realización de una consistente caracterización de la facilidad de irradiación, que necesariamente debe efectuarse de modo experimental.

A su vez, y tal como surge de las experiencias aquí realizadas, esta caracterización tiene que basarse en un modelo teórico adecuado del espectro neutrónico. El problema se complica aún más, porque establecer el modelo teórico y realizar la caracterización experimental no son etapas cancelatorias, sino que implican un tratamiento iterativo y de manera recursiva, lo que demanda mayor tiempo de investigación y sucesivamente mayor esfuerzo experimental.

En primer lugar, se aportan pruebas concluyentes en lo referente al monitor bi-isotópico $^{94}\text{Zr} - ^{96}\text{Zr}$, cuya utilización ha sido defendida desde hace varias décadas por muchos autores: los resultados obtenidos muestran que debe quedar descartado como comparador. Adicionalmente, se ha demostrado que su empleo como monitor de flujo neutrónico es cuestionable, no solo por la gran dependencia del ^{96}Zr a las variaciones del parámetro α , que tornan al menos dudosos los resultados de flujo en la zona epitérmica, sino también por la relativamente alta participación de la componente epitérmica en la actividad inducida por el ^{94}Zr , que restringe su utilidad como monitor térmico, sobre todo considerando que ^{59}Co y ^{64}Zn son más adecuados para tal fin.

Sobre la premisa de la elección de monitores y comparadores seleccionados con base en la calidad de determinación de los valores de sus propiedades nucleares, así como de la viabilidad experimental del uso de los mismos, los monitores recomendados para su uso como comparadores, según los resultados del presente estudio, son ^{59}Co , ^{197}Au y ^{98}Mo . No obstante, para la adopción definitiva del ^{98}Mo sería necesaria una mejor determinación de su sección eficaz de captura. Análoga consideración puede formular-

se en relación con el eventual uso de ^{64}Zn y ^{50}Cr , en especial con respecto a este último. Ambos podrían ser muy eficientes comparadores si sus secciones eficaces para la reacción (n, γ) fueran objeto de determinaciones más seguras.

La solución que se propone en el presente trabajo para el problema de la elección de monitores y comparadores, que como se ha visto está lejos de ser trivial, es el desarrollo de un método de cálculo riguroso en su concepción, con el fin de asegurar la obtención de resultados confiables. Más allá de esta pauta primordial, puede mencionarse que el método desarrollado es de simple realización y que brinda una determinación completa de todos los parámetros, incluyendo la determinación de los flujos en forma separada, como parte de un proceso único.

El párrafo anterior brinda el marco de referencia para destacar uno de los logros más relevantes de este desarrollo: el problema de la determinación del parámetro que relaciona la densidad del flujo neutrónicos de las componentes térmica y epitérmica (f) y del parámetro vinculado a la forma espectral de la densidad neutrónica epitérmica (α) ha sido solucionado aplicando un enfoque integral y distinto a los empleados tradicionalmente. Tal carácter novedoso se extiende a la evaluación de su incertidumbre, que se realiza desde otra perspectiva de cálculo, no sólo más adecuada desde el punto de vista metodológico, sino también más eficiente, pues elimina la indeterminación para valores de α cercanos a cero, inconveniente frecuente en los métodos convencionalmente aplicados.

Referencias

- ARRIBÉRE, M.A.; COHEN I.M. ; KESTELMAN, A.J.; RIBEIRO GUEVARA, S.; ARRONDO, M. y FORNACIARI ILJADICA, M.C., (2005), *Proyecciones*, 5, 9.
- CHILIAN, C.; ST-PIERRE, J.y KENNEDY, G., (2008), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 278, 745.
- DE CORTE, F., (2001) *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 248, 13.
- DE CORTE, F.; MOENS, L.; SIMONITS, A.; DE WISPELAERE, A. y HOSTE, J., (1979), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 52, 295.
- DE CORTE, F.; MOENS L.; SORDO-EL HAMMAMI, K.; SIMONITS, A. y HOSTE, J., (1979), *J. Radioanal. Chem.*, 52, 305.
- DE CORTE, F.; SORDO-EL HAMMAMI, K.; MOENS, L.; SIMONITS, A.; DE WISPELAERE, A. y HOSTE, J., (1981) *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 62, 209.
- DE CORTE, F.; SIMONITS, A.; DE WISPELAERE, A. y HOSTE, J., (1987), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 113, 145.
- DE CORTE, F. y SIMONITS, A., (2003), *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, 85, 47
- DE CORTE, F., (1987) *J. Trace Microprobe Techniques*, 5, 115.
- EL ABD, A., (2010), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 274, 321.
- ERDTMANN, G. y PETRI, H., (1986), *Treatise on Analytical Chemistry, Second Edition-Part I*, 14, N. York., USA.
- GIRARDI, F. ; GUZZI, G. y PAULY, J., (1965), *Anal. Chem.*, 37, 1085.
- HOLDEN, E.N., (1993) 37° Asamblea General de IUPAC, Lisboa-Portugal
- IAEA, (2007) Update of X-ray and gamma ray decay data standards for detector calibration and other applications, Vol. 1 y Vol. 2.
- ISO GUM, (2004), Guide to the expression of uncertainty in measurement. Supplement 1: Numerical methods for the propagation of distributions.
- KENNEDY, G. y ST-PIERRE, J. (2003), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 257, 475.
- KESTELMAN, A.J. y ARIBÉRE, M.A., (1995); "Automatización del método de determinación de flujos térmico y epitérmico en análisis por activación neutrónica", Proc. Workshop on Applications of k0 and other parametric methods of INAA. IAEA –ARCAL. Lima, Perú.
- KOCHER, D.C. (1981), *Radioactive decay data tables Report DOE/TIC-11026*
- KOSTER-AMMERLAAN, M.J.J.; BODE, P. y WINKELMAN, A.J.M., (2011), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, DOI: 10.1007/s10967-011-1241-5.
- KOSTER-AMMERLAAN, M.J.J.; BACCHI, M.A.; BODE, P. y DE NADAI FERNANDES, E.A., (2008), *Appl. Radiat. Isot.*, 66,1964.
- KOLOTOV, V.P. y DE CORTE, F., (2004) *Pure Appl. Chem*, 76,1921.
- LABORATOIRE NATIONALE HENRI BECQUEREL, (2011), *Recommended Data*, www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm
- LIN, X. ; GERSTENBERG, H. ; LIERSE VON GOSTOMSKI, A.; HENKELMANN, R. ; TÜRLER, A. y ROSSBACH, M., (2009), *Appl. Radiat. Isot*, 67, 2092.
- MONTOYA, E.H. ; COHEN, I.M. ; MENDOZA, P. y BEDREGAL, P., (2010), *Nuclear Instruments and Methods A*, 622, 381.
- MOLNAR, G. L., (2000), *J. Radioanal. Nucl. Chem*, 244, 27.
- MUGHABGHAB, S.F., (2003), *Thermal neutron capture cross sections, resonance integrals and g-factors*, International Nuclear Data Committee (NDS)-440 Distr. PG+R; IAEA.
- OP DE BEECK, J., (1985), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, Articles, 90/1, 167.
- ROSMAN, K.J.R. y TAYLOR, P.D.P., (1998), *Pure Appl. Chem.*, 70, 217.
- ROSSBACH, M. ; BLAAUW, M. ; BACCHI, M.A. y LIN, X., (2007), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 274, 657.
- RYVES, T. B. y PAUL, E. B., (1968), *J. Nucl. Energy*, 22, 759.
- SCHÖTZIG, U.; SCHRADER, H.; SCHÖNFELD, E.; GÜNTHER, E. y KLEIN, R., (2001), *App. Radiat. Isot*, 55, 89.
- SIMONITS, A.; DE CORTE, F.; VAN LIERDE, S.; POMMÉ, S.; ROBOUCH, P. y EGUSKIZA, M., (2000) *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 245,199.
- SIMONITS, A.; DE CORTE, F. y HOSTE, J., (1975), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 24, 31.

SIMONITS, A.; DE CORTE, F. y HOSTE, J., (1976) J. Radioanal. Nucl. Chem, 31, 467
SMODIŠ, B.; TRKOV, A.; JACIMOVIC R. (2003), J. Radioanal. Nucl. Chem., 257, 481.
STOUGHTON, R.W. y HALPERIN, J., (1959), Nucl. Sci. & Eng. 6, 100.
STEELE, A. y DOUGLAS, R.J., (2005), Simplifications from simulations, Institute for National Measurement Standards, National Research Council, Canada.
TRKOV, A., (2002), Validation of thermal cross sections and resonance integrals of SG-23 evaluated nuclear data library, IAEA, Vienna.
WIESER, M.E., (2006), Pure Appl. Chem., 78, 2051.
YUSUF, O.S. y FLEMING, R.F. (1994), J. Radioanal. Nucl. Chem., 79, 105.

Estudio comparativo de la congelación de papa (*Solanum tuberosum* L.) sometida a diferentes pretratamientos.

Patricia A. Della Rocca¹, Luis Alberto Roche², Rodolfo H. Mascheroni²

¹ Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química, Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

² CIDCA, Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología, (CONICET La Plata y Universidad de La Plata), Calle 47 y 116, La Plata (B1900AJJ), Pcia. de Buenos Aires, Argentina

Recibido el 18 de Febrero de 2013, aprobado el 13 de Marzo de 2013

Resumen

Se estudió la historia térmica del proceso de congelación de papas frescas y pretratadas por los siguientes tratamientos: deshidratación osmótica, por escaldado y posterior microondas y deshidratación osmótica seguida de microondas. Las papas pretratadas disminuyen su contenido de agua durante los diferentes procesos y por consiguiente, el posterior proceso de congelación requiere tiempos de congelación menores y de esta manera se pueden lograr ahorros energéticos importantes. Los tiempos de congelación se estimaron muy satisfactoriamente aplicando la ecuación de Salvadori-Mascheroni y se compararon con los experimentales. Los errores son inferiores al 8%. Las papas pretratadas por deshidratación osmótica y microondas exhibieron un tiempo de congelación 9 minutos inferior al de las papas frescas.

PALABRAS CLAVE: CONGELACIÓN - OSMODEHIDROCONGELACIÓN - PAPA

Abstract

The thermal history of freezing fresh and pre-treated potatoes was studied by the following treatments: osmotic dehydration, scald and later microwave and osmotic dehydration followed by microwave. Pre-treated potatoes reduce its water content during the different processes and therefore the subsequent process of freezing requires lower freezing times and in this way, significant energy savings can be achieved. The freezing times were estimated very satisfactorily by applying the equation of Salvadori - Mascheroni and were compared with the experimental ones. The errors are lower than 8%. Pre-treated potatoes by osmodehydration and then microwave exhibit a freezing time 9 minutes lower than the fresh potatoes one.

KEYWORDS: FREEZING - OSMODEHYDROFREEZING - POTATO

Introducción

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de la papa sometida a diferentes tratamientos antes de la congelación (deshidratación osmótica, escaldado y secado por microondas en tiempos cortos, secado combinado de papa por deshidratación osmótica y posterior secado con microondas). En todos los casos, se analizaron y compararon los diferentes tiempos de congelación necesarios para alcanzar una temperatura de -18°C en el centro térmico del producto. Estos pretratamientos pretenden generalmente mejorar su aspecto en cuanto a sus características organolépticas y calidad luego del proceso de congelación y ahorrar en costos energéticos de refrigeración y transporte al disminuir su contenido de agua. Como se menciona precedentemente, los pretratamientos consisten en algunos casos en la deshidratación osmótica que permite preservar las características de aroma, sabor del alimento, y que evitan dañar su textura, si se lo compara con otros tratamientos más agresivos como los secados por convección en aire caliente a altas temperaturas. Cuando se combina una etapa inicial de deshidratación osmótica con una posterior congelación, al proceso total se lo denomina, osmodehidrocongelación. Las ventajas principales que ofrece este procesamiento respecto de la congelación tradicional son:

1. Obtención de un producto de mejor calidad.
2. Elaboración de productos con características especiales al poder adicionar durante la deshidratación osmótica diversos componentes que puedan otorgar aromas, sabores o fortificar el producto.
3. Ahorro en los costos finales (energéticos, de transporte, de almacenamiento, de empaque, etc.).

Una deshidratación parcial previa como la deshidratación osmótica logra disminuir la cantidad de agua que se solidificará en el proceso de congelación. Esto conduce a un menor daño de la estructura y a la obtención de una mejor calidad final. Asimismo, existe un importante ahorro de energía por menor carga térmica y una mayor facilidad en el manejo de los productos debido a un menor volumen de producto, ahorro en el uso de embalajes, disminución

del espacio requerido en almacenes y vehículos de transporte. (Garrote et al., 1989; Forni et al., 1990; Torregiani, 1993; Robbers et al., 1997; Spiazzi et al. 1998, Marani et al., 2007).

La energía consumida en una deshidratación osmótica a 40°C , considerando la reconcentración de la solución (jarabe) por evaporación, es por lo menos dos veces inferior a la consumida en el proceso de secado por convección de aire caliente a 70°C para alcanzar la misma humedad final del producto (Lenart y Lewicki, 1988). Por consiguiente, un ahorro energético significativo se puede alcanzar realizando una deshidratación osmótica como pre-tratamiento antes de la congelación, dependiendo de la humedad final alcanzada (Huxsoll, 1982).

El escaldado es un tratamiento térmico que tiene por finalidad destruir las enzimas susceptibles de alterar las verduras y las frutas. Estas modificaciones pueden presentarse como cambios en el aroma, en el color (degradación de la clorofila, pardeamiento en manzanas, etc.). Este pretratamiento se puede llevar a cabo en agua caliente o con vapor. Por lo general, en el primer caso se consume una tonelada de agua por tonelada de producto escaldado y en el segundo caso 0,2 a 0,3 toneladas de vapor por tonelada de producto, aproximadamente. También se debe considerar que el gasto energético del escaldado no es despreciable y que se producen pérdidas de algunas sustancias hidrosolubles como proteínas, azúcares, minerales y vitaminas, disminuyendo de esta manera el valor nutritivo del producto. Asimismo, las aguas de escaldado generan una importante cantidad de efluentes en la fábrica.

Si bien la actividad enzimática está muy reducida si congelamos luego el producto a -18°C , sin embargo es necesario un almacenamiento a -40°C para lograr el cese total de la actividad enzimática. Por ello para ahorrar en energía de congelación se continúa escaldando el producto y congelando el producto a -18°C .

En cuanto a las pérdidas de vitaminas hidrosolubles se comprobó que las pérdidas que se producen por el lavado de las mismas pueden limitarse ya que con este tratamiento se inhiben las enzimas responsables de la destrucción de algunas de ellas. Según Poulsen (1986), en las habas conservadas durante 12 meses a -20°C se perdía un 90% de la vitamina C, un 70% de

la vitamina B1 y un 40% de la vitamina B2 en el caso que se congelaran sin escaldarlas previamente. Sin embargo, las pérdidas eran del 50%, 20% y 3%, respectivamente cuando las habas eran escaldadas antes de la congelación ya que se inhibían las enzimas que colaboraban en su destrucción.

La utilización posterior del secado por microondas al pretratamiento de deshidratación osmótica intentó obtener un producto con menor contenido de agua para luego congelar.

No se trató solamente con microondas porque la finalidad fue obtener un producto con mínimas alteraciones en su calidad final. Se procuró de evitar las modificaciones en la forma y la textura y estructura no uniforme, los cambios de sabor y aroma, la modificación del color y

la degradación de componentes nutricionales, entre otros.

El objetivo del uso de métodos combinados de secado se centra en la mejora de la calidad caracterizada por una mínima degradación química y de cambios de estructura y de textura, mínima variación de sabor y aroma y obtención del color deseado junto con un control preciso del contenido de humedad.

La utilización de bajas temperaturas es uno de los métodos más antiguos de conservación de alimentos. Al solidificarse el agua contenida en el alimento por descenso de la temperatura deja de estar disponible para las reacciones químicas y bioquímicas que deterioran los alimentos. El efecto combinado de la baja temperatura y la disminución de actividad de agua

Producto	Contenido de agua (% m/m)	Temperatura inicial de congelación (°C)
Jugo de manzanas	87,2	-1,44
Concentrado de jugo de manzanas	49,8	-11,53
Salsa de manzanas	82,8	-1,67
Espárragos	92,6	-0,67
Zanahorias	87,5	-1,11
Jugo de cerezas	86,7	-1,44
Jugo de uvas	84,7	-1,78
Cebollas	85,5	-1,44
Jugo de naranjas	89	-1,17
Duraznos	85,1	-1,56
Peras	83,8	-1,61
Ciruelas	80,3	-2,28
Moras	82,7	-1,22
Jugo de moras	88,5	-1,22
Espinacas	90,2	-0,56
Frutillas	89,3	-0,89
Jugo de frutillas	91,7	-0,89
Pulpa de tomates	92,9	-0,72

Tabla 1. Contenido de humedad y temperatura inicial de congelación de diferentes productos alimenticios

ocasionan la inhibición parcial o total del crecimiento y actividad de microorganismos, la actividad metabólica de los tejidos animales o vegetales luego del sacrificio o la recolección y las reacciones enzimáticas y químicas de deterioro. Durante el proceso de congelación se produce un descenso de la temperatura del alimento por debajo de su temperatura de congelación. La misma es inferior a la temperatura de congelación del agua de 0°C ya que los solutos que integran el alimento descienden la temperatura de congelación de la solución. Esta se halla entre -2°C y -5°C, aproximadamente, dependiendo del tipo de alimento considerado. En la Tabla 1 se presentan algunos alimentos y sus temperaturas de congelación características.

La congelación implica la eliminación del calor sensible del alimento para bajar la temperatura a la temperatura inicial de congelación y del calor latente asociado al cambio de fase del agua líquida a hielo. La determinación del calor a extraer, carga calórica, es importante ya que de ello dependerá la potencia que deberá tener la instalación. Debido a la inmovilización del agua por efecto de la formación de cristales de hielo, el agua no se encuentra disponible para las reacciones de deterioro mencionadas anteriormente. En alimentos vegetales congelados es muy importante que alcancen la maduración antes de ser sometidos al proceso de congelación ya que deben ser consumidos luego de la descongelación. La calidad de un alimento congelado no sólo depende del proceso de congelación sino también de la calidad del producto a congelar. La disminución de la temperatura por debajo de la temperatura de congelación provoca

la aparición de núcleos para solidificarse. El número y la distribución de cristales formados dependen de la velocidad de congelación. Existen dos tipos de nucleación: la homogénea, cuando se orientan al azar las moléculas de agua para formar el cristal y la heterogénea cuando los núcleos se forman sobre partículas en suspensión o sobre la pared celular del alimento. Esta última es la más común en los alimentos y es la que se produce durante el subenfriamiento, punto S en la curva de la Figura 1. La velocidad de nucleación es fuertemente dependiente del subenfriamiento, que es la fuerza impulsora. A mayor subenfriamiento mayor será la velocidad de nucleación por unidad de volumen del sistema. A muy altos valores de subenfriamiento, la velocidad de nucleación decrece debido a un aumento de la viscosidad del fluido y a una consecuente inhibición de la movilidad molecular.

En un alimento, la interacción del agua con los solutos presentes produce la depresión del punto inicial de congelación. Además, la cristalización del hielo ocasiona una progresiva concentración de la solución que permanece no congelada. Por consiguiente, a medida que más hielo se forma, aumenta la concentración en sólidos de la solución no congelada y su viscosidad y se reduce, por lo tanto, su punto de congelación. La meseta de cambio de estado que se presenta en la típica curva de solidificación del agua se ve perturbada y aparece en su lugar una zona con el descenso progresivo del punto de congelación, en realidad se observa una pseudo meseta. En las curvas de congelación, en las que generalmente se estudia la evolución de la temperatura del centro térmico, punto que

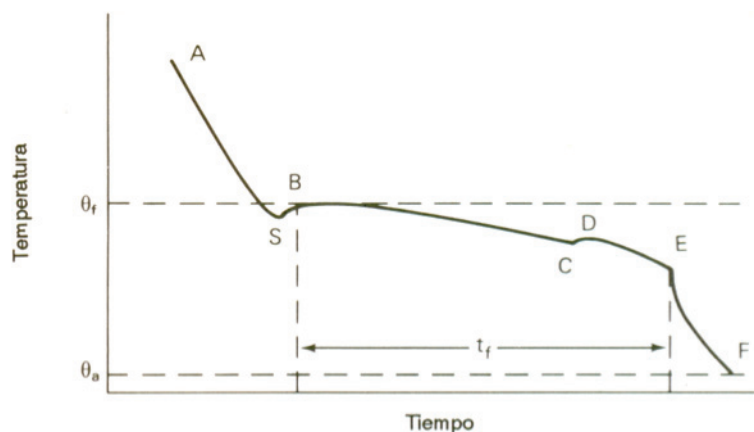


Fig. 1. Evolución de la temperatura en el centro térmico con el tiempo durante el proceso de congelación

se congela más tarde, en función del tiempo, se distinguen las siguientes partes:

Primer tramo AS: el alimento se enfría por debajo de su punto de congelación, siempre inferior a 0°C, temperatura de congelación del agua. En el punto S el agua se halla a una temperatura inferior al punto de congelación y ésta todavía se encuentra en estado líquido. A este fenómeno se lo conoce con el nombre de subenfriamiento. El tiempo correspondiente a este tramo se denomina tiempo de pre-enfriamiento.

Segundo tramo SB: la temperatura aumenta rápidamente hasta alcanzar el punto de inicial de congelación, ya que al formarse los primeros cristales de hielo se libera el calor latente de congelación a una velocidad superior a la que se extrae el calor del alimento. El subenfriamiento se produce más extensivamente cerca de la superficie del sistema que se congela y a veces no se detecta si el enfriamiento es lento y el sensor de temperatura se ubica profundamente en el sistema.

Tercer tramo BE: en éste el calor latente se elimina y se forma el hielo. El incremento de la

concentración de solutos en la fracción de agua no congelada provoca un descenso en el punto de congelación y la temperatura desciende ligeramente. En esta etapa se forma la mayor cantidad de hielo. El tiempo total t_f , correspondiente a la pseudo-meseta de congelación depende de la velocidad a la que se extrae el calor. A velocidades más altas de congelación esta pseudo meseta se reduce como puede observarse en la Figura 2.

Cuarto tramo EF: la temperatura del alimento continúa descendiendo hasta alcanzar la temperatura del congelador. El tiempo involucrado en esta etapa es el denominado tiempo de atemperado.

La velocidad de congelación determina la distribución de los cristales en los tejidos. Cuando la congelación es lenta, los primeros cristales que se forman son grandes y aparecen principalmente en el exterior de las células. Estos pueden provocar compresión mecánica aplastando las células. En la congelación rápida aparecen muchos pequeños cristales tanto en el interior como en el exterior de las células y el tejido es menos dañado. Es por ello que los tejidos con-

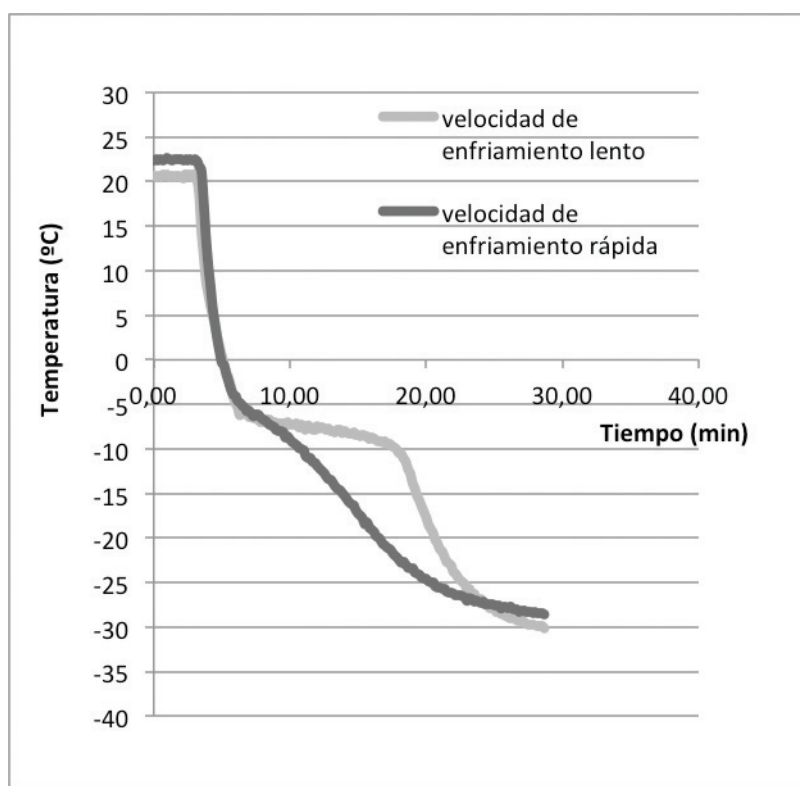


Fig. 2. Curvas típicas de congelación a distintas velocidades

P. A. Della Roca et al - Estudio comparativo de la congelación de papa...

gelados rápidamente liberan menos exudados que los congelados lentamente cuyos tejidos se desorganizan y degradan.

El volumen de hielo es un 9% superior al del agua líquida, por lo tanto, es esperable que durante la congelación del alimento se produzca una dilatación.

El proceso de ultracongelación o supercongelación se aplica a aquellos productos que se congelan con un descenso de temperatura de 5°C por minuto aproximadamente en el centro del alimento, punto crítico, y se prolonga hasta alcanzar una temperatura en el mismo de -18°C. Posteriormente son almacenados a temperaturas inferiores a -18°C.

La congelación es un proceso complejo que consta de las siguientes etapas:

1. Enfriamiento y subenfriamiento de la muestra
2. Nucleación, formación de los núcleos de cristales
3. Crecimiento de los núcleos de cristal formados
4. Enfriamiento posterior del material congelado hasta la temperatura final.

Las instalaciones de congelación se pueden clasificar en:

- Sistemas de refrigeración mecánicos en los que el refrigerante es evaporado y comprimido en un circuito cerrado. Los congeladores mecánicos por lo general utilizan como medio de congelación el aire enfriado o superficies frías.
- Sistemas criogénicos. Los congeladores criogénicos emplean anhídrido carbónico o nitrógeno líquido que entran en contacto directo con el alimento.

En ambos tipos de instalaciones, el funcionamiento puede ser continuo o discontinuo.

Equipo de congelación por contacto con aire: el aire fluye a través del alimento absorbiendo energía del mismo, y de esta manera el producto se enfría. Según cómo sea la velocidad del aire y su temperatura, el equipo puede refrigerar o congelar el producto.

En los sistemas de refrigeración mecánicos los componentes típicos son el evaporador, el com-

presor, el condensador, la válvula de expansión y el refrigerante. En el evaporador, el refrigerante se evapora a presión reducida, absorbiendo energía del aire que extrae calor de los productos a congelar. La temperatura se regula mediante un termostato. El vapor que deja el evaporador se sobrecalienta y luego pasa al compresor donde se aumenta su presión y temperatura. La compresión debe llevarse a cabo en la región seca ya que el líquido en forma de gotas puede erosionar las válvulas del compresor y puede disminuir la efectividad de lubricación del mismo. Posteriormente, el refrigerante es conducido al condensador donde la presión se mantiene constante mientras dura la condensación y deja el mismo como líquido subenfriado. El refrigerante líquido atraviesa la válvula de expansión que trabaja isoentálpicamente y reduce la presión a la correspondiente a la presión del evaporador para iniciar el ciclo nuevamente. El medio de enfriamiento en los sistemas de refrigeración mecánicos puede estar constituido por aire, agua o una superficie metálica. Las cámaras de refrigeración por aire cuando el mismo tiene circulación forzada presentan coeficientes de transmisión de calor bastante elevados, tal el caso de los túneles de congelación. Las propiedades más importantes de los refrigerantes deben ser las siguientes:

1. Bajo punto de ebullición y elevado calor latente de vaporización para poder extraer la mayor cantidad de energía
2. Baja toxicidad
3. Alta densidad de vapor para disminuir el tamaño del compresor
4. Baja inflamabilidad
5. Bajo costo
6. Baja miscibilidad con el aceite en el compresor

Estimación del tiempo de congelación

El conocimiento del tiempo de congelación es muy importante para el diseño del proceso de congelación ya que puede convertirse en el tiempo de residencia del producto en el equipo y además se relaciona con la velocidad de refrigeración. Los factores que determinan la velocidad de refrigeración son:

- Temperatura del medio refrigerante
- Coeficiente efectivo de transferencia de calor
- Forma y tamaño del producto
- Propiedades físicas del sistema

- Otros (temperaturas inicial y final, humedad relativa)

Generalmente, se emplean dos métodos para la predicción de tiempos de congelación: los numéricos y los aproximados. Los métodos numéricos se basan en la siguiente ecuación diferencial en estado no estacionario para un sistema multidimensional y su solución:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) \quad (1)$$

donde ρ es la densidad, c_p el calor específico, k la conductividad térmica, t el tiempo y T la temperatura.

Se requiere información detallada de la variación de las propiedades térmicas: calor específico, densidad y conductividad térmica, en función de la temperatura y la posición. La solución de la precedente ecuación permite evaluar los perfiles de temperatura en el sistema durante la congelación, a través del conocimiento de la historia térmica en cada punto del sistema y su dependencia con las condiciones operativas del proceso representadas por la temperatura inicial, temperatura del medio refrigerante, tamaño característico del alimento, coeficiente de transferencia calórico que involucra características del medio refrigerante, tipo de equipo de congelación, presencia de embalaje, etc. Todo ello lleva a establecer, el tiempo de congelación del alimento (Zaritzky, 2002).

En la resolución numérica de la ecuación diferencial se emplean elementos finitos, diferencias finitas o volúmenes de control. Las diferencias finitas es un método satisfactorio en geometrías regulares mientras que los elementos finitos son más eficientes cuando se trata de geometrías irregulares.

Las soluciones aproximadas basadas en suposiciones simplificadoras fueron aplicadas por varios investigadores: Plank, Pham, Neumann, Cleland y Earle y Salvadori- Mascheroni.

El tiempo de congelación es aproximadamente proporcional a la inversa de la diferencia entre la temperatura inicial (T_i) y la del refrigerante (T_a) (o sea a $1/(T_i - T_a)$).

Siempre que se baje la temperatura del refrigerante disminuirá proporcionalmente el tiempo

de proceso de congelación.

En congelación industrial de alimentos hay dos clasificaciones en cuanto a la temperatura de refrigerante (Mascheroni, 2000):

- En refrigeración mecánica la temperatura alcanzable en condiciones económicamente favorables es del orden de -40°C .
- En refrigeración criogénica la temperatura está determinada por la de evaporación del refrigerante empleado (aproximadamente -79°C para el CO_2 y -179°C para el N_2).

Al haber variación continua de las propiedades térmicas en el rango de temperaturas de congelación no existe una solución analítica exacta del problema en la cual basarse para obtener el método aproximado. Generalmente se parte de soluciones exactas para problemas simplificados (propiedades constantes) o se hacen regresiones de datos teóricos y/o experimentales en un amplio rango de condiciones.

Salvadori y Mascheroni (1991) han desarrollado un método aproximado simple y muy preciso para el cálculo de los tiempos de congelación y descongelación de alimentos de formas regulares. El método cuenta con la ventaja de no requerir valores de propiedades térmicas del producto congelado ni del cálculo de la entalpía efectiva del cambio de fase.

Para estimar el tiempo de congelación la fórmula de cálculo propuesta para una geometría de placa plana infinita es:

$$t_{c,pl} = \frac{L^2}{\alpha} (a T_c + b) \left(\frac{1}{Bi} + c \right) \left| (1 + T_i)^n (-T_a - 1)^m \right| \quad (2)$$

donde α es la difusividad térmica del producto sin congelar L es el semiespesor de la placa en m , T_i es la temperatura inicial, T_a es la temperatura del refrigerante y T_c la temperatura final a alcanzar en el centro térmico (generalmente -10°C o -18°C) expresadas todas en $^\circ\text{C}$. Las constantes, empíricas, dependen de la geometría. Para placa plana infinita $a = -1.272$; $b = 65.489$; $c = 0.184$; $n = 0.096$ y $m = 1.070$. Las condiciones de aplicación son: $2^\circ\text{C} \leq T_i < 25^\circ\text{C}$, $-45^\circ\text{C} \leq T_a \leq -25^\circ\text{C}$ y $1 \leq Bi \leq 50$. El

número de Biot, Bi , es un número adimensional que relaciona la resistencia interna del producto con la resistencia externa a la transferencia de energía y cuya expresión es:

$$Bi = h L/k \quad (3)$$

donde h es el coeficiente de transferencia de calor expresado en $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$ y k es la conductividad térmica del producto expresada en $W/(m \text{ } ^\circ C)$.

La difusividad térmica está dada por la relación:

$$\alpha = k/ \rho \text{ } cp \quad (4)$$

siendo ρ y cp , la densidad en kg/m^3 y el calor específico del alimento en $J/(kg \text{ } ^\circ C)$, respectivamente.

Para tener en cuenta la influencia de la forma de los alimentos multidimensionales en ambos tiempos de proceso se han utilizado distintos tipos de factores de forma.

Cleland y Earle (1982) han desarrollado varias versiones de los mismos. La más ampliamente utilizada, debida a Cleland et al. (1987) es la siguiente:

$$t_c = \frac{t_{c,pl}}{E} \quad (5)$$

donde $t_{c,pl}$ es el tiempo de congelación de una placa plana y E es el factor de forma o número equivalente de dimensiones de transferencia de calor, que relaciona el tiempo de congelación de una placa al tiempo de congelación de un objeto cualquiera de igual dimensión característica, ambos expuestos a las mismas condiciones.

Para una placa infinita $E=1$, para un cilindro infinito $E=2$ y para una esfera $E=3$, independientemente del valor del número de Biot. Para el caso de un cubo se calcula el valor que resulta $E = 3$.

Para objetos de otras formas E se calcula según:

$$E = G_1 + G_2 E_1 + G_3 E_2 \quad (6)$$

donde E_1 y E_2 dependen de las relaciones de tamaño $\beta_1: L_2/L_1$ y $\beta_2: L_3/L_1$ (L_1, L_2 y L_3 son los lados o diámetros del contenedor ($L_1 < L_2 < L_3$)) y del número de Biot. y los factores G_1, G_2 y G_3 son constantes que dependen de la geo-

metría (Salvadori et al., 1996, Salvadori et al., 1997).

El cálculo del tiempo de descongelación se realiza de manera similar, tomando como base el tiempo de descongelación correspondiente a placa plana infinita y utilizando los mismos factores de forma (Salvadori y Mascheroni, 1996).

$$t_{d,pl} = \frac{L^2}{\alpha} (a Tc + b) \left(\frac{1}{Bi} + c \right) (-1 - Ti)^n (Ta + 1)^m \quad (7)$$

En la ecuación anterior $t_{d,pl}$ es el tiempo de descongelación de una placa plana, y las constantes empíricas correspondientes valen: $a = 0,321$; $b = 23,637$; $c = 0,435$; $n = 0,099$ y $m = 0,763$.

El tiempo de descongelación de un cuerpo multidimensional se calcula efectuando el cociente entre el tiempo correspondiente a placa plana y el factor de forma calculado igual que en el caso de congelación.

El tiempo total calculado con la ecuación de Salvadori y Mascheroni tiene en cuenta los tiempos empleados en cada etapa:

$$t_{total} = t_p + t_f + t_a \quad (8)$$

donde t_p es el tiempo de preenfriamiento correspondiente al tramo AB de la Figura 1, t_f es el tiempo de congelación donde se produce la mayor formación de hielo que corresponde al tramo BE de la figura citada y t_a es el tiempo de atemperado que sería el que transcurre entre el final de la etapa anterior y el tiempo final total del proceso que en la industria se considera generalmente cuando se alcanza una temperatura de $-18^\circ C$ en el centro del alimento y en las actividades de investigación $-30^\circ C$, tramo EF de la mencionada figura.

Parte experimental

Materiales

La papa (nombre científico: *Solanum tuberosum*) es una especie perteneciente a la familia de las Solanáceas, originaria de América del Sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles. Existen miles de variedades con grandes diferencias de tamaño, forma, color, textura, cualidades y sabor. La variedad

Componente	Porcentaje
Humedad	79,35 ± 5,09
Proteínas	1,20 ± 0,20
Grasas	0,35 ± 0,05
Cenizas	0,90 ± 0,49
Fibras	1,22 ± 0,50
Carbohidratos	15,9 ± 1,91
Azúcares Reductores	0,31 ± 0,12

Tabla 2. Composición química de la papa, variedad Spunta

que se usó en este trabajo es la Spunta, con propiedades muy buenas para hervir o asar y de gran consumo en nuestro país. Se caracteriza por tener los tubérculos de forma oval y alargados, piel suave, carne amarilla, tamaño grande a muy grande, rendimiento muy alto y madurez semi temprana.

En la Tabla 2 se presenta la composición química de la papa, variedad Spunta (Basuny et al., 2009)

Las papas se cortaron en cubos de 1 cm de arista.

Métodos

En el proceso de congelación se utilizó un túnel de congelación a escala piloto con bandejas en su interior, el cual permite alcanzar condiciones operativas similares a las de la industria. Se registró la temperatura en función del tiempo de las papas sometidas a los distintos tratamientos colocándose en el centro térmico (centro de los cubos) una termocupla. El coeficiente de transferencia calórico del equipo de congelación es de 20 W/(m² °C).

En todos los casos, la congelación se llevó a cabo desde una temperatura ambiente de 20 °C hasta una temperatura de congelación en el centro térmico de -18°C y una temperatura del aire de -35°C. Las papas recibieron distintos pretratamientos antes de su congelación:

Pretratamiento 1 (Papa fresca), sin tratamiento previo.

Pretratamiento 2 (DO) se realizó la osmo-deshidratación de las papas en las condiciones operativas a continuación informadas.

Condiciones operativas de la osmodeshidratación:

Concentración de sacarosa: 40 % m/m
 Concentración de sal: 5 % m/m
 Temperatura: 40°C
 Relación masa de solución a masa de papa: 4
 Tamaño de cubos (arista: 1 cm)
 Nivel de agitación: 120-110 rpm
 Tiempo: 1 h

Pretratamiento 3 (Escaldado + MO), las papas fueron escaldadas a 85°C durante 5 min en agua caliente y luego secadas en microondas a una potencia de microondas del 60 % de la potencia máxima del equipo durante 5 minutos.

Pretratamiento 4 (DO+ MO), se realizó el pretratamiento osmótico de las papas como en la experiencia 2 y luego el secado con microondas a una potencia de microondas del 60% de la potencia máxima del equipo durante 5 minutos.

La estimación de los tiempos de congelación se realizó aplicando la ecuación de Salvadori-Mascheroni.

Los errores en la estimación de los tiempos de congelación se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$Error = \frac{Valor\ experimental - Valor\ teórico}{Valor\ teórico} \quad (9)$$

Se utilizaron las correlaciones de Choi y Okos para estimar las propiedades de la papa fresca y deshidratada que correlacionan las mismas con la composición del producto y su temperatura.

El calor específico en J/kg K como una función de la temperatura en °C para los distintos componentes de un alimento se expresan mediante las siguientes ecuaciones:

$$cp_p = 2008,2 + 1208,9 \cdot 10^{-3} T - 1312,9 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (10)$$

$$cp_g = 1984,2 + 1473,3 \cdot 10^{-3} T - 4800,8 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (11)$$

$$cp_c = 1548,8 + 1962,5 \cdot 10^{-3} T - 5939,9 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (12)$$

$$cp_f = 1845,9 + 1930,6 \cdot 10^{-3} T - 4650,9 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (13)$$

$$cp_{ce} = 1092,6 + 1889,6 \cdot 10^{-3} T - 3681,7 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (14)$$

$$cp_a = 4176,2 - 9,0862 \cdot 10^{-5} T - 5473,1 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (15)$$

Luego, el calor específico del alimento se calcula teniendo en cuenta los aportes de cada uno de sus componentes que lo integran, haciendo uso de la fracción másica, X

$$cp_{alim} = X_p cp_p + X_g cp_g + X_c cp_c + X_f cp_f + X_{ce} cp_{ce} + X_a cp_a \quad (16)$$

La densidad en kg/m³ para cada componente se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$\rho_a = 997,18 + 3,1439 \cdot 10^{-3} T - 3,7574 \cdot 10^{-3} T^2 \quad (17)$$

$$\rho_p = 1329,9 - 0,51814 T \quad (18)$$

$$\rho_g = 925,59 - 0,4157 T \quad (19)$$

$$\rho_c = 1599,1 - 0,31046 T \quad (20)$$

$$\rho_f = 1311,5 - 0,36589 T \quad (21)$$

$$\rho_{ce} = 2423,8 - 0,28063 T \quad (22)$$

$$\rho_{alim} = \frac{1}{\sum \left(\frac{x_i}{\rho_i} \right)} \quad (23)$$

La conductividad térmica del alimento en W/(m K) se estima como la suma de los productos de las conductividades térmicas de cada componente y su respectiva fracción volumétrica x_{vi} . Las ecuaciones se detallan a continuación:

$$k_a = 0,57109 + 1,7625 \cdot 10^{-3} T - 6,7306 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (24)$$

$$k_p = 0,1788 + 1,1958 \cdot 10^{-3} T - 2,7178 T^2 \quad (25)$$

$$k_g = 0,1807 - 2,7604 \cdot 10^{-3} T - 1,7749 \cdot 10^{-7} T^2 \quad (26)$$

$$k_c = 0,2014 + 1,3874 \cdot 10^{-3} T - 4,3312 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (27)$$

$$k_f = 0,18331 + 1,2497 \cdot 10^{-3} T - 3,1683 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (28)$$

$$k_{ce} = 0,3296 + 1,401 \cdot 10^{-3} T - 2,9069 \cdot 10^{-6} T^2 \quad (29)$$

$$k_{alim} = \sum k_i x_{vi} \quad (30)$$

$$x_{vi} = \frac{x_i \rho}{\rho_i} \quad (31)$$

Subíndices
 alim= alimento
 p= proteínas
 g=grasas
 c=carbohidratos
 f=fibras
 ce=cenizas
 a=agua
 i= cada componente
 vi= volumétrica

La fracción de agua no congelada a una temperatura de -18°C se estimó mediante la ecuación de Bartlett (1944)

$$\ln X = \frac{L}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \quad (32)$$

L: calor latente de fusión del agua: 6003 J/mol
 R: constante de los gases perfectos: 8,314 J/(mol K)
 To: temperatura de la fusión del agua (273 K)
 X: fracción molar del agua no congelada

Siendo E el contenido de agua no congelada del producto y S el contenido en extracto seco soluble de un peso molecular equivalente, M. La ecuación para calcular E es:

$$E = \frac{18 S X}{M (1-X)} \quad (33)$$

El contenido de hielo del producto, G se calcula:

$$G = W - E \quad (34)$$

W: humedad en base húmeda
 También se empleó la ecuación de Tchigeov (1979), relación empírica que permite estimar la fracción másica de hielo, según la ecuación:

$$G = W \left[\frac{1,105}{1 + \frac{0,7138}{\ln(Tic-T+1)}} \right] \quad (35)$$

Tic: temperatura inicial de congelación ($^{\circ}\text{C}$)
 T: temperatura a la que se desea calcular la fracción másica de hielo ($^{\circ}\text{C}$)

Fikin (1996) comprobó que esta ecuación es aplicable a una gran variedad de alimentos y provee una exactitud bastante satisfactoria

La temperatura de inicio de congelación se determinó considerando que la papa, como todo tejido vegetal, se puede considerar como una solución de extracto seco soluble en agua. Teniendo en cuenta que al principio de la congelación, un tejido biológico se puede comportar como una solución diluida al que se le puede aplicar la Ley de Raoult, la siguiente ecuación puede utilizarse para calcular aproximadamente la temperatura inicial de congelación, Tic.

$$Tic = -kw \frac{C}{M} (^{\circ}\text{C}) \quad (36)$$

kw: constante criogénica del agua : 18,6 en CGS
 C: masa de soluto en g disuelta en 100 g de agua
 M: peso molecular del soluto

Resultados y análisis

Tiempos de congelación

En la Figura 3 se presentan las curvas de temperatura en función del tiempo durante la congelación para las papas sometidas a los distintos tratamientos descriptos en las experiencias detalladas en Materiales. A partir de las mismas se puede apreciar que la papa fresca de mayor contenido de humedad 84 % que las tratadas tarda más tiempo en alcanzar la temperatura de -18°C en el centro térmico. Los tiempos experimentales para los distintos tratamientos se presentan en la Tabla 2. El menor de los tiempos se registró para el tratamiento por deshidratación osmótica y secado posterior por microonda (DO+MO), ya que la humedad final es de 48 %. La papa con tratamiento de deshidratación osmótica cuya humedad es de 61 % (intermedia a las otras humedades mencionadas precedentemente) presenta un tiempo intermedio entre la papa fresca y la tratada con DO+MO, correspondiente con su humedad.

La ecuación de Salvadori-Mascheroni predijo los tiempos de congelación de manera muy precisa. Los valores de tiempo calculados tienen un error del 4 % y del 14 % para las muestras frescas y las tratadas por deshidratación osmótica, respectivamente, respecto de los valores de tiempo experimentales.

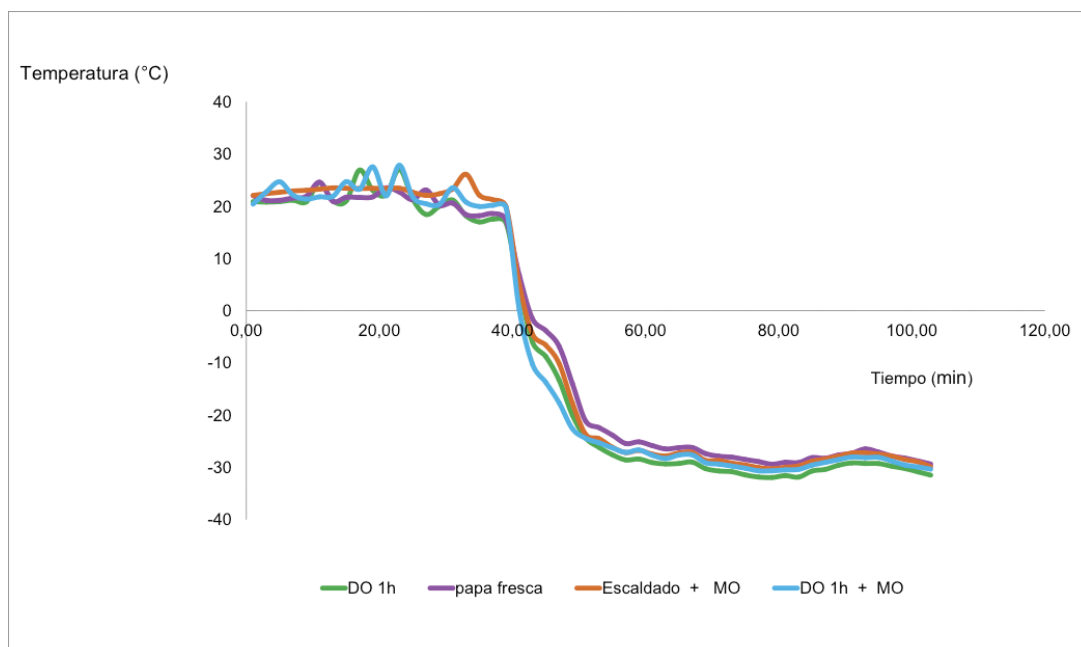


Fig. 3. Curvas de congelación (temperatura en función del tiempo) para las papas frescas y tratadas con los tratamientos DO, Escaldado + MO y DO + MO

Tratamiento	Tiempo experimental (min)	Tiempo calculado (min)
Papa Fresca	19	18,97
DO 1h	16,60	15,36
Escaldado + MO	12	-
DO + MO	10	-

Tabla 3. Tiempos experimentales y calculados para las papas frescas y las sometidas a los distintos tratamientos

No se calcularon los tiempos para los dos últimos tratamientos porque no se tenían los valores de las propiedades de la papa luego de los mismos.

Las propiedades de la papa fresca y deshidratada osmóticamente calculadas con la ecuación de Choi y Okos se presentan en la Tabla 4. Las mismas fueron utilizadas para predecir los tiempos de congelación.

Los errores fueron de 0,2 % y 8 %, en los casos de papa fresca y deshidratada osmóticamente, respectivamente.

Muestra	cp (J/(kg K))	ρ (kg/m ³)	k (W/(mK))
Papa Fresca	3700,5	1064	0,552
Papa deshidratada (DO)	3157,4	1162	0,490

Tabla 4. Propiedades de la papa fresca y deshidratada osmóticamente calculadas con la ecuación de Choi y Okos

Humedad (%)	Hielo (%)	Agua no congelada (%)	Ecuación
84	78,90	5,10	Bartlett
84	74,00	10,00	Tchigeov

Tabla 5. Hielo formado y agua no congelada a -18 °C

Porcentaje de agua sin congelar a -18°C

Se estimó con la ecuación de Bartlett el porcentaje de agua sin congelar a la temperatura de -18°C. A la temperatura inicial de congelación no se ha formado hielo en cantidad apreciable,. Entonces, se calcula la fracción molar de agua no congelada cuyo valor es de 0,9877. Luego se calcula la masa molecular equivalente del extracto seco que resultó de 275,32 kg/kmol. Finalmente, se calcula la fracción de agua no congelada a -18°C. Los valores calculados con las ecuaciones de Bartlett y Tchigeov se presentan en la Tabla 5

Temperatura inicial de congelación

La temperatura inicial de congelación calculada para la papa fresca, sin tratamiento, es de -1,286°C y la obtenida experimentalmente a partir de la curva de congelación de -1,27°C. Se calculó un error relativo de 1,2 % en valor absoluto.

Conclusiones

La papa tratada térmicamente antes de su congelación, reduce su contenido en agua y por ello, disminuye su tiempo de congelación y entonces se reduce la carga de congelación, requiriéndose equipos de menor potencia y logrando por consiguiente un ahorro energético.

Los tiempos de congelación se pueden calcular muy precisamente por la ecuación de Salvadori-Mascheroni que cabe resaltar presenta la ventaja de no necesitar valores de las propiedades térmicas del alimento congelado ni del cálculo de la entalpía efectiva del cambio de fase.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional y al Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) Universidad Nacional de La Plata.

Referencias

- BASUNY, A.; MOSTAFA, D. y SHAKER, A., (2009) Relationship between chemical composition and sensory evaluation of potato chips made from six potato varieties with emphasis on the quality of fried sunflower oil, *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 4 (2) 193-200.
- CLELAND, A.C. y EARLE, R.L.,(1982) Freezing time prediction for foods: a simplified procedure, *Int. J. Refrig.* 5, 134-140.
- CLELAND, A.C.,(1986) A review of methods for predicting the duration of freezing processes, in *Food Engineering and Process Applications Volume 2* ed. M Le Maguer and P. Yelen. Elsevier Applied Science Publisher, London, 41-54.
- CLELAND, D.J.; CLELAND, A.C. y EARLE, R.L., (1987) Prediction of freezing and thawing times for multidimensional shapes by simple methods. Part I: Regular shapes.*Int. J. Refrig.* 10, 156.
- CHOI, Y. y OKOS, M.R., (1986) Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods, In *Food Engineering and Process Application1*: 93-101, Elsevier Applied Science, London.
- FIKIN, K.A., (1996) Ice content prediction methods during food freezing: A survey of the Eastern European Literature. In *New developments in refrigeration for Food Safety and Quality*, International Institute of Refrigeration, Paris, France and American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Michigan, 90-97.
- Food Processing Handbook*, Volumen 1, 2º edición, Wiley-VCH, Brennan, J.G. y Grandison, A. S., editors, 2012.

FORNI, E.; TORREGGIANI, D.; CRIVELLI, G.; MAESTRELLI, A.; BERTELO, G. y SANTELLI, F., (1990) Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwi fruit, in International Symposium of kiwifruit, Padova, Acta Horticulturae 282, 425-433.

FRICKE, B. A. y BECKER, B. R., (2001) Evaluation of thermophysical property models for foods, HVAC&R Research, Vol.7, N°4, 311-330.

GARROTE, R. L. y BERTONE, R. A., (1989) Osmotic concentration at low temperature of frozen strawberry halves. Effect of glycerol, glucose and sucrose solutions on exudate loss during thawing, Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie 22, 264-267.

HUXSOLL, C., (1982) Reducing the refrigeration load by partial concentration of foods prior to freezing. Food Technology, 35 (11), 98-102.

LENART A. y LEWICKI P., (1988) Energy consumption during osmotic and convective drying of plant tissue. Acta Alimentaria Polonica, 14, 65.

MAFART, P., (1991) Ingeniería Industrial Alimentaria, Vol.1 Procesos Físicos de conservación, Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España.

MARANI, C.M.; AGNELLI, M.E. y MASCHERONI, R.H., (2007) Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. Journal of Food Engineering, 79, 1122-1130.

ONITA, N.; IVAN, E., (2005) Estimation of the specific heat and thermal conductivity of foods only by their classes of substances content (water, proteins, fats, carbohydrates, fibers and ash), Scientifical Researches, Agoalimentary Processes and Technologies, Volume XI, N°1, 217-222.

ROBBERS, M.; SINGH, R.P. y CUNHA, L.M., (1997) Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit, Journal of Food Science, 62(5), 1039-1047.

ROCHE, L. A.; SALVADORI, V.O. y MASCHERONI, R. H., Influencia del tamaño de los cortes, la congelación, almacenamiento congelado y descongelación en la producción de exudados en patas de cerdo deshuesadas.S/Fecha

SALVADORI, V. O; DE MICHELIS A. y MASCHERONI, R. H., (1997) Prediction of freezing times for regular multi-dimensional foods using simple formulae, Lebensm. Wiss.u.Technol, 30, 30-35.

SALVADORI, V. O; MASCHERONI, R. H. y DE MICHELIS A., (1996) Freezing of strawberry pulp in large containers: experimental determination and prediction of freezing times, Int. J. Refrig., Vol. 19 N°12, 87-94.

SPIAZZI, E.; RAGGIO, Z.; BIGNONE K. y MASCHERONI, R., (1998) Experiments in dehydro-freezing of fruits and vegetables: mass transfer and quality factors, in IIR proceedings Series "Refrigeration Science and Technology", Sofia, Bulgaria.

TOLEDO, R., (2007) Fundamentals of food process engineering, 3rd Edition, Springer science and Business Media, New York, USA.

TORREGGIANI, D., (1993) Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. Food Research International 26: 59-68.

ZARITZKY, N., (2002) Preservación III, Congelación de Alimentos, Temas en Tecnología de Alimentos, Volumen 1, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Alfaomega Grupo Editor.

Modelado para la predicción de enfermedades en cultivos de alto valor comercial

Enrique Bombelli², Ricardo Moschini³, Eduardo Wright², María Virginia López², María del Carmen Fabrizio²

² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Av. San Martín 4453 (C1417DSE), Ciudad Autónoma Buenos Aires, Argentina

{bombelli, wright, mvlopez, fabrizio, barberis, mrivera}@agro.uba.ar

³Instituto de Clima y Agua. INTA Castelar. Los Reseros y Las Cabañas s/n. B1712WAA. Castelar. Prov. de Buenos Aires, Argentina

rmoschini@cni.inta.gov.ar

Recibido el 11 de Diciembre de 2012, aprobado el 22 de Enero de 2013

Resumen

Para predecir el comportamiento de enfermedades de plantas, mediante la construcción de modelos matemáticos, se evaluó la severidad de manchas foliares ocasionada por el hongo *Alternaria tenuissima*, en plantaciones de arándano alto (cultivar O'Neal) en tres localidades: San Pedro (S 33° 43' - W 059° 41'), Concordia (S 31° 24' - W 058° 02') y Gualaguaychú (S 33° 01' - W 058° 31'), durante los ciclos epidémicos primavera-estivo-otoñales de 2008/09 y 2009/10. Los mejores modelos simples de regresión logística de respuesta binaria integraron a Snc (grado de senescencia foliar) y a DTxnP (días con temperaturas entre 16 y 36°C), con precisiones de predicción de 93,8% y 78,5% respectivamente. El mejor modelo de respuesta ordinal integró a la interacción FPr*DTxnP (días con precipitación > 0,2 mm*días con temperaturas entre 16 y 36°C) y a Snc, con una precisión de predicción de 86,2%.

PALABRAS CLAVE: EPIDEMIOLOGÍA - MODELOS PREDICTIVOS - MANEJO DE ENFERMEDADES - ARÁNDANO ALTO - *Alternaria tenuissima*.

Abstract

The construction of mathematical models to predict the behavior of plant diseases requires the use of methods for collecting data related to the disease, the host and the environment. The severity of leaf spot, caused primarily by the fungus *Alternaria tenuissima*, highbush blueberry plantations (cultivar "O'Neal") was evaluated in three locations: San Pedro (S 33° 43' - W 059° 41'), Concordia (S 31° 24' - W 058° 02') and Gualaguaychú (S 33° 01' - W 058° 31'), epidemic cycles during spring-summer-autumn 2008/09 and 2009/10. The best simple logistic regression models for binary response integrated into Snc (degree of leaf senescence) and DTxnP (days with temperatures between 16 and 36°C), with prediction accuracies of 93.8% and 78.5% respectively. The best model for ordinal response interaction joined FPr*DTxnP (days with precipitation > 0.2 mm

KEYWORDS: EPIDEMIOLOGY - PREDICTION MODELS - DISEASE MANAGEMENT - Highbush BLUEBERRY - *Alternaria tenuissima*.

¹ El presente artículo forma parte de la tesis presentada para la maestría Ingeniería en Sistemas de la Información - Facultad Regional Buenos Aires, bajo la dirección de la Dra. Zulma Cataldi.

** Se desea destacar la colaboración en este proyecto de Guillermo Barberis y Marta Rivera.

Introducción

Las enfermedades que afectan a los cultivos, causan pérdidas significativas, lo cual resulta importante desde el punto de vista de la alimentación a escala mundial (De Wolf e Isard, 2007). Las enfermedades explican por lo menos el 10% de pérdidas de la cosecha global y son, en parte, responsables del sufrimiento de ochocientos millones de personas que carecen de una alimentación adecuada (Strange y Scott, 2005). Estadísticas como éstas, son las que motivan a muchos fitopatólogos a buscar nuevas formas de disminuir el impacto de las enfermedades en la cosecha (De Wolf e Isard, 2007).

De hecho, la fitopatología se dedica al desarrollo y uso de prácticas que reducen el efecto nocivo de una enfermedad sobre lo que será nuestra comida (Maloy, 1993). Estas prácticas deben ser económicamente posibles de llevar a cabo y aceptables desde lo ambiental (Campbell y Madden, 1990). La comprensión de los factores que desencadenan el desarrollo de epidemias vegetales, son esenciales si deseamos crear y ejecutar estrategias eficaces para la gestión de la enfermedad. La interacción sincrónica entre el hospedante, el patógeno, y el ambiente, gobierna el desarrollo de la enfermedad (Figura 1).

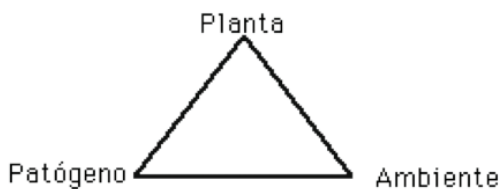


Fig. 1. Triángulo epidémico (De Wolf e Isard, 2007)

Estas interacciones se pueden conceptualizar como una secuencia continua o ciclo de acontecimientos biológicos que incluyen inactividad, reproducción, dispersión, y patogénesis (De Wolf e Isard, 2007). Aunque los fitopatólogos saben y reconocen desde hace tiempo la importancia de estos acontecimientos, Gaumann (1950) fue el primero en evaluar críticamente la progresión de acontecimientos que llevan al desencadenamiento de la enfermedad (Campbell y Madden, 1990; Maloy, 1993). Gaumann (1950) denominó a esta secuencia continua de

eventos "cadena de la infección", sin embargo, más recientemente han entrado en boga los términos "ciclo de la enfermedad" o "ciclo de la infección" (Maloy, 1993; Kranz, 2003). La descripción y la cuantificación del ciclo de la enfermedad es la base fundamental de la epidemiología vegetal y constituye la llave para desarrollar una gestión eficaz de la misma (De Wolf e Isard, 2007).

La cuantificación de la distribución espacial de la enfermedad proporciona importante información sobre potenciales fuentes de inóculo, así como también la extensión de la misma en una región agrícola (De Wolf e Isard, 2007). El poder predecir cuándo una enfermedad aumentará a un umbral que cause pérdidas económicamente significativas, constituye uno de los usos más importantes de la epidemiología vegetal (Campbell y Madden, 1990). La predicción de la enfermedad en días o semanas antes de que una epidemia ocurra, permite que los productores respondan de manera oportuna y eficiente ajustando las prácticas de gestión de cultivos (Maloy, 1993). Dado un plazo de ejecución suficientemente largo, las predicciones de la enfermedad podrían ayudar a los productores a decidir qué cultivares utilizar y cuándo sembrarlos. Podría ayudarles también a programar la fertilización, la irrigación, la rotación de cultivos, y otras prácticas culturales (De Wolf e Isard, 2007).

Por otra parte, una predicción de bajo riesgo de ocurrencia de la enfermedad, puede dar lugar a un uso reducido de pesticidas, con positivas consecuencias económicas y ambientales (De Wolf e Isard, 2007).

Contexto

De las muchas enfermedades que amenazan al cultivo de arándano en Argentina, *Alternaria tenuissima* es el patógeno de mayor incidencia y prevalencia (Wright et al., 2005; Wright et al., 2007; Wright y Pérez, 2007), responsable de pérdidas de hasta un 20% en poscosecha (Wright et al., 2003-b; Wright et al., 2004; Wright et al., 2010).

Se trata de un hongo común y abundante en el aire, así como en el suelo, en las semillas y en productos agrícolas. Incluye especies tanto fitopatógenas como saprófitas, conocidas por producir metabolitos, sobre todo fitotoxinas,

que desempeñan un papel importante en la patogénesis de las plantas. Las que producen metabolitos tóxicos en las plantas infectadas y/o en los productos agrícolas, pueden contaminar los alimentos y provocar efectos adversos en animales. La sintomatología en arándano es muy variable, aunque la más común consiste en manchas foliares, ocasionando también pudrición de frutos en pre y poscosecha.

Tratándose de un patógeno necrotrófico², su control preventivo consiste en eliminar órganos afectados, disminuir la humedad foliar y evitar condiciones de estrés, manteniendo el cultivo bien fertilizado y regado. Cuando aparecen los primeros síntomas en hojas y/o tallos, se recomienda aplicar fungicidas (Rivera et al., 2009). Para el caso que nos ocupa, los fungicidas foliares constituyen la principal herramienta a utilizar para minimizar los daños causados. Pero si se busca una estrategia de control químico basada en la ocurrencia de condiciones meteorológicas favorables al progreso epidémico, es necesario contar con modelos matemáticos que cuantifiquen la relación ambiente/enfermedad.

En Argentina no se dispone hasta el presente de observaciones de severidad final de la enfermedad que permitan encarar el desarrollo de modelos empíricos con base meteorológica, para predecir niveles de ocurrencia de la enfermedad.

Metodología y objetivos

La ocurrencia, desarrollo y dispersión de enfermedades de cultivos, depende de los efectos integrados del patógeno, hospedante y condiciones ambientales.

El productor puede implementar una serie de prácticas de manejo que modifican este sistema interactivo, con el objeto de reducir las pérdidas atribuidas a enfermedades y de esta forma incrementar los rendimientos de los cultivos, bajo el marco de sustentabilidad exigible a los sistemas productivos.

Para apoyar al manejo táctico y estratégico de enfermedades de cultivos, muchos esfuerzos de investigación se concentran en el desarrollo de modelos que simulan el progreso epidémico y/o el nivel final de enfermedad, basados en

algunos o todos los factores que expresan la enfermedad (patógeno, hospedante, ambiente). Dichos modelos se desarrollan analizando información observada de las enfermedades y de la meteorológica del pasado reciente. Se trata de explicar la variación de la enfermedad a través de variables meteorológicas que captan la variabilidad del clima regional, en un intervalo temporal de corta duración.

Esta metodología responde a los sistemas de pronóstico empíricos o deductivos, muchos de los cuales son de gran utilidad y funcionales (datos actuales e históricos de registros de enfermedad y condiciones ambientales de un sitio dado). Esto resulta en la formulación de reglas que deben cumplirse antes que se produzca el desarrollo de la enfermedad, como las establecidas para el tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) (Hyre, 1954). Coakley (1988) sugiere un mínimo de 8 a 12 años de observaciones de enfermedad para identificar con certeza los factores climáticos asociados. Si esto no fuera posible, se podría utilizar información meteorológica y de la enfermedad de varios sitios pertenecientes a una región geográfica, de manera de obtener variabilidad. En este sentido, Del Ponte et al. (2006) mediante técnicas de regresión lineal múltiple, ajustaron modelos basados en variables hídricas para predecir la severidad final de la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Para ello, utilizaron datos de severidad (%) de sólo 3 campañas, pero de 34 experimentos de campo, en 21 sitios de Brasil. Moschini et al. (2006) utilizaron observaciones de incidencia de escudete negro (*Alternaria alternata* y *Bipolaris sorokiniana*) en trigo fideo, de 5 sitios y 3 campañas, para ajustar modelos predictivos de regresión lineal múltiple y logística basados en 2 variables meteorológicas.

Para el desarrollo de los mencionados modelos, se dispuso de observaciones de severidad de *Alternaria tenuissima* en arándano, las cuales trataron de representar su progreso epidémico durante los ciclos de crecimiento 2008/09 y 2009/10, en tres sitios geográficos (Concordia, Gualaguaychú y San Pedro). Si se hubiesen usado los valores máximos de severidad de cada ciclo de crecimiento, sólo se hubiese dispuesto de seis observaciones (3 sitios x 2 ciclos). Dicho número de observaciones es considerado insuficiente para establecer, a través

² Parásito que mata a las células y obtiene su energía de las células muertas (Dárcy et al., 2001).

de técnicas de regresión, la relación cuantitativa ambiente/enfermedad. Por ello se pensó entonces, en otra técnica de análisis que incluyera todas las observaciones disponibles de severidad de *Alternaria tenuissima* (n=29) a lo largo de los ciclos de crecimiento de arándano. En este marco, debido al excesivo e irregular espaciamiento temporal entre observaciones de la enfermedad, se consideró impreciso el proceso de identificación de variables ambientales relacionadas a las tasas diarias de incremento epidémico, calculadas entre observaciones sucesivas de severidad. Con las restricciones descritas, los objetivos fueron los siguientes:

1. Ajustar modelos linealizados (Logístico y Gompertz) a los datos de severidad observados por ciclo y sitio.
2. Estimar la severidad y la tasa de incremento epidémico diario a intervalos de tiempo fijos, a partir de las curvas epidémicas seleccionadas.
3. Desarrollar modelos empíricos mediante técnicas de regresión logística, para estimar probabilidades de ocurrencia de distintos niveles de tasas de incremento epidémico (severidad) de *Alternaria tenuissima* en hojas de arándano, basados en el grado de senescencia foliar y en variables meteorológicas (simples e interactivas).
4. Procesar dichas variables regresoras a intervalos de tiempo fijos, previos a cada valor de severidad, en la curva de progreso epidémico seleccionada por ciclo y sitio.

Para evaluar la asociación entre las variables regresoras con la epidémica, se desarrolló un programa basado en el lenguaje de programación del software *Statistical Analysis System* (SAS), el cual se viene utilizando con regularidad desde el año 1988 por Ricardo Moschini (Moschini y Fortugno, 1996; Moschini et al., 1996; Moschini et al., 1999; Moschini y Perez, 1999; Moschini et al., 2001; Moschini et al., 2002; Moschini et al., 2004; Moschini et al., 2006; Moschini, 2007), para la obtención de modelos predictivos de enfermedades de cultivos basados en variables meteorológicas.

Modelos linealizados de ajuste a curvas de progreso epidémico

Mediante análisis de regresión lineal (procedi-

miento GLM del SAS) fue evaluada la bondad de ajuste de las formas linealizadas de los modelos Logístico (L) y Gompertz (G) (Campbell y Madden, 1990) a cada una de las 6 epidemias observadas (3 sitios y 2 campañas) (Cuadro 1).

Se analizaron para cada modelo el coeficiente de determinación (R^2) y la raíz cuadrada del error cuadrático (RECM). La variable dependiente en la regresión lineal fue para L= $\ln(\text{sev}/(1-\text{sev}))$ y para G= $-\ln(-\ln(\text{sev}))$, siendo "ln" el logaritmo natural y "sev" la severidad observada de la enfermedad en proporción, para cada fecha. La variable independiente es el tiempo (d) expresado en días que van transcurriendo desde una fecha inicial. El inicio de cada ciclo epidémico en los años 2008 y 2009, para los 3 sitios, coincidió con la fecha en la cual se acumulan 170 grados día desde el 1 de julio ($T_m \text{ base}=12,5^\circ\text{C}$). La temperatura media base es la utilizada para simular el desarrollo de las especies cítricas CDavies y Albrigo, 1994). Estas fechas supuestas de inicio epidémico fueron previas a la primera observación de cada ciclo epidémico por sitio (San Pedro: 27/9/08 y 2/10/09, Concordia: 1/9/08 y 31/8/09, Gualeguaychú: 17/9/08 y 20/9/09).

Resolviendo las siguientes ecuaciones se obtuvieron los valores de severidad (Sev) de cualquier día (d) en las curvas de progreso epidémico ajustadas:

Modelo L: $\text{Sev} = 1 / (1 + \exp(-(\text{intercepto} + \text{pendiente} * d)))$

Modelo G: $\text{Sev} = \exp(-\exp(-(\text{intercepto}) * \exp(-\text{pendiente} * d)))$

A partir de los modelos de progreso epidémico seleccionados, se obtuvieron valores estimados de severidad a intervalos de 14 días (el día 1 es la fecha de inicio epidémico definido por sitio y año). La tasa de incremento epidémico diario (TId%) resultó de: $(\text{Sev}\%d - \text{Sev}\%d-1) / 14$, siendo "d" el día que completa cada intervalo de 14 días, consecutivamente desde la fecha de inicio (el primer valor de TId% que se considera es el del día 15, desde el día inicial). Para el siguiente paso de desarrollo de modelos de regresión logística (variables meteorológicas y senescencia) sólo se utilizaron las curvas simuladas de progreso epidémico que observaron valores de $R^2 > 0,65$ y RECM $< 1,1$.

Sitio San Pedro: Ciclo 2008/09				
Fecha Observada	Día Juliano	Severidad	Severidad Acumulada (%)	Día Epidemia
27/09/08	271	0,001	0,1	1
27/11/08	332	0,0184	1,84	62
08/01/09	8	0,0238	2,38	104
09/03/09	68	0,1208	12,08	133

Sitio San Pedro: Ciclo 2009/10				
Fecha Observada	Día Juliano	Severidad	Severidad Acumulada (%)	Día Epidemia
02/10/09	275	0,001	0,1	1
22/10/09	295	0,0066	0,66	21
03/12/09	337	0,0262	2,62	63
29/12/09	363	0,0590	5,90	89
03/02/10	34	0,0883	8,83	125
13/02/10	44	0,1056	10,56	135
17/04/10	107	0,1211	12,11	198

Sitio Concordia: Ciclo 2008/09				
Fecha Observada	Día Juliano	Severidad	Severidad Acumulada (%)	Día Epidemia
1/09/08	245	0,001	0,1	1
23/11/08	297	0,0097	0,97	53
04/12/08	339	0,0144	1,44	95
06/01/09	6	0,1265	12,65	122
25/03/09	84	0,0957	9,57	200

Sitio Concordia: Ciclo 2009/10				
Fecha Observada	Día Juliano	Severidad	Severidad Acumulada (%)	Día Epidemia
31/08/09	243	0,001	0,1	1
09/10/09	282	0,0088	0,88	40
16/11/09	320	0,0259	2,59	78
21/12/09	355	0,0461	4,61	113
28/01/10	28	0,0490	4,90	151
27/02/10	58	0,2814	28,14	181
27/03/10	86	0,2868	28,68	209

Sitio Gualeguaychú: Ciclo 2008/09				
Fecha Observada	Día Juliano	Severidad	Severidad Acumulada (%)	Día Epidemia
17/09/08	261	0,001	0,1	1
25/11/08	330	0,1045	10,45	70
13/12/08	348	0,0894	8,94	88
02/01/09	2	0,1220	12,20	108
06/03/09	65	0,1141	11,41	171

Sitio Gualeguaychú: Ciclo 2009/10

Fecha Observada	Día Juliano	Severidad	Severidad Acumulada (%)	Día Epidemia
20/09/09	263	0,001	0,1	1
07/10/09	280	0,0726	7,26	18
03/12/09	337	0,0840	8,40	75
28/12/09	362	0,0731	7,31	100
18/02/10	49	0,096	9,60	152
20/03/10	79	0,1063	10,63	182
24/04/10	114	0,1442	14,42	217

Cuadro 1: Valores de severidad (en proporción y acumulado %) de *Alternaria tenuissima* observados en 6 ciclos epidémicos (3 sitios: Concordia, Gualeguaychú y San Pedro y 2 campañas).

Desarrollo de modelos de regresión logística

Variable respuesta

Dicha variable se categorizó en Binaria (los valores de TId% de las curvas de progreso epidémico seleccionadas se categorizaron en función de un valor umbral en "severo" y "moderado a nulo") y Ordinal (ídem al caso anterior, aunque basado en tres categorías epidémicas: "severa", "moderada" y "ligera a nula". Dichos umbrales correspondieron a percentiles de los valores simulados cada 14 días.

Variables regresoras:

• Variables meteorológicas:

Las estaciones meteorológicas de San Pedro (INTA), Concordia (SMN) y Gualeguaychú (SMN), registraron diariamente la temperatura máxima (Tx: °C), temperatura mínima (Tn: °C), precipitación (Pr: mm) y humedad relativa (HR: promedio tridiurno). La temperatura media diaria (Tm) fue calculada como la semi-suma de las temperaturas máxima y mínima. Basados en estos elementos se construyeron las siguientes variables meteorológicas: Simples e Interacciones (producto de 2 variables simples).

• Simples:

DTxnP: número de días con Tn>16°C y Tx<36°C

DTnN: número de días con Tn<=umbral (rango: 12 a 18°C)

DTxnN: número de días con Tn<=umbral (ran-

go: 12 a 18°C) o Tx>=umbral (rango: 32 a 36°C)

TxM: temperatura máxima media

TnM: temperatura mínima media

FPr: días con registros de Pr>0,2 mm

PrAc: acumulación de precipitaciones >0,2 mm

DPrHR: número de días con registros de Pr>0,2 mm y HR>umbral (rango: 65 a 85%)

DPrHRT: número de días con registros de Pr>0,2 mm y HR>umbral (rango: 65 a 85%), en el rango térmico: Tx<36°C y Tn>16°C

DHR: número de días con HR>umbral (rango: 65 a 85%)

• Interacciones (producto de 2 variables simples):

It1=FPr*DTxnP

It2=FPr*TnM

It3=DPrHRT*FPr

It4=DPrHRT*TnM

• Variable ligada al grado de senescencia foliar (Snc):

Toma valores de 1 a 4 de acuerdo al cuartil en el que se encuentra la observación respecto a la duración máxima de las curvas de progreso epidémico analizadas por sitio (198 días en San Pedro, 209 días en Concordia y 171 días en Gualeguaychú). Por ejemplo, si en Concordia se está a 141 días del inicio de la epidemia simulada: 141/209=0,67 o sea tercer cuartil: Snc=3.

Lapso de procesamiento de las variables

Las variables fueron procesadas en el lapso de 14 días previos a cada valor de TId%, a lo largo de cada curva de progreso epidémico.

Análisis estadístico

1. Se calcularon los coeficientes de correlación de Kendall (rk) Tau-b (Proc Freq del SAS) (De Wolf et al., 2003) entre los niveles epidémicos (categorías de acuerdo a TId%) y las variables meteorológicas descritas (simples e interacciones) y el factor de senescencia (Snc).

2. Mediante la técnica de regresión logística se estimó la probabilidad de ocurrencia de cada categoría epidémica en base a una o varias de las variables regresoras analizadas (simples o como componente interactivo) (Johnson et al., 1996; Turechek y Stevenson, 1998; De Wolf et al., 2003; Troglia et al., 2004; Henderson et al., 2007; Moschini, 2007; Carmona et al., 2010). Regla de decisión: se pronostica la categoría epidémica con una probabilidad asociada $\geq 0,5$ (binaria) o con la máxima probabilidad asociada de ocurrencia (ordinal). En la evaluación de los mejores modelos de respuesta binaria se toma en cuenta el valor crítico P (valor de probabilidad para clasificar una categoría epidémica como severa que logra la mayor precisión de predicción), que no necesariamente es el valor 0,5. El procedimiento Logistic del SAS, fija modelos de regresión paralelos para datos de respuesta ordinaria por medio del método de máxima verosimilitud, basado en la distribución de probabilidad acumulada de los niveles de respuesta. Una función logit (logaritmo natural de $(Pr/1-Pr)$, siendo "Pr" la probabilidad acumulada de las categorías epidémicas) establece la unión entre el componente esto-

cástico y las variables regresoras meteorológicas analizadas. Los supuestos requeridos por el análisis de regresión lineal paramétrico, no se exigen en la regresión logística. El método de selección de variables Stepwise del procedimiento Logistic, fue usado para obtener el modelo más apropiado, haciendo jugar las variables (simples e interactivas) descritas y fijando distintos niveles de significancia para entrar y permanecer en el modelo (NSE y NSP respectivamente).

3. La precisión de la predicción se basó en el porcentaje de casos correctamente clasificados. Si en cada uno de los casos analizados se compara la categoría epidémica observada versus la predicha, con máxima probabilidad de ocurrencia por las ecuaciones logísticas desarrolladas, se puede calcular el porcentaje de casos correctamente clasificados.

Resultados y discusión

Sólo para San Pedro y Concordia, en ambos ciclos (2008/09 y 2009/10) y para Gualeguaychú en el ciclo 2008/09, se pudieron ajustar modelos linealizados Logístico y Gompertz con altos coeficientes de determinación y bajo error (Figuras 2, 3, 4, 5, 6 y Cuadro 2). Se desechó para el desarrollo de modelos predictivos, la información epidémica de Gualeguaychú correspondiente al ciclo 2009/10. Para este sitio, en la epidemia correspondiente a dicho ciclo (2009/10), el mejor modelo fue Gompertz, aunque obtuvo valores de R^2 de sólo 0,54, los cuales se encuentran por debajo de los su-

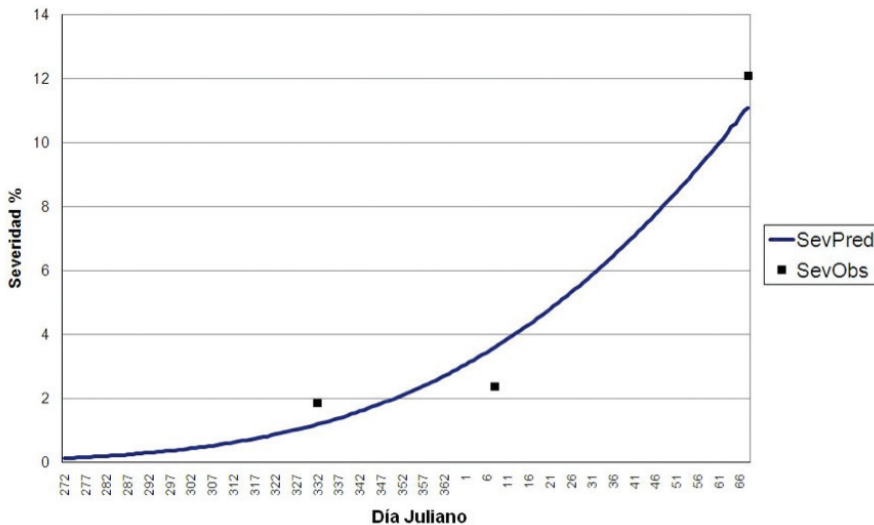


Fig. 2. Severidad observada versus predicha para el ciclo epidémico San Pedro 2008/09

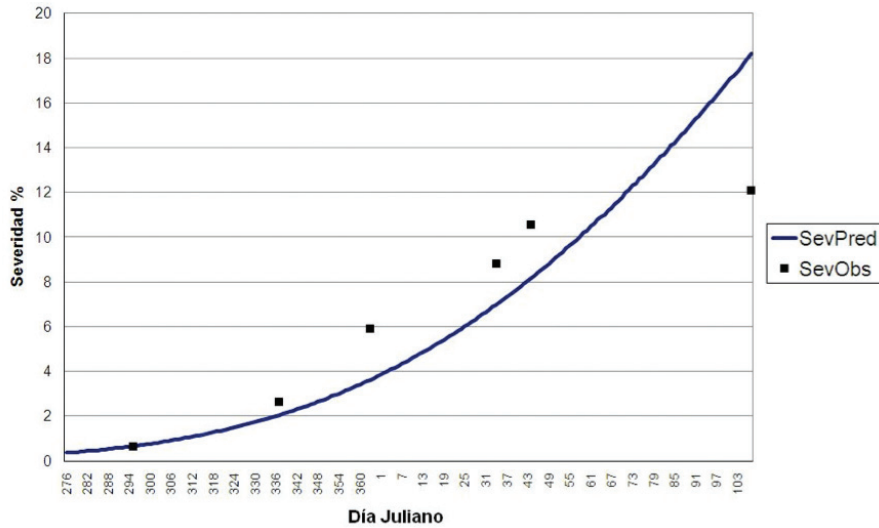


Fig. 3. Severidad observada versus predicha para el ciclo epidémico San Pedro 2009/10

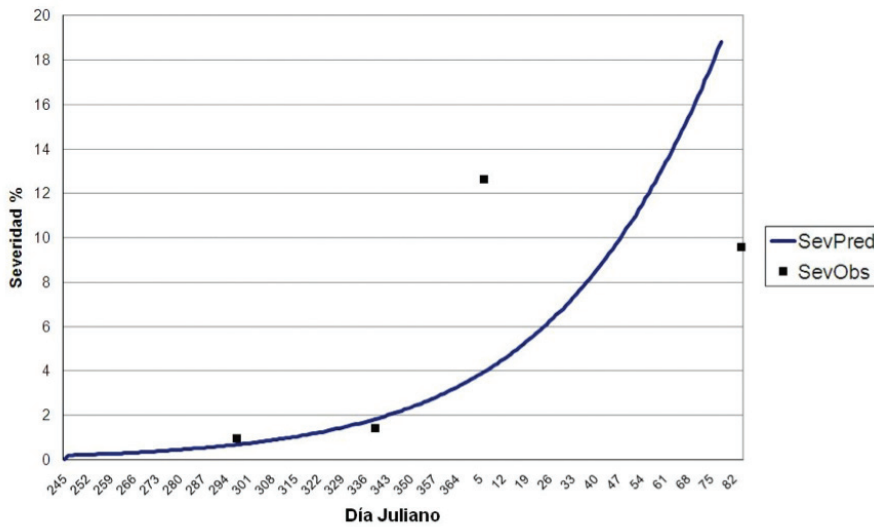


Fig. 4. Severidad observada versus predicha para el ciclo epidémico Concordia 2008/09

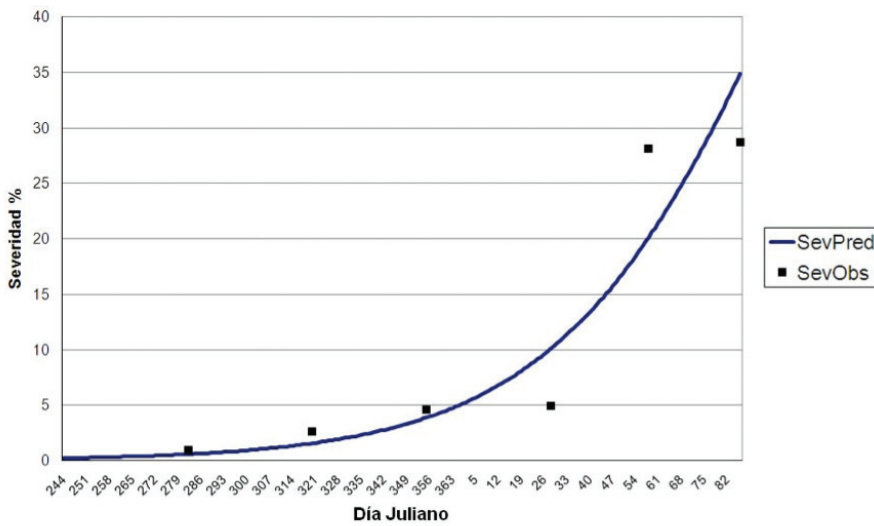


Fig. 5. Severidad observada versus predicha para el ciclo epidémico Concordia 2009/10

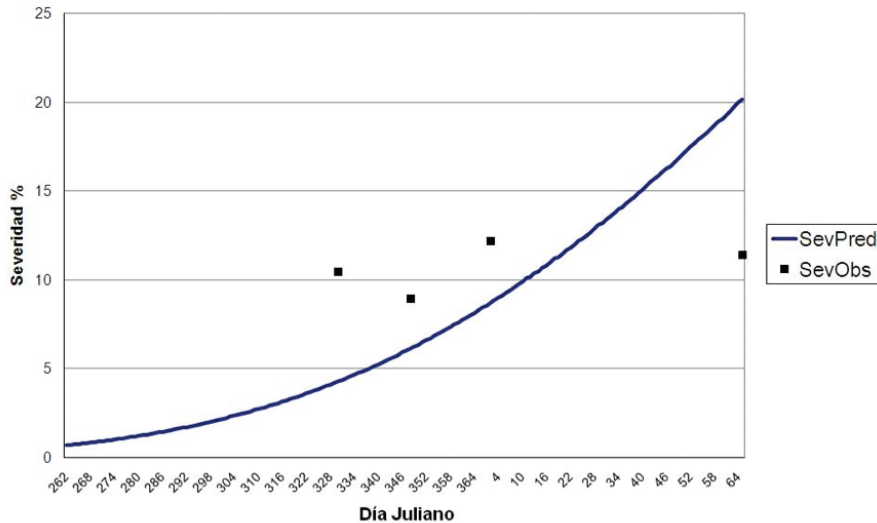


Fig. 6. Severidad observada versus predicha para el ciclo epidémico Gualeguaychú 2008/09

Sitio	Año	Modelo	N	R ²	RECM	intercepto	Pendiente
Concordia	2008/09	L	5	0,80	1,04	-6,2619	0,0241
Concordia	2009/10	L	7	0,93	0,61	-6,265	0,0268
San Pedro	2008/09	G	5	0,96	0,12	-1,9184	0,0069
San Pedro	2009/10	G	7	0,89	0,16	-1,7415	0,0061
Gualeguaychú	2008/09	G	5	0,66	0,34	-1,6156	0,0067

Cuadro 2. Resumen estadístico del análisis de regresión lineal usado en la evaluación de modelos Logísticos (L) y Gompertz (G) de mejor ajuste, para describir las epidemias observadas en Concordia, San Pedro y Gualeguaychú (ciclo 2008/09). Resolviendo las siguientes ecuaciones se obtienen los valores de Severidad en proporción: $SevL=1/(1+\exp(-(-6,262+0,024*t)))$; $SevL=1/(1+\exp(-(-6,265+0,027*t)))$; $SevG=\exp(-\exp(1,9184)*\exp(-0,0069*t))$; $SevG=\exp(-\exp(1,7415)*\exp(-0,0061*t))$; $SevG=\exp(-\exp(1,6156)*\exp(-0,0067*t))$. Dichas ecuaciones corresponden a Concordia y San Pedro (2008/09 y 2009/10) respectivamente y Gualeguaychú (2008/09).

puestos iniciales ($R^2>0,65$).

Los valores de TId% en función de umbrales, se categorizaron binariamente en severo ($TId\% \geq 0,077$) y moderado a nulo ($TId\% < 0,077$) y ordinalmente en severo ($TId\% \geq 0,077$), moderado ($TId\% < 0,077$ y $\geq 0,038$) y ligero a nulo ($TId\% < 0,038$), siendo 0,077 y 0,038 los percentiles 50 y 30% de los 65 valores de TId%.

Las correlaciones (rk: coeficiente de Kendall Tau-b) entre los niveles de tasas de incremento epidémico, las variables meteorológicas y el factor de senescencia (Snc) analizadas, se presentan en el Cuadro 3.

Las variables meteorológicas simples como

DTnN (días con temperatura mínima $\leq 16^\circ\text{C}$), DTxNP (días con temperatura máxima $< 36^\circ\text{C}$ y temperatura mínima $> 16^\circ\text{C}$), TnM (temperatura mínima media) y el factor de senescencia (Snc), alcanzaron los más altos coeficientes de correlación de Kendall ($rK > 0,49$). Las variables simples asociadas a elementos meteorológicos de naturaleza continua, como las térmicas, presentaron las más elevadas correlaciones con los niveles de enfermedad. Variables ligadas a elementos discretos, como las relacionadas a la precipitación, tuvieron menor grado de asociación con las tasas de incremento epidémico. Ello puede explicarse dado que el primer lapso primaveral de las curvas de progreso simuladas por los modelos Logísticos y Gompertz, se caracterizó por observar un lento

Respuesta binaria		Respuesta ordinal	
Variables	r _k	Variables	r _k
<i>Simples</i>		<i>Simples</i>	
DTxnP	0,52	DTxnP	0,60
DTnN	-0,49	DTnN	-0,59
DTxnN	-0,52	DTxnN	-0,60
TxM	0,39	TxM	0,46
TnM	0,49	TnM	0,57
FPr	0,14	FPr	0,17
PrAc	0,18	PrAc	0,18
DPrHR	0,17	DPrHR	0,19
DPrHRT	0,36	DPrHRT	0,40
DHR	0,25	DHR	0,24
<i>Interactivas</i>		<i>Interactivas</i>	
It1	0,40	It1	0,49
It2	0,29	It2	0,34
It3	0,33	It3	0,37
It4	0,36	It4	0,41
<i>Senescencia foliar</i>		<i>Senescencia foliar</i>	
Snc	0,76	Snc	0,81

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Kendall (rk) Tau-b de variables meteorológicas (simples e interacciones) y del factor ligado a la senescencia foliar (Snc) en relación a los niveles de tasa de incremento epidémico diario (Tid%) binarios (severo y ligero a nulo) y ordinales (severo, moderado y ligero a nulo). DTxnP: número de días con Tn>16°C y Tx<36°C, DTnN: número de días con Tn<=16°C; DTxnN: número de días con Tn<=16°C o Tx>=36°C; TxM: temperatura máxima media; TnM: temperatura mínima media; FPr: días con registros de Pr>0,2 mm; PrAc: se acumulan las precipitaciones >0,2 mm; DPrHR: número de días con registros de Pr>0,2 mm y HR>65%; DPrHRT: número de días con registros de Pr>0,2 mm y HR> 65%, en el rango térmico: Tx<36°C y Tn>16°C; DHR: número de días con HR>65%; Interacciones: It1=FPr*DTxnP; It2=FPr*TnM; It3=DPrHRT*FPr; It4=DPrHRT*TnM; Snc: factor de senescencia: valores de 1 a 4 (primer a cuarto cuartil del ciclo epidémico).

Modelo	Ecuaciones del Modelo*	Precisión (%)
<i>Respuesta Binaria</i>		
I	LogitPrS= - 3,4412 + 0,4172*DTxnP	78,5
II	LogitPrS= - 10,8126 + 4,2892*Snc	93,8
III	LogitPrS= -14,2559+4,7867*Snc+0,2043*It4+0,3672*DTnN-3,1527*DPrHR	95,4
<i>Respuesta Ordinal</i>		
IV	LogitPrS= - 4,1985 + 0,4955*DTxnP LogitPrMac= - 2,5761 + 0,4955*DTxnP	70,8
V	LogitPrS= - 11,6675 + 4,6174*Snc LogitPrMac= - 8,6741 + 4,6174*Snc	83,1
VI	LogitPrS= -12,8144 + 4,5697*Snc + 0,0338*It1 LogitPrMac= - 9,4060 + 4,5697*Snc + 0,0338*It1	86,2

Cuadro 4. Modelos logísticos para estimar la probabilidad de ocurrencia de cada categoría de nivel de tasa de incremento epidémico diario (TId%): Binaria: severa (S) y moderada a nula (M); Ordinal: severa (S), moderada (M) y ligera a nula (L), en base a variables meteorológicas simples e interacciones y a un factor de senescencia foliar (Snc). *LogitPrS=ln(PrS/1-PrS); LogitPrMac=ln(PrMac/1-PrMac). Resolviendo las expresiones $\text{Exp}(\text{LogitPrS})/(1+\text{Exp}(\text{LogitPrS}))$ y $\text{Exp}(\text{LogitPrMac})/(1+\text{Exp}(\text{LogitPrMac}))$ se obtienen los valores de PrS (probabilidad de observar un nivel de TId% severo (S)) y PrMac (probabilidad acumulada de ocurrencia de un nivel de TId%=> a la categoría moderada (M)). "ln" es el logaritmo natural. PrM=PrMac-PrS. PrL=1-(PrS+PrM) siendo "PrL" la probabilidad de observar un nivel de incremento epidémico ligero a nulo (L). DTxnP: número de días con $T_n > 16^\circ\text{C}$ y $T_x < 36^\circ\text{C}$; DTnN: número de días con $T_n \leq 16^\circ\text{C}$; DPrHR: número de días con registros de $Pr > 0,2$ mm y $HR > 65\%$; DPrHRT: número de días con registros de $Pr > 0,2$ mm y $HR > 65\%$, en el rango térmico: $T_x < 36^\circ\text{C}$ y $T_n > 16^\circ\text{C}$; FPr: días con registros de $Pr > 0,2$ mm; Interacciones: $It1 = FPr * DTxnP$; $It4 = DPrHRT * TnM$ Snc: factor de senescencia: valores de 1 a 4 (primer a cuarto cuartil del ciclo epidémico).

y uniforme ritmo de incremento. Esta situación se acopla perfectamente a la normal ocurrencia de días con temperaturas bajas (alto valor de DTnN: temperaturas $\leq 16^\circ\text{C}$) y hojas jóvenes (bajo factor de Snc). En cambio, en el verano, las pendientes de las curvas simuladas son muy elevadas, concordando con hojas de senescencia creciente (alto valor de Snc) y alta frecuencia de días con temperaturas entre 16 y 36°C (alto valor de DTxnP). Las variables ligadas a elementos de ocurrencia esporádica y errática, como la precipitación, no realizaron aportes significativos como para explicar el comportamiento uniforme, característico de los dos subperíodos de la curva epidémica (bajos valores de rK).

La alta correlación de las variables térmicas con la enfermedad, coincide con lo expresado por Milholland (1973), quien afirma que la temperatura es el principal factor meteorológico, aunque no el único, responsable de la infección y desarrollo de la enfermedad, no sólo a campo sino también in vitro, siendo la temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad 20°C y para el crecimiento del hongo 28°C . Dicha afirmación, compete a cultivos de arándano alto en el estado de Carolina del Norte. Rivera et al. (2009) señalaron que la mancha foliar es una enfermedad prevalente en tejidos senescentes viejos, justificando la correlación positiva encontrada en el presente estudio entre Snc y los niveles de incremento epidémico diario.

Mediante el procedimiento Logistic del SAS, se ajustaron diferentes modelos de respuesta bi-

naria y ordinal (Cuadro 4). Las mayores precisiones de predicción se lograron con modelos de respuesta binaria. El modelo I fue el que logró la mayor precisión de predicción, cuando sólo se analizaron variables estrictamente meteorológicas como DTxnP. El modelo II, que sólo incluyó al factor de senescencia (Snc), clasificó correctamente 61 de las 65 observaciones de tasas de incremento epidémico diario (93,8%). Esta precisión de predicción sólo fue superada por el modelo III, que integró, además del factor de senescencia (Snc), a las variables meteorológicas simples "DTnN" y "DPrHR" y al componente interactivo surgido del producto entre "DPrHRT*TnM" (95,4%).

Respecto a los modelos de respuesta ordinal, gradualmente los univariados a bivariados (modelos IV a VI), fueron mejorando la precisión de predicción desde 70,8% a 86,2%. Analizando sólo variables meteorológicas (simples e interacciones), el mejor modelo fue aquel que incluyó a DTxnP (modelo IV, $P=0,47$), logrando clasificar correctamente 46 de las 65 tasas de incremento epidémico. Se destacó el modelo univariado V, que sólo integró al factor de senescencia "Snc", clasificando correctamente 54 casos de 65. El modelo VI que integra a "Snc" y a la interacción entre "FPr*DTxnP", predijo erróneamente sólo 9 casos de los 65 analizados ($P=0,45$). Los modelos II y V fueron seleccionados por el método Stepwise (0,05 para NSE y NSP) cuando se hicieron intervenir todas las variables meteorológicas (simples e interactivas) y el factor Snc.

Conclusiones

A través de los resultados de estos modelos fue posible explicar y cuantificar el lento progreso epidémico (observado y simulado) de las manchas foliares en la primavera (tiempo fresco y hojas jóvenes). Para este subperíodo, los modelos estimaron frecuentemente valores muy altos de probabilidad de tasas de incremento leves a nulas. Concordando con las elevadas pendientes de la curva de progreso epidémico estival (hojas de senescencia creciente y tiempo templado a cálido), las salidas de los modelos estimaron predominantemente para este lapso, valores altos de probabilidad de ocurrencia de tasas de incremento epidémico severas.

La continuidad de la investigación, sobre la

mitan el ajuste y validación de los modelos predictivos desarrollados, como parte de un sistema de pronóstico, que admita la representación de los resultados (mapas), así como también su difusión (Internet), constituye, sin lugar a dudas, un aporte más al manejo integrado de enfermedades de las plantas, siendo también el primero de los antecedentes en materia de desarrollo de modelos predictivos de enfermedades en cultivos intensivos en la Argentina.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los tesisistas de grado que participaron en la colecta de datos de severidad con ética, responsabilidad y profesionalismo, sin los cuales no hubiese sido posible la concreción de este trabajo.

Referencias:

- CAMPBELL, C.L. y MADDEN, L.V., (1990) Introduction to plant disease epidemiology. Wiley, New York. 532p.
- CARMONA, M.; MOSCHINI, R.; CAZENAVE, G. y SAUTUA, F., (2010) Relación entre la precipitación registrada en estados reproductivos de la soja y la severidad de *Septoria glycines* y *Cercospora kikuchii*. *Tropical Plant Pathology*. 35(2): 71-78.
- COAKLEY, S.M., (1988) Variation in climate and prediction of disease in plants. *Annual Review of Phytopathology*. 26:163-181.
- DÁRCY, C.J.; EASTBURN, D.M. y SCHUMAN, G.L., (2001) Illustrated glossary of plant pathology. The American Phytopathological Society. Education Center. www.apsnet.org.
- DAVIES, F.S. y ALBRIGO, L.G., (1994) Citrus. *Crop Production Science in Horticulture*. Vol 2, CAB International, Wallingford, UK. 254p.
- DE WOLF, E.D. e ISARD, S.A., (2007) Disease cycle approach to plant disease prediction. *Annual Review of Phytopathology*. 45(9):1-18.
- DE WOLF, E.D.; MADDEN, L.V. y LIPPS, P.E., (2003) Risk assessment models for wheat Fusarium head blight epidemics based on within-season weather data. *Phytopathology*. 93:428-435.
- DEL PONTE, E.M.; GODOY, C.V.; LI, X. y YANG, X.B., (2006) Predicting severity of Asian soybean epidemics with empirical rainfall models. *Phytopathology*. 96:797-803.
- GAUMANN, E., (1950) Principles of Plant Disease Infection. Hafner, New York. 543p.
- HENDERSON, D.; WILLIAMS, C.J. y MILLER, J.S., (2007) Forecasting late blight in potato crops of southern Idaho using logistic regression analysis. *Plant Disease*. 91: 951-956.
- HYRE, R.A., (1954) Progress in forecasting late blight of potato and tomato. *Plant Disease Reporter*. 38:245-253.
- JOHNSON, D.A.; ALLDREDGE, J.R. y VAKOCH, D.L., (1996) Potato late blight forecasting models for the semiarid environment of south-central Washington. *Phytopathology*. 86:480-484.
- KRANZ, J., (2003) Comparative Epidemiology of Plant Diseases. Springer, New York. 212.
- MALLOY, O.C., (1993) Plant Disease Control. Wiley, New York. 351-356.
- MILHOLLAND, R.D., (1973) A leaf spot disease of highbush blueberry caused by *Alternaria enuissima*. *Phytopathology*. 63: 1395-1397.
- MOSCHINI, R.C., (2007) Los cultivos de Soja y Trigo: Herramientas para la predicción y manejo de enfermedades en la Argentina. p. 39-48. En *Mundo Agro*. Intensificación de los sistemas de producción y el manejo del riesgo en agricultura. Incorporando nuevas tecnologías al manejo de los cultivos. Buenos Aires.

MOSCHINI, R.C. y FORTUGNO, C., (1996) Predicting wheat head blight incidence using models based on meteorological factors in Pergamino, Argentina. *European Journal of Plant Pathology*. 102:211-218.

MOSCHINI, R.C. y PEREZ, B.A., (1999) Predicting wheat leaf rust severity using planting date, genetic resistance, and weather variables. *Plant Disease*. 83:381-384.

MOSCHINI, R.C.; CARMONA, M. y GRONDONA, M., (1999) Wheat head blight incidence variations in the Argentinian Pampas region associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Actas Simposio Israel*.

MOSCHINI, R.C.; CARMONA, M.; BARRETO, D. y CONTI, H.A., (1996) Modelos de predicción de la incidencia de la mancha en red de la cebada cervecera basados en variable meteorológicas: evaluación del potencial climático de la región pampeana respecto a la enfermedad. *Fitopatología. Brasil*. 21(3).

MOSCHINI, R.C.; CARRANZA, M.R. y CARMONA, M.A., (2004) Meteorological-based predictions of wheat head blight epidemic in the southern Argentinean pampas region. *Cereal Research Communication* 32:45-52.

MOSCHINI, R.C.; ESCANDE, A.R.; PEREYRA, V.R.; PEDRAZA, V.; QUIROZ, F.; TROGLIA, C. e IRIARTE, I., (2002). Predicción de la incidencia de la podredumbre blanda del capítulo de girasol en base a factores ambientales y genéticos. *Revista Argentina de Agrometeorología*. 2(1):51-57.

MOSCHINI, R.C.; PIOLI, R.; CARMONA, M. y SACCHI, O., (2001) Empirical predictions of wheat head blight in the northern Argentinian Pampas region. *Crop Science*. 41:1541-1545.

MOSCHINI, R.C.; SISTERNA, M.N. y CARMONA, M., (2006) Modelling of wheat black point incidence based on meteorological variables in the southern Argentinean Pampas Region. *Australian Journal of Agricultural Research*. 57(11):1151-1156.

RIVERA, M.C.; WRIGHT, E.R.; PÉREZ, B.A.; GONZÁLEZ RABELLINO, P. y PÉREZ, J.A., (2009). Enfermedades del arándano. p. 1-68. En: Wright, E.R. (ed.). *Guía de enfermedades, plagas y malezas del arándano*. Orientación. Buenos Aires.

STRANGE, R.N. y SCOTT, P.R., (2005) Plant disease: a threat to global food security. *Annu. Rev. Phytopathology*. 43:83-116.

TROGLIA C.; ESCANDE, A.R.; MOSCHINI, R.C.; DAMIANO, F. y QUIROZ, F., (2004) Modelos logísticos basados en variables térmicas e hídricas para simular la dinámica de la producción de inóculo de *Sclerotinia sclerotiorum* en suelos con rastrojo de girasol. *Actas X Reunión Nacional de Agrometeorología*. Mar del Plata.

TURECHEK, W.W. y STEVENSON, K.L., (1998) Effects of host resistance, temperature, leaf wetness duration and leaf age on infection and lesion development of pecan scab. *Phytopathology*. 88:1294-1301.

WRIGHT, E.R. y PÉREZ, J.A., (2007) Enfermedades del arándano. Publicado en CD. XXX Congreso Argentino de Horticultura. La Plata. Buenos Aires.

WRIGHT, E.R.; FERNÁNDEZ, R.L.; BENVIA, M.; PÉREZ, J.A.; RIVERA, M.C.; RONCORONI, S.; NICOLINI, F.; VASQUEZ, P.E.; CIURCA, P. y PÉREZ, B.A., (2010) Deterioro poscosecha de arándano en Entre Ríos y Buenos Aires, Argentina. p. 63-68. En: Divo de Sesar, M.; Rocca, M.; Vilella, F. (eds.) *Avances en cultivos frutales no tradicionales. Arándanos-Cerezas-Frutillas-Granadas*.

WRIGHT, E.R.; PÉREZ, B.A.; FERNÁNDEZ, R.L.; ASCIUTTO, K.; RIVERA, M.C.; MURILLO, F.; VASQUEZ, P.; DIVO DE SESAR, M.; PÉREZ, A.; AGUILAR HEREDIA, L.; ROSATO, M.F.; CRELIER, A. y BALDOMÁ, J., (2005) Conocimiento actual sobre enfermedades de arándano. Libro de Resúmenes. 113-117. I Congreso Latinoamericano de Arándanos y otros berries. Buenos Aires.

WRIGHT, E.R.; RIVERA, M.C.; ESPERÓN, J., (2003-b) *Alternaria tenuissima* y *Colletotrichum gloeosporioides*: agentes causales de ablandamiento poscosecha en frutos de arándano. Resumen en CD. Código Fr 028. XXVI Congreso Nacional de Horticultura. Paraná. Entre Ríos.

WRIGHT, E.R.; RIVERA, M.C.; ESPERÓN, J.; CHEHEID, A. y RODRÍGUEZ CODAZZI, A., (2004). *Alternaria* leaf spot, twig blight and fruit rot of highbush blueberry in Argentina. *Plant Disease*. 88:1383.

WRIGHT, E.R.; VASQUEZ, P.; ASCIUTTO, K.; PÉREZ, A.; DIANO, M.; CIURCA, P.; DAMIENS, J.; CRELIER, A.; PANIGO, L.; BARRIENTOS, M.E.; RIVERA, M.C. y PÉREZ, B.A., (2007). Hongos presentes en el estado vegetativo de plantaciones de arándano (*Vaccinium corymbosum*) en Argentina. Código 147. 11º Congreso Nacional de Horticultura. Montevideo. Uruguay.

Evaluación financiera de proyectos de inversión: El caso de la Argentina

Carlos Emilio Martínez; Juan Santiago Ledesma; Alfredo O. Russo¹

¹ Universidad Nacional de Quilmes, Departamento de Economía y Administración
Av. Roque Saenz Peña 352, (CP 1876), Bernal
Provincia de Buenos Aires, Argentina

arusso1@uvq.edu.ar

Recibido el 25 de Septiembre de 2012, aprobado el 12 de Febrero de 2013

Resumen

La evaluación financiera de los proyectos de inversión suele ser el instrumento principal para la decisión de invertir. En este trabajo se analizan las condiciones necesarias para promover esas decisiones a la luz de las experiencias locales e internacionales. La evaluación financiera suele hacerse por medio de una o más herramientas: el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), del Valor Presente Neto (VPN) o el Período de Repago; analizamos las mismas y seleccionamos las más relevantes para el contexto local.

PALABRAS CLAVE: EVALUACIÓN DE PROYECTOS - TASA DE DESCUENTO - PAÍSES EMERGENTES - PERÍODO DE REPAGO

Abstract

The financial assessment of investment projects tends to be the main instrument for the decision to invest. This work discusses the conditions necessary to promote these decisions in the light of international and local experiences. Financial evaluation is usually done using one or more tools: the calculation of IRR, the VPN or the period of repayment; we analyze them and select the most relevant to the local context.

KEYWORDS: PROJECT ASSESSMENT - DISCOUNT RATE - EMERGING COUNTRIES -PAYBACK

Introducción

La evaluación financiera tradicional, tal como se aplica en los países centrales, utiliza tres herramientas principales: -el valor presente neto, la tasa interna de retorno y el período de repago- una vez que los aspectos técnicos del proyecto han sido determinados y se ha considerado la conveniencia de la inversión por razones estratégicas, de mercado o de producción.

El Valor Presente Neto se calcula por medio de la expresión:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{FN_t}{(1+i)^t}$$

Donde n es el número de períodos durante los cuales se consideran los valores de los Flujos Netos de Fondos (FN) e i es una tasa de interés conocida como tasa de *descuento*.

La Tasa Interna de Retorno es, en la ecuación, la que hace nulo al VPN, es decir, es una tasa de equilibrio para la cual el $VPN = 0$, es decir, equivale a la tasa máxima a la cual el proyecto puede tomar fondos sin producir pérdidas.

El Período de Repago, también se basa en la tasa de descuento y considera el tiempo para recuperar la inversión a realizar en el proyecto. En términos generales, está representado por el valor n de la ecuación para el cual el Valor Presente Neto es igual a la inversión inicial. En términos de riesgo, es el período de exposición al riesgo de pérdidas generadas por la ejecución del proyecto.

Se lo puede representar como el valor de n para el cual $VPN_n=I$ donde I es la inversión inicial en el proyecto bajo análisis.

Por supuesto que todas estas métricas están relacionadas entre sí. La metodología usual de aplicación consiste de calcular primero el VPN del proyecto y luego alguna o ambas métricas restantes.

Lo que nos proponemos demostrar en este trabajo es que, para todo proyecto que tenga un VPN positivo y considerado razonable, el Período de Repago no puede superar los dos años para no exponer a la empresa a un riesgo impredecible. Ese riesgo proviene de las fluctua-

ciones de las tasas de interés que ocurren en la Argentina, con motivo de crisis recurrentes que se repiten en forma sistemática desde 1950 hasta la fecha, basando nuestra afirmación en datos del INDEC y publicaciones de otros autores sobre el mismo tema.

Por su parte, la evidencia empírica muestra que en el período considerado, no existieron inversiones de riesgo en proyectos productivos en Argentina. El riesgo para los inversores fue reducido siempre por medio de franquicias impositivas muy significativas (exenciones de impuestos nacionales y provinciales por 10 o más años) o por avales estatales para que obtengan fondos a las mismas tasas de los préstamos soberanos en bancos internacionales.

Estas crisis recurrentes y repetitivas manifiestan una falla estructural de la economía argentina, que es independiente de la forma y signo del gobierno que se estudie, al menos en el período considerado. Esa falla es la que provoca las crisis que se manifiestan por: caída del PBI, aumento de las tasas de interés para préstamos a empresas, aumento de la paridad cambiaria y desaparición del crédito canalizado por medio de bancos e instituciones financieras del sistema bancario. En este caso no hacemos diferencia entre causas y efectos, sólo señalamos las correlaciones entre variaciones del PBI y de las Tasas.

Katz y Bernat (2011) desarrollan en un trabajo, una explicación de la situación argentina utilizando la serie de variaciones del PBI desde 1950 hasta 2008. Algunos autores como Bosse; Zambaldi y otros (2009) le dan un peso relativo importante a la disponibilidad de crédito a tasas adecuadas para pequeñas y medianas empresas.

Otros, como Hirth y Viswanath (2011) opinan que la propensión a invertir se acentúa cuando las empresas disponen de flujos de fondos libres en cantidades significativas, es decir, privilegian la disponibilidad recursos propios sobre los préstamos, en cambio Chen y Chen (2012) sostienen lo contrario basados en la evidencia recogida después de la crisis de 2008, en la que el flujo de fondos libres había caído sustancialmente. Ambos se proponen demostrar que esta relación no es una buena métrica para las restricciones financieras. Es decir, las empresas invierten básicamente fondos propios

provenientes del giro de sus negocios, para la financiación de proyectos de inversión.

Por su parte Campello y Hackbarth (2012) opinan que las firmas invierten para aumentar su cantidad de activos tangibles, lo cual les da mejores oportunidades para obtener créditos bancarios, siendo esta una tendencia entre las firmas con bajo nivel de activos tangibles, algo que sucede en nuestro país con el sector de Tecnología Informática, en especial con los productores de software.

Esto es corroborado por el trabajo de Forbes (2007) sobre las restricciones crediticias para pequeñas y medianas empresas en Chile, por efecto de medidas restrictivas al ingreso de capitales extranjeros.

La sensibilidad de las empresas a la disponibilidad de efectivo libre ha sido analizada por Bao (2012) y asociados quienes encontraron que las firmas que experimentan restricciones de efectivo tienden a buscar maneras de superarlas con inversiones productivas que aumenten sus flujos de fondos positivos.

A su vez, Akyüz y asociados (2006) investigaron la composición del capital para pequeñas y medianas empresas dedicadas a actividades forestales en Turquía, y encontraron que dichas empresas prefieren financiar sus proyectos con fondos propios en lugar de afrontar los altos costos del financiamiento bancario.

Una correlación entre inversión y flujos de fondos positivos para el Reino Unido ha sido realizada por Carpenter y Guariglia (2008) quienes encontraron que para grandes firmas la inversión no está correlacionada con la disponibilidad de flujos de fondos positivos libres, mientras que sí lo está para las pequeñas y medianas, demostrando los efectos de la selectividad en la asignación de créditos bancarios, que ellos denominan fricciones crediticias (credit frictions).

Los trabajos que corresponden a Chile, Turquía y Reino Unido tratan de explicar por qué las pequeñas y algunas medianas empresas no pertenecientes a grupos internacionales, están forzadas a invertir excedentes propios de sus respectivos flujos de fondos.

Un artículo de Sakai y asociados (2010) re-

marca el efecto de la antigüedad de la firma en la obtención de créditos bancarios en Japón, lo cual confirma las dificultades señaladas por Katz y Bernat (2011) para la aparición de nuevas firmas aun cuando tengan componentes tecnológicos significativos. En este ejemplo, lo que se muestra es un caso muy particular, posiblemente debido a la estructura de los bancos y sus relaciones con las empresas, especialmente las pequeñas y medianas.

No puede tratarse solamente de una cuestión cultural porque los autores se encargan de justificar el hecho con el conocimiento mutuo que resulta de una relación prolongada entre la firma y el banco. Sin embargo, hay que aceptar que una relación de este tipo puede ser mantenida con un número limitado de bancos, básicamente porque las empresas pequeñas y medianas no tienen fondos suficientes como para mantener un número grande de cuentas bancarias. Esto hace que, si bien las de mejores relaciones con sus bancos pueden conseguir más créditos, la tasa no siempre será la óptima, sino la ofrecida por el banco en cuestión. Vale la pena señalar que es frecuente en nuestro país una relación similar, especialmente de empresas pequeñas y medianas con bancos oficiales y con algunos bancos regionales.

Por su parte, la influencia de las crisis en la tasa de interés ha sido justificada por Baglioni y Monticini (no están en las referencias) como el efecto de la preferencia por la liquidez que se presenta como resultado de la crisis en sí misma. Esto puede explicar la falta de inversiones durante las crisis y la ausencia total de las mismas si las crisis son repetitivas y con plazos cortos entre una y la siguiente.

Si bien la frecuencia de las crisis puede modelarse mediante Cadenas de Markov ocultas, tal como ha sido explicado por Gutiérrez y Vázquez (2002) y las mismas tienen un efecto directo sobre las tasas de interés, su análisis para el caso argentino será motivo de un trabajo futuro.

Resulta importante destacar el criterio que enuncia Jafarizadeh (2010) en efecto, en este trabajo se considera que cada proyecto tiene diferentes fuentes de riesgo, cada una de las cuales es diferente y debiera ser evaluada por separado, por ejemplo, riesgo de mercado, riesgo técnico, riesgo financiero y otros. Si así fuera, entonces el flujo de fondos del proyecto debiera evaluar-

se solamente con la tasa de los bonos libres de riesgo, esta opinión es, de alguna manera, ratificada por el trabajo de González Giménez y Blanco Pascual (2008) cuando proponen una función multicriterio para analizar el riesgo de proyectos. Jafarizadeh propone un sistema de factores que no es muy diferente, sugiere usar tasas incrementales específicas para cada tipo de riesgo, que es lo mismo que traducir cada uno de ellos en términos monetarios.

Por su parte, Dobbs (2009) considera que las técnicas en uso limitan la cantidad de proyectos elegibles, por el empleo de tasas que exageran el riesgo en el mediano y largo plazo. A ello debe agregarse la tendencia de los directivos de las empresas a considerar solamente proyectos con cortos períodos de repago, lo que en conjunto constituye una forma de pensamiento a corto plazo, que el autor considera perjudicial. No obstante, en nuestra opinión, la disponibilidad de fondos a tasas bajas ocasiona el efecto contrario: la elegibilidad de proyectos no tan buenos como los que resultan de las tasas altas, lo que mostraría la existencia de un valor óptimo de la tasa de descuento a determinar, que "filtre" los proyectos estableciendo un piso o barrera de elegibilidad, basada en otras consideraciones además de las meramente financieras, como muestra la cita que sigue.

Gollier y Weizman (2010) analizan el caso de los proyectos orientados a la mejora de las condiciones ambientales, siempre de largo plazo y proponen usar tasas decrecientes con el tiempo para el cálculo del Valor Presente Neto. Esta alternativa es viable solo en condiciones de estabilidad financiera, aunque ellos consideran la presencia de incertidumbre en las tasas futuras, cuestión que, además de ser realista, es necesaria para estudios serios cuando hay fluctuaciones de tasas.

Las imperfecciones del mercado de capitales han sido analizadas por Agca y Mozumdar (2008) quienes sostienen que la propensión a invertir de un grupo de firmas está en función de varios factores, entre los cuales se encuentran los fondos institucionales, el origen de los accionistas, las tendencias de los analistas y las medidas contra las compras hostiles de empresas. Todo ello constituye una motivación no común para la realización de inversiones, al menos desde la perspectiva de las economías emergentes como la argentina, donde la com-

pra hostil está restringida por la nominatividad de las acciones y la formación de consorcios de accionistas para unificar voluntades de gestión.

El trabajo de Minton y Schrand (1999) es mencionado aquí por su detallado análisis del costo de capital tomado como deuda o aportado por los accionistas. Ellos encuentran que las dificultades para obtener capital de los accionistas están directamente relacionadas con la volatilidad del flujo de fondos de la empresa y con los riesgos intrínsecos del proyecto. La volatilidad de los flujos de fondos está atada a la frecuencia de las crisis que señala el trabajo Katz y Bernat (2011).

Ascioglu *et al.* (2008) opinan que las imperfecciones del mercado de capitales disminuyen las inversiones de las firmas. En lugar de usar ensayos empíricos, los autores usan mediciones directas obtenidas de la literatura sobre el tema. En este caso, esas imperfecciones traban el acceso a créditos a la menor tasa disponible y, por lo tanto, ejercen un límite sobre el aporte de capital al proyecto bajo la forma de deuda bancaria.

Todorov y Bollerslev (2010) se centran en los medios para desentrañar el riesgo sistemático, el que no es capturado por el método CAPM *Capital Asset Pricing Model*, para activos financieros, resulta interesante el uso de su metodología para la captura del mismo riesgo en otras clases de inversiones, que ellos no consideran en este artículo.

Uno de los trabajos más completos sobre la situación de las inversiones en mercados emergentes de América Latina es el de Maquieira *et al.* (2012) quienes entre otras cosas afirma que la falta de cumplimiento de la propiedad de separación de Fischer (entre accionistas y gerentes), no se cumple en las pequeñas y medianas empresas de países emergentes, lo cual altera al presupuesto de capital cuando se quieren aplicar técnicas de otros mercados más maduros. Luego afirman que las técnicas estándar para estimar el costo de capital, como CAPM descansan en hipótesis que no se cumplen en estas empresas, suponiendo que un método basado en un factor único, como CAPM es posible que se quede corto en la captura de todos los riesgos asociados con los proyectos. Esto podría estar de acuerdo con lo considerado más arriba, al analizar la cita de Jafarizadeh

(2010) y, por lo tanto se debiera usar un CAPM modificado por los riesgos intrínsecos a cada proyecto

Si a esto el agregamos que, por definición el sistema CAPM no captura el riesgo sistemático y que este está asociado con el llamado riesgo país, la aplicabilidad del método es de, al menos, dudosa eficacia en contextos de altísimo riesgo país. Riesgo que, en Argentina, se ha mantenido sobre los 1000 puntos en el último año y sobre los 500 puntos desde 2001 a la fecha.

Lo que se muestra en la Figura 1 es que, en forma recurrente, desde 1981 hasta 2008 hay crisis cada 2 a 6 años, lo cual justifica la decisión de los inversores de realizar aquellas inversiones que se recuperen en períodos similares o menores. En la mayoría de los casos, y especialmente las pequeñas y medianas empresas, menos informadas que las grandes, o bien no deciden invertir o bien lo hacen en proyectos de devolución segura de las inversiones en plazos cortos.

Por su parte, la Figura 2 muestra las variaciones en la Tasa de Interés a Empresas de Primera línea en un período, entre 1993 y 2009, que se superpone parcialmente con el de la Figura 1 con una escala diferente. Las variaciones del PBI se representan con línea de guiones y las de la tasa con línea entera.

Se observa que cuando cae el PBI aumenta la tasa de interés, luego la recuperación del ni-

vel de tasas, superada la crisis del PBI, es más lenta que la del propio PBI. El trabajo de Katz y Bernat (2011) muestra las variaciones del PBI entre 1950 y 2008, al no disponer de datos sobre las tasas, no nos pareció razonable incluir un rango tan grande de tiempo. Sin embargo, en el trabajo citado, el período de las oscilaciones del PBI es aproximadamente el mismo que muestra la Figura 1. Es decir, los ciclos de alza y declinación, se producen con períodos entre 2 y 4 años, con una media de 3 años.

Las inversiones de las pequeñas y medianas empresas generalmente se producen en: pequeñas ampliaciones de capacidad para atender mercados que son conocidos por las mismas, y en alguna innovación tecnológica para reducir costos u otra afín, pero raramente en actividades de mayor riesgo, como cambios tecnológicos significativos, salvo el caso de compra de equipos con tecnología incorporada cuando esa compra viene asociada con una financiación a mediano o largo plazo y con bajas tasas de interés.

Si aceptamos que el costo interno de capital no se ve afectado en su componente de capital propio (Da et al. (2012)) no podemos dejar de considerar que la parte de la tasa que depende del costo de la financiación externa está sujeta a fuertes fluctuaciones en períodos muy cortos para lo que es usual en la evaluación de proyectos de inversión. Es decir, los proyectos se evalúan suponiendo que las tasas permanecen constantes durante períodos de 10 o más años, mientras los datos muestran que estos perío-

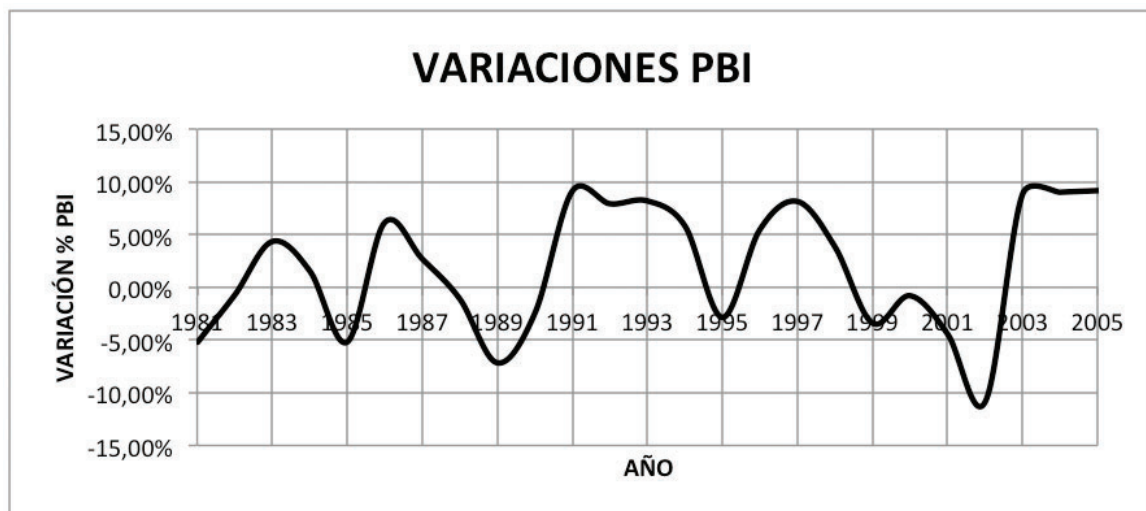


Fig. 1. Variaciones porcentuales interanuales del PBI argentino entre 1980 y 2008
Elaboración propia con datos del INDEC

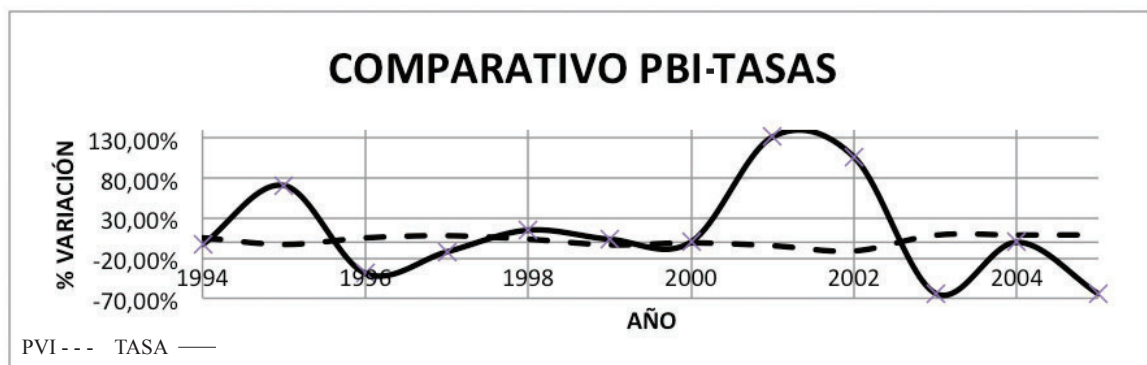


Fig. 2. Comparativo de Variaciones del PBI y de la Tasa de Interés

Elaboración propia en base a datos del BCRA y del INDEC

dos raras veces superan los 4 años, independientemente de la época que se considere, entre 1981 y 2005 según nuestro estudio y entre 1950 y 2008 según el de Katz y Bernat (2011).

Es de esperar que los proyectos, en especial para empresas pequeñas y medianas, se ejecuten sólo cuando es esperable el repago dentro del año o dos años de su ejecución, lo que minimiza el riesgo de pérdida para las empresas que toman estas decisiones. Por el contrario, muchas empresas de gran porte han intensificado sus inversiones en el exterior, aun en mercados emergentes externos, dónde las condiciones son, predeciblemente, más estables en plazos más prolongados.

Para estos períodos de repago, los otros elementos de la métrica usual en las inversiones productivas, tales como el VPN o la TIR pierden su sentido como herramientas de decisión, dado que se las debe aplicar durante 1 año o 2 en casos extremos. Eso no significa que no deban realizarse, sólo que no son válidos como único soporte de la decisión de inversión. De ello resulta el análisis conocido como Costo/Beneficio, que selecciona proyectos por su capacidad de producir beneficios importantes con un costo reducido y el cálculo del período de repago, a tasa de interés constante, considerando que para los períodos menores a 2 años las tasas no van cambiar. Sin embargo, las tasas de descuento, aún para períodos de 2 años, deben incluir todos los riesgos de cada proyecto específico (Jafarizadeh (2010)) so pena de ignorar riesgos propios del proyecto. En cuanto al riesgo sistemático, no capturado por técnicas de estimación de la tasa de descuento como CAPM, debe ser considerada en base a la situación general de la economía del país, posi-

blemente siguiendo la evolución de la tasa de interés en los indicadores que publica el BCRA, es decir, teniendo en cuenta que el mercado es capaz de anticipar una posible crisis, anticipo que se traduce en la suba de las tasas activas de las entidades financieras.

La intervención de Agencias oficiales que subsidian proyectos de innovación tecnológica a pequeñas y medianas empresas u otorgan préstamos a las mismas, tienen Costos Financieros Totales entre el 8% y el 10% anual, de acuerdo con estudios propios y, según sea la política de rendición de cuentas del tomador, los proyectos se ejecutan porque estos costos de financiamiento siguen siendo menores que el endeudamiento bancario, cuyo piso está, a la fecha de escribir este artículo por encima del 15% anual (expresado como Costo Financiero Total).

Si bien las crisis que resultan del estancamiento o baja del PBI vienen acompañadas de la desaparición del crédito bancario y la suba de las tasas de interés, algunos actores del mercado han preferido la inversión en su propia empresa a la especulación con tasas, lo cual termina siendo una ventaja de la dualidad expresada más arriba, en lo que refiere a la superposición entre tenencia del capital y el gerenciamiento de la empresa. Las imperfecciones del mercado de capitales, ya mencionadas antes, hacen que las empresas más pequeñas no tengan una visión clara de las alternativas posibles de inversión. La formación financiera en las mismas es escasa, lo que ocasiona que a veces, sobreinviertan en el negocio propio sin diversificar o constituir portafolios de inversiones que les permitan mitigar el riesgo financiero personal, en el mediano plazo.

Se observa que la única medida de mitigación del riesgo sistemático suele ser la compra de moneda extranjera considerada fuerte, posibilidad que actualmente ha sido restringida por las autoridades monetarias. La otra alternativa de inversión y de canalización del ahorro para los segmentos medios y altos de la población usada desde hace años, es la inmobiliaria, que también ha incurrido en la práctica de manejar las transacciones en moneda extranjera.

En definitiva, la tasa de descuento para la evaluación de proyectos de inversión productiva, lejos de ser un valor determinístico, depende de la forma de fondeo de la empresa, del valor que los propietarios-gerentes le asignan a la liquidez, de las alternativas de inversión al alcance de esos propietarios-gerentes y del costo del financiamiento bancario (y su existencia) al menos en los bancos a los que tienen acceso.

Se observa aquí también que como lo señala el artículo de Sakai et al. (2010) la antigüedad de la firma o, mejor, la antigüedad de la relación con un banco determinado, facilita la obtención de créditos a tasas razonables dentro de los valores del mercado. La alternativa derivada de la falta de previsión en el manejo financiero de las empresas más pequeñas hace que con frecuencia, acudan a préstamos bancarios de alto costo, como los acuerdos de sobregiro, lo cual magnifica sus problemas financieros frente a las crisis.

Conclusiones

La literatura consultada muestra muchas discrepancias de opiniones entre la aplicabilidad o no de CAPM, lo que sí es aceptable para una economía como la argentina es la opinión de Da et al. (2012) para el capital propio, al que sí sería aplicable un modelo como el CAPM. En todo caso, una mejor aproximación puede conseguirse con un CAPM modificado que considere como tasas incrementales las inherentes a los riesgos propios de cada proyecto.

La evidencia empírica muestra que muchas empresas pequeñas y medianas se financian con capital propio y que comparan el rendimiento esperado por inversiones dentro de la empresa con colocaciones financieras más o menos rentables, lo cual confirma lo enunciado por Maquieira et al. (2012) respecto de los efectos de la superposición de roles entre propietarios del

capital y gerenciadore de las empresas.

La situación del mercado de capital y sus imperfecciones hacen más seguro usar el período de repago como métrica para la toma de decisiones de inversión, habida cuenta de las condiciones cambiantes en el mediano plazo. Sin que ello signifique eliminar un estudio del tipo Costo/Beneficio que puede incluir algún cálculo del tipo de la TIR o el VPN. De todos modos, el cálculo del Período de Repago incluye un mecanismo de descuento del flujo de fondos proyectado, con y sin el proyecto.

Haría falta algún trabajo complementario para detectar la posible existencia de una Cadena de Markov oculta, gobernando los procesos de crisis y crecimiento, utilizando los datos estadísticos existentes para determinar la distribución de probabilidades en la matriz de transición de esa posible cadena.

Disponer de los parámetros de esta cadena permitiría utilizarla como predictor de futuras crisis, básicamente para impulsar inversiones genuinas en lugar de acciones especulativas para mantener el valor de los activos de las empresas, en especial, los activos expresados como tenencias de capital líquido. Es decir, es preferible que las empresas dispongan de inversiones que generen flujos de fondos libres importantes a que guarden activos líquidos, sean en moneda local o extranjera.

Finalmente, la enseñanza de la evaluación de proyectos de inversión productiva debiera remarcar estas cuestiones para que los futuros profesionales, cuyo ejercicio estará vinculado con el manejo de proyectos, tengan una idea clara de cuáles son las razones financieras que afectan el éxito o fracaso, a pesar las buenas calificaciones técnicas que puedan tener. Por otra parte, en tanto no se modifiquen las fallas estructurales enunciadas, los flujos de fondos descontados a plazos mayores de 4 años no son más que expresiones de deseo y no parece aportar datos suficientes como para apoyar decisiones de inversión.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con un subsidio para la investigación otorgado por la Universidad Nacional de Quilmes.

Referencias

- AGCA, S. y MOZUMDAR, A., (2008) The impact of capital market imperfections on investment-cash flow sensitivity, *Journal of Banking & Finance* 32, 207-216.
- AKYÜZ, K. C. et al., (2006) The financing preferences and capital structure of micro, small and medium sized firm owners in forest products industry in Turkey - *Forest Policy and Economics* 8, 301 - 311.
- ASLI ASCIOGLU, A. et al., (2008) Information asymmetry and investment-cash flow sensitivity, *Journal of Banking & Finance* 32, 1036 -1048.
- BAGLIONI, A. y MONTICINI, A., (2010) "The intraday interest rate under a liquidity crisis: The case of August 2007," *Economics Letters*, Elsevier, vol. 107(2), pages 198-200.
- BAO, D. et al., (2012) Asymmetric cash flow sensitivity of cash holdings - *Journal of Corporate Finance* 18, 690 -700.
- BOSSE, D. A., (2009) Bundling governance mechanisms to efficiently organize small firm loans, *Journal of Business Venturing* 24, 183 -195.
- CAMPELLO, M. y HACKBART, D., (2012) The firm-level credit multiplier, *J. Finan. Intermediation* 21, 446 - 472
- CARPENTER, R.E. y GUARIGLIA, A., (2008) Cash flow, investment, and investment opportunities: New tests using UK panel data, *Journal of Banking & Finance* 32, 1894 - 1906.
- CHEN, H. y CHEN, S., (2012) Investment-cash flow sensitivity cannot be a good measure of financial constraints: Evidence from the time series, *Journal of Financial Economics* 103, 393 - 410.
- DA, Z. et al., (2012) CAPM for estimating the cost of equity capital: interpreting the empirical evidence, *Journal of Financial Economics* 103, 204 - 220.
- DOBBS, I. M., (2009) How bad can short termism be?—A study of the consequences of high hurdle discount rates and low payback thresholds - *Management Accounting Research* 20, 117 - 128.
- FORBES, K. J., (2007) One costo of the Chilean capital controls: Increase financial constraints for smaller traded firms, *Journal of Intl. Economics* 71, 294 -323.
- GOLLIER, C. y WEITZMAN, M.L., (2010) How should the distant future be discounted when discount rates are uncertain? - *Economics Letters* 107, 350 - 353.
- GONZÁLEZ GIMÉNEZ, L. y BLANCO PASCUAL, L., (2008) Multicriteria cash-flow modeling and project value-multiples for two-stage project valuation, *International Journal of Project Management* 26, 185 -194.
- GUTIÉRREZ, M.J. y VÁZQUEZ, J., (2002) Markov switching risk premium and the term structure of interest rates. Empirical evidence from US post-war interest rates, *White Paper – Universidad del País Vasco*.
- HIRTH, S. y VISWANATHA, M. (2011) Financing constraints, cash-flow risk, and corporate investment, *Journal of Corporate Finance* 17, 1496 -1509.
- JAFARIZADEH, B., (2010) Financial factor models for correlated inputs in the simulation of project cash flows, *Journal of Petroleum Science and Engineering* 75, 54 - 57.
- KATZ, J. y BERNAT, G., (2011) Creación de empresas, crecimiento de la productividad y cambio estructural como respuesta a una modificación de la política macroeconómica: evidencia para Argentina, *Revista de Economía Política de Buenos Aires* 9 y 10, 9 - 39.
- MAQUIEIRA, C.P.; PREVE, L.A. y SARRIA-ALLENDE, V., (2012) Theory and practice of corporate finance: Evidence and distinctive features in Latin America, *Emerging Markets Review* 13, 118 -148.
- MINTON, B.A. y SCHRAND, C., (1999) The impact of cash flow volatility on discretionary investment and the costs of debt and equity financing, *Journal of Financial Economics* 54, 423 - 460.
- SAKAI, K. et al., (2010) Firm age and the evolution of borrowing costs: Evidence from Japanese small firms, *Journal of Banking & Finance* 34, 1970 - 1981
- TODOROV, V. y BOLLERSLEV, T., (2010) Jumps and betas: A new framework for disentangling and estimating systematic risks, *Journal of Econometrics* 157, 220 - 235.
- ZAMBALDI, F. et al., (2011) Credit granting to small firms: A Brazilian case - *Journal of Business Research* 64, 309 - 315.

Evaluación de los parámetros de color y de textura del zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) sometido a diferentes tratamientos de deshidratación osmótica

Reynaldo J. Silva Paz¹, Gabriela I. Denoya², Juan M. Languasco³, Patricia A. Della Rocca³

¹ Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITAL). Universidad Peruana Unión, Perú

² Instituto de Tecnología de Alimentos del Centro de Investigación de Agroindustria de INTA Castelar, Área de Procesamiento de Alimentos del ITA, Buenos Aires, Argentina

³ Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química, Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

patriciadellarocca@hotmail.com

Recibido el 18 de Febrero de 2013, aprobado el 15 de Marzo de 2013

Resumen

El objetivo del presente trabajo es analizar el efecto que generan los diferentes tratamientos de deshidratación osmótica sobre los parámetros de calidad: color y textura del zapallo anco. Se trabajó con diferentes concentraciones de sal (5 o 10 % m/m) y de ácido ascórbico (1 o 0,5 % m/m) en la solución deshidratante y en uno de los tratamientos se realizó el escaldado previo a la deshidratación osmótica. El tratamiento consistente en la deshidratación osmótica del zapallo anco en solución acuosa al 40 % m/m de sacarosa y 5 % m/m de sal y ácido ascórbico al 0,5 % m/m resultó ser el más adecuado en cuanto a las características de color y textura del producto obtenido.

PALABRAS CLAVE: ZAPALLO ANCO - COLOR Y TEXTURA - DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

Abstract

The objective of the present work is to analyze the effect that generate different treatments of osmotic dehydration on the parameters of quality: color and texture of the anco pumpkin. The osmotic dehydration was carried out with different concentrations of salt (5 or 10 % w/w) and ascorbic acid (1 or 0,5 % w/w) in the aqueous dehydrating solution and one of the treatments was blanching before osmotic dehydration. The treatment consisting of osmotic dehydration of pumpkin anco in aqueous solution at 40 % w/w of sucrose and 5 % w/w of salt and ascorbic acid 0.5 % w/w was the most appropriate in terms of the characteristics of color and texture of the product obtained.

KEYWORDS: ANCO PUMPKIN - COLOUR AND TEXTURE - OSMOTIC DEHYDRATION

Introducción

El Zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.), fruto de una planta herbácea anual o perenne, es una hortaliza fuente de importantes nutrientes. Es valioso, por su contenido en carotenoides (β -caroteno, α -caroteno y luteína), potasio, vitaminas B2, C y E y tiene un reducido contenido calórico (Sgroppo y Sosa, 2009). Se han identificado 25 especies de cucurbitáceas, siendo las más importantes *Cucurbita maxima*, *Cucurbita pepo* y *Cucurbita moschata* (Mayor et al. 2007), esta última es la de mayor consumo en la región del Noroeste argentino por su sabor suave, bajo costo y disponibilidad durante todo el año. Los zapallos se emplean en la elaboración de mermeladas, dulces y purés (Valdés et al., 2009).

En la actualidad, existe una demanda creciente, por parte de los consumidores, de productos de buena calidad y listos para consumir. Los métodos convencionales de conservación en ocasiones pueden causar deterioro de los atributos sensoriales y también la degradación de las propiedades nutricionales. Por ello, en las últimas décadas, se ha desarrollado una gran diversidad de métodos de procesamiento que permiten obtener productos con apariencia fresca y con un alto valor nutricional (Simpson et al., 2007). La deshidratación osmótica (DO), se utiliza en frutas y hortalizas como una primera etapa, para obtener diversos tipos de productos, como vegetales mínimamente procesados, o como tratamiento previo a los procedimientos de secado convencionales, congelación o liofilización, etc (Chiralt et al., 2001; Spiazzi y Mascheroni, 1994, 2001).

La DO es un método de conservación que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica de azúcares y/o sales, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad. Durante el proceso se produce un flujo en contracorriente de agua y solutos solubles de los tejidos biológicos a la solución osmótica y de algunos solutos de la solución a los tejidos. La fuerza impulsora es el gradiente de presión osmótica entre el alimento y la solución. Sin embargo, numerosas variables como la temperatura, la concentración de solutos en la solución deshidratante, la relación masa de solución a masa de producto, el grado de agitación, entre otras pueden afectar la cinética

de la transferencia de masa y la calidad de los alimentos (Salvatori y Alzamora, 2000; Maldonado et al., 2008, Rastogi et al., 2002; Della Rocca, 2010). A medida que se deshidrata osmóticamente el alimento, se producen cambios en la composición y propiedades del mismo, tales como propiedades ópticas y mecánicas, dependiendo de las condiciones del proceso y de las características del producto (Duque et al., 2007). Estas modificaciones están directamente relacionadas con el color, la apariencia y la textura del producto.

El color y la textura son parámetros que permiten evaluar la calidad de los alimentos frescos y procesados (Giese, 2000).

La percepción humana del color es compleja debido a las diferentes sensaciones de brillo, luminosidad e intensidad. En la apreciación del color intervienen diversos factores como la fuente de luz, el observador, el tamaño del objeto y el ángulo de observación, entre otros. Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes. Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas como colores según la longitud de onda correspondiente.

Para evaluar el color de una manera más objetiva se crearon sistemas de medición para cuantificarlo y expresarlo numéricamente, cuyo principio está basado en la cantidad de luz reflejada por el objeto. La organización internacional de luz y color CIE (Commission Internationale de L'Éclairage) desarrolló dos importantes sistemas de medición de color basados en la medición de la reflectancia espectral de la muestra. El primer sistema fue creado en 1931 y se refiere a los valores triestímulos (X, Y, Z) y el segundo sistema creado en 1964 se basa en los espacios de color (L^* , a^* , b^*). Estos sistemas son los más utilizados en la actualidad por los instrumentos de medición de color. El concepto de los valores triestímulo está basado en la teoría de los tres componentes del color que establece que el ojo humano posee receptores de los tres colores primarios: rojo, azul y amarillo y todos los restantes colores son combinaciones que derivan de ellos. El **CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB)** es el modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano. Los tres parámetros L^* , a^* y b^* , en el modelo representan:

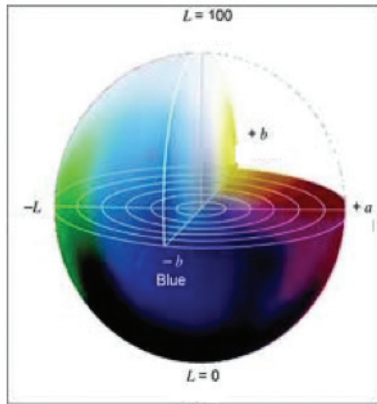


Fig. 1. Diagrama de cromatismo métrico CIELAB

Luminosidad de color, L^* ($L^*=100$ y $L^*=0$ indica luminosidad blanca y negra, respectivamente).

Posición entre rojo y verde, a^* (valores negativos indican verde mientras que valores positivos indican rojo).

Posición entre amarillo y azul, b^* (valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo).

En la Figura 1 se presenta el diagrama de cromatismo métrico CIELAB

Para la aplicación de este sistema de medición de color CIE se consideran diferentes tipos de iluminantes ya que cada fuente de luz viene caracterizada por la energía que emite en las diferentes longitudes de onda. Los iluminantes más comunes son:

Iluminante A: luz incandescente con una temperatura de color de 2854 K (lámpara de tungsteno).

Iluminante C: luz solar de día promedio con una temperatura de color de 6774 K, no incluye la radiación ultravioleta

Iluminante D65: luz solar de día promedio con una temperatura de color de 650 K incluye radiación ultravioleta

Otra consideración importante es el observador. Este se define como un observador con la visión normal de color de la media de la población humana, ya que dependiendo del ángulo de observación, la sensibilidad del ojo cambia. La CIE estableció en 1964 un ángulo para el observador de 10° .

La luminosidad, el tono angular y la saturación

del color son atributos que se denominan parámetros psicofísicos del color.

La saturación, s^* , se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$s^* = C_{ab}^* / L^* \quad (1)$$

Donde C_{ab}^* es el cromatismo y L^* la luminosidad. La saturación define la intensidad o grado de pureza del color.

El cromatismo C_{ab}^* se define como:

$$C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5} \quad (2)$$

Numéricamente, es la distancia desde el centro de la esfera del color al punto considerado en el plano cromático, a^*-b^* . Es el atributo que permite estimar la proporción de color cromático puro contenido en la sensación total.

El tono angular h^* se puede representar mediante la ecuación:

$$h^* = \arctan(b^*/a^*), \text{ varía entre } 0^\circ \text{ y } 360^\circ. \quad (3)$$

Numéricamente, también en el plano a^*-b^* es una medida angular y corresponde al ángulo matiz definido desde el eje positivo de la coordenada a^* que varía entre 0° y 360° .

Los cambios de los componentes en el espacio de color $L^*a^*b^*$ se corresponden con modificaciones en el color percibido, por lo que las diferencias relativas de percepción entre dos colores en el espacio $L^*a^*b^*$ se pueden aproximar tratando cada color como un punto en un espacio tridimensional, con tres componentes: L^* , a^* , b^* y tomando la distancia entre ellos.

La variación del color ΔE , relacionada con la cuantificación de cambios globales de color se puede determinar empleando la ecuación propuesta por Chen y Ramaswamy, 2002.

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{0.5} \quad (4)$$

La variación del parámetro ΔL se calcula a partir de un valor inicial de L^* correspondiente a la referencia al cual se le resta el valor tomado para L^* del objeto que se quiera comparar y así se hace con los dos parámetros restantes: a^* y b^* , para calcular ΔE .

Efecto de los métodos de deshidratación sobre el color del alimento

El tejido de plantas como el de las manzanas, las bananas, las zanahorias y las papas exhiben pardeamiento durante su secado y subsecuente almacenamiento. La cinética de pardeamiento ha sido estudiada por varios investigadores (Bolin y Steele, 1987 y Sapers y Ziolkowski, 1987). Bolin y Steele, 1987 utilizó presiones de oxígeno bajas o el agregado de dióxido de azufre para evitar el pardeamiento no enzimático del tipo oxidativo que como se demostró es un 60-70 % del pardeamiento total durante el almacenamiento. Sapers y Ziolkowski, 1987 agregaron ácido ascórbico o eritórbito para evitar el pardeamiento enzimático de superficies de cortes de manzana con el objeto de eliminar el uso de dióxido de azufre como pretratamiento del secado. El dióxido de azufre es un buen conservante del color de las frutas frescas y vegetales que retarda las reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático, pero actualmente su uso está cuestionado por razones de salud.

Los parámetros de color L^* , a^* y b^* se afectan significativamente por métodos de secado como el secado convencional con aire caliente, el microondas y el secado al vacío. Por otra parte, la liofilización y la deshidratación osmótica permiten que los vegetales y las frutas mantengan su color sin variaciones apreciables.

El principio del análisis de textura consiste en medir la respuesta a la deformación controlada de la muestra. La fuerza que se ejerce sobre el alimento se maneja para recrear distintas condiciones en las que el alimento es expuesto cuando lo procesamos o lo comemos.

La textura es la sensación o interacción física que el alimento provoca en la boca del consumidor durante el proceso de masticación (en la misma influyen primordialmente las propiedades elásticas del alimento). Es uno de los criterios principales que aquel usa para juzgar la calidad y aceptación del producto. El consumidor puede clasificar la calidad del alimento en fresco, maduro, tierno, suave según la sensación física que produce el mismo en su boca.

La textura se puede modificar en cada etapa de procesamiento y/o almacenamiento.

Una serie de términos colaboran en la evaluación de la textura de un producto. Ellos son:

Adhesividad: a veces referido también como pegajosidad. Se relaciona con como el alimento se adhiere al interior de la superficie bucal durante la masticación.

Cohesividad: se refiere a como el producto permanece junto, es decir no se disgrega luego de la deformación.

Gomosidad: se refiere a la combinación de dureza y cohesividad; es el esfuerzo que conduce a que un alimento semisólido se pueda tragar.

Dureza: la dureza simula la fuerza requerida para comprimir un alimento sólido entre los dientes molares o un producto semisólido entre la lengua y el paladar.

Elasticidad: la habilidad de un producto de volver a su forma original luego de ser comprimido.

Masticabilidad: se trata de una combinación de gomosidad y elasticidad, de manera tal de obtener un producto que se pueda ingerir o deglutir.

Resiliencia: se refiere a capacidad de un material para recuperar su forma inicial después de ser sometido a una presión que lo deforma.

Efectos de la deshidratación osmótica en la textura del alimento

Wais et al., 2005 estudiaron los cambios de textura en cubos de manzana tratados por deshidratación osmótica. Pudieron observar que el producto se tornaba menos cohesivo y más blando. A 1h de tratamiento de DO, el producto exhibía un máximo de cohesividad. Este fenómeno podría explicarse como consecuencia de la incorporación de solutos en el tejido celular que coincide con una máxima ganancia de los mismos a este tiempo, pero luego la cohesividad decrece y resulta menor que la correspondiente al producto fresco.

Las muestras después de la DO se presentaron más adhesivas que aquellas que no fueron sometidas al tratamiento, aunque la adhesividad decrece con el aumento del tiempo de deshidratación osmótica. La elasticidad de las muestras osmodeshidratadas decreció lentamente a medida que se incrementaba el tiempo de deshidratación. Por el contrario, la gomosidad y masticabilidad decreció rápidamente con el transcurso de la deshidratación osmótica.

El objetivo del presente trabajo es analizar el efecto que generan los diferentes tratamientos de deshidratación osmótica sobre los parámetros de calidad: color y textura del zapallo anco.

Materiales y Métodos

Se trabajó con zapallos anco obtenidos en el mercado local, se lavaron, pelaron y cortaron en cubos de 1 cm de lado. Las muestras recibieron diferentes tratamientos:

1. **M1:** DO 1 h en solución acuosa al 40% m/m de sacarosa y 10% m/m de sal
2. **M2:** DO 1 h en solución acuosa al 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal
3. **M3:** DO 1 h en solución acuosa al 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal y ácido ascórbico al 1% m/m
4. **M4:** DO 1 h en solución acuosa al 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal y ácido ascórbico al 0,5% m/m
5. **M5:** DO 1 h en solución acuosa al 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal luego de

escaldado con vapor durante 5 min a 85°C.

En todos los casos, las condiciones de operación para la deshidratación osmótica fueron: relación masa de solución a masa de zapallo empleado, 4; temperatura de trabajo, 40°C y nivel de agitación, 120 ± 2 rpm. Se extrajeron muestras al cabo de 1 hora de tratamiento y los ensayos se realizaron por duplicado. Se midieron las coordenadas del sistema Cie-Lab (C.I.E., 1986), L^* , a^* , b^* , con un colorímetro Minolta CR-100, con observador 10° e iluminante D65 y se calculó C_{ab}^* , h^* y s . Para determinar la variación de color en los diferentes tratamientos, ΔE , se empleó la ecuación propuesta por Chen y Ramaswamy. En este trabajo, la variación del parámetro ΔL se calcula a partir de un valor inicial de L^* correspondiente al producto fresco al cual se le restan los valores tomados para L^* a cada uno de los tratamientos y así se hace con los dos parámetros restantes a^* y b^* .

A cada muestra de zapallo se le efectuaron 3 mediciones de color en la superficie, informándose el promedio o la media.

Las experiencias de textura se llevaron a cabo en un texturómetro marca Stable Micro Systems, modelo TA.XT Plus.

Se realizaron las determinaciones de perfil de textura para las cinco muestras, cuyos tratamientos se indicaron precedentemente para calcular los atributos de textura de las mismas: dureza, adhesividad, elasticidad, gomosidad, masticabilidad, cohesividad y resiliencia.

Muestras	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*	s
M0 (control)	68,42±0,66	18,48±1,73	63,72±1,60	66,35±2,02	73,85±1,04	1,18±0,008
M1	57,18±1,56	35,12±0,32	57,77±1,52	67,63±1,40	58,67±0,57	1,23±0,042
M2	55,22±1,16	35,63±1,19	57,93±2,54	68,02±2,69	58,39±0,67	1,16±0,012
M3	56,04±1,11	33,58±1,29	55,90±1,24	65,23±0,74	59,00±1,43	1,17±0,015
M4	58,98±1,59	35,32±0,69	59,58±2,69	69,27±2,17	59,32±1,43	1,13±0,019
M5	55,12±2,20	29,37±1,59	54,85±3,06	62,22±3,45	61,83±0,04	0,97±0,035

Tabla 1. Parámetros del color de acuerdo al método CIEL (valores medios)

Resultados y Discusiones

Análisis del Color

En la Tabla 1 se presentan los valores medios correspondientes a los parámetros de color, tanto para el zapallo anco fresco (M0) como para los diferentes tratamientos (M1, M2, M3, M4 y M5).

Las muestras deshidratadas osmóticamente en solución al 40% m/m de sacarosa y al 10% m/m de sal (M1) y en solución al 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal (M2) presentaron parámetros muy similares a excepción del parámetro luminosidad que fue un poco mayor, 3,4% en el caso de la muestra M1 respecto de la muestra M2.

Todos los tratamientos disminuyen la luminosidad, por consiguiente el producto se oscurece cuando se compara con el zapallo anco fresco (sin tratamiento) (Figura 1). La muestra que fue tratada con ácido ascórbico al 0,5% m/m es la que presenta mayor luminosidad entre las tratadas. De todos modos las diferencias de luminosidad entre las cinco muestras tratadas son muy pequeñas, del orden del 2%.

Todos los tratamientos aumentaron el valor de a^* por lo tanto hacen que el producto vire hacia el color rojo (Figura 2) y el valor de b^* disminuye virando el color hacia los azules (Figura 3).

El croma y el tono angular son similares en las muestras M1, M2 y M4 (Figuras 4 y 5, respectivamente). El valor de croma superior corresponde a la muestra M4.

El tratamiento de la muestra con ácido ascórbico al 0,5% preserva la muestra con características similares a la muestra fresca, aumentando el a^* que torna el color hacia el rojo respecto a la muestra fresca y disminuyendo el b^* que vira el color hacia el azul (este tratamiento es con el que menos disminuye) y mejora un poco la luminosidad respecto de los tratamientos sin ácido ascórbico, M1 y M2.

Las muestras menos saturadas son el zapallo anco fresco y la muestra M5 con el tratamiento 5 consistente en previo escaldado a la deshidratación osmótica en solución acuosa con 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal (Tabla 1).

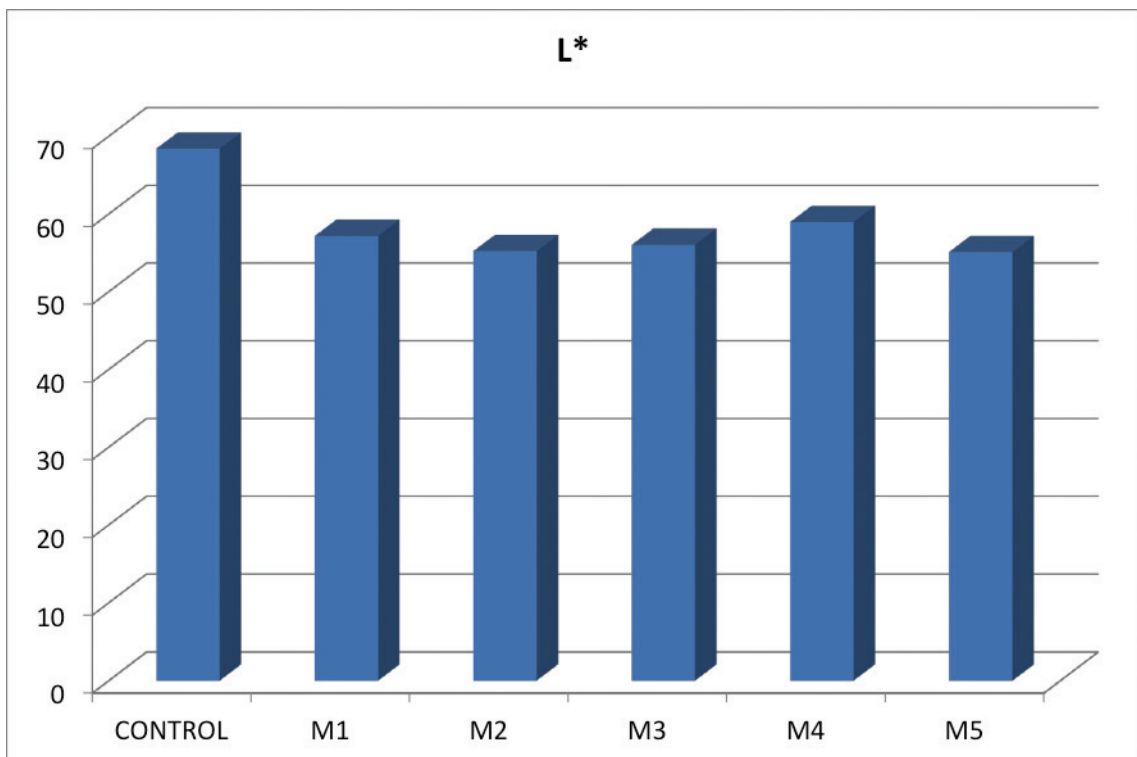


Fig. 2. Valores de L^* para las distintas muestras

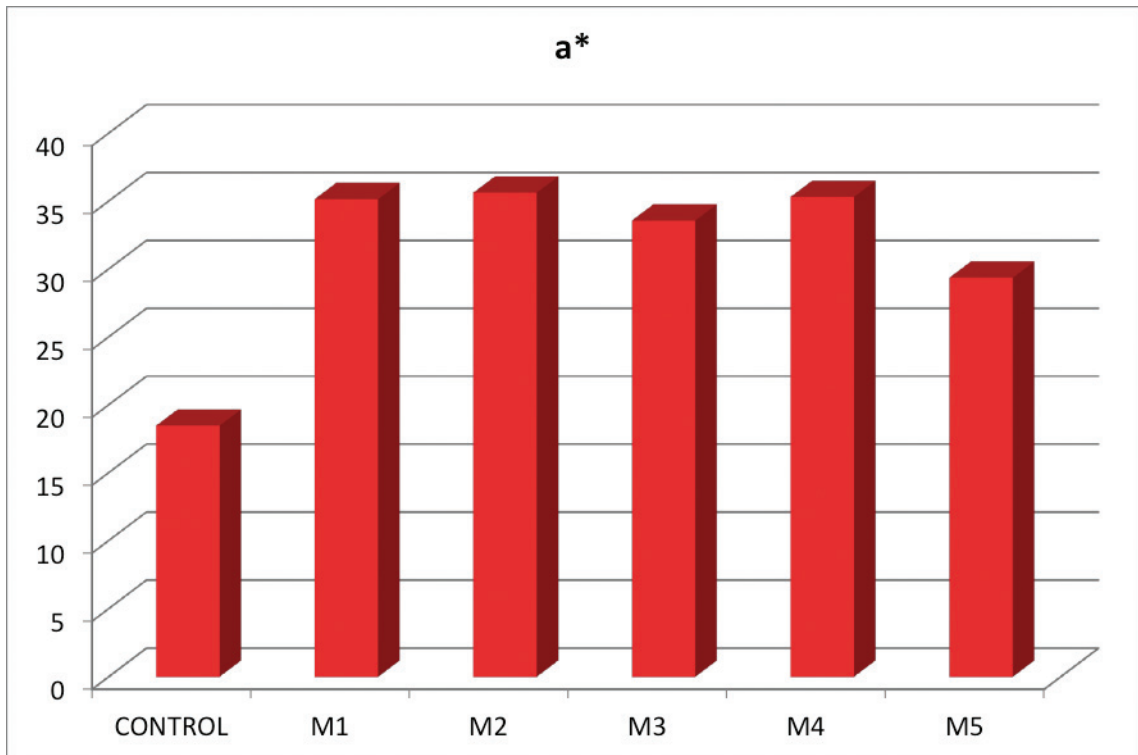


Fig. 3. Valores de a* para las distintas muestras

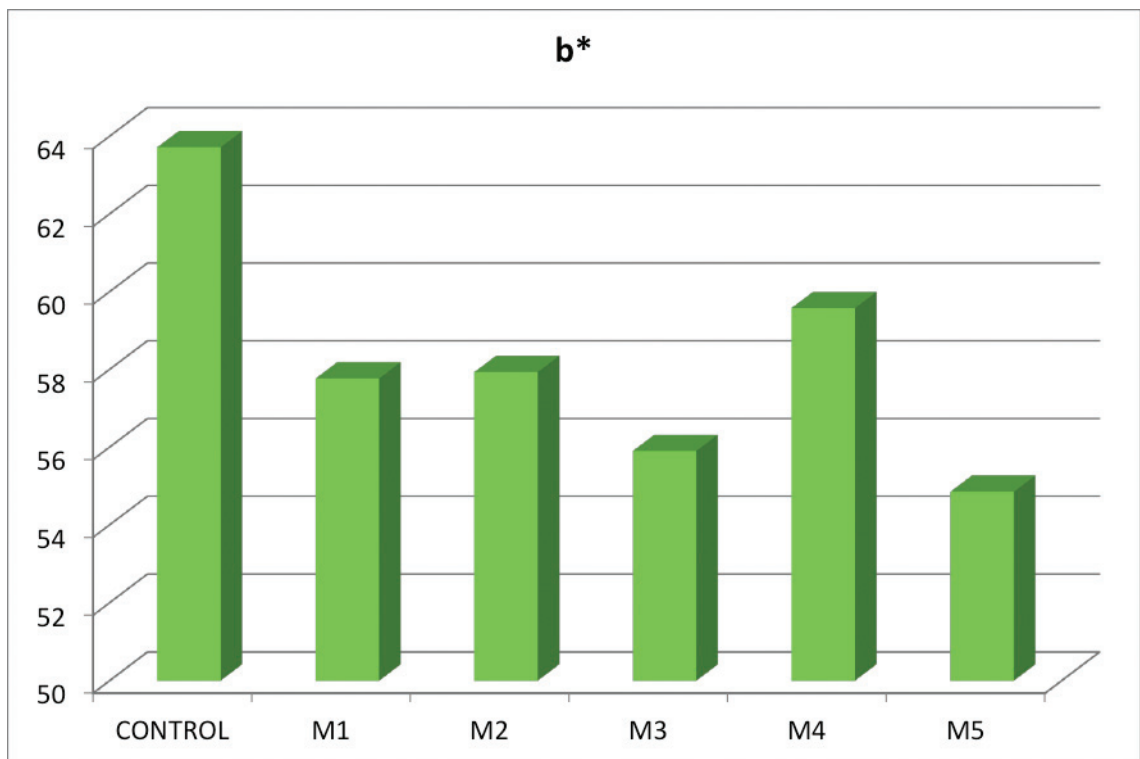


Fig. 4. Valores de b* para las distintas muestras

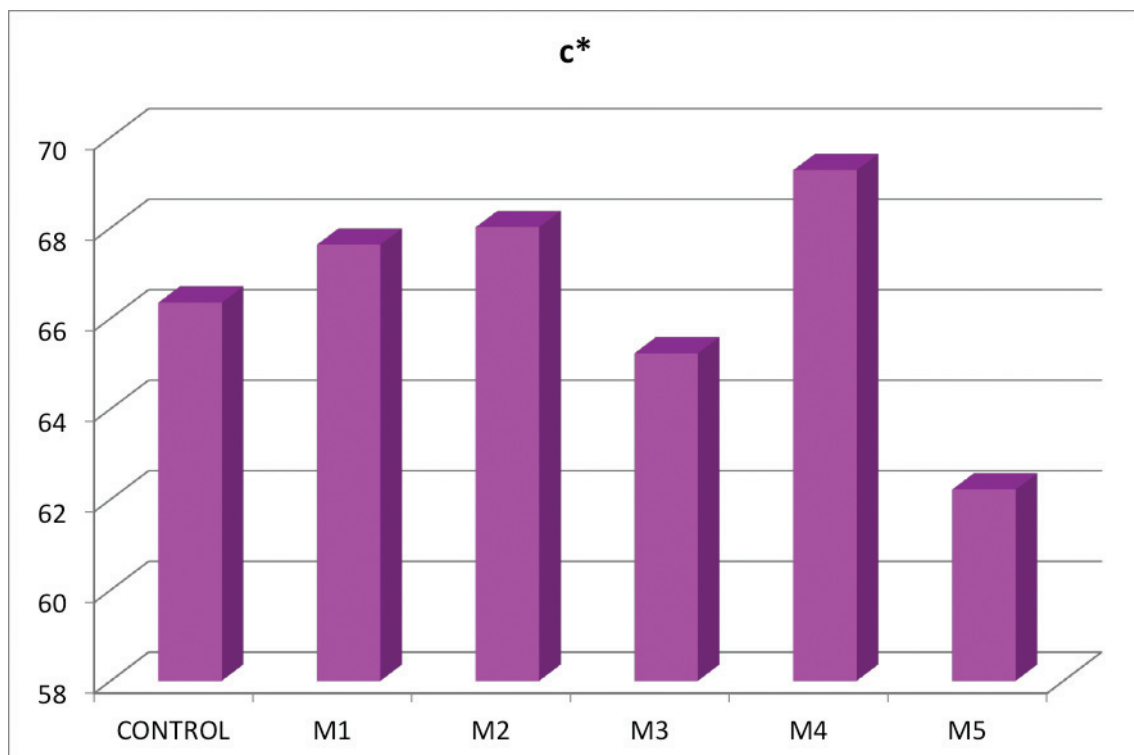


Fig. 5. Valores de C_{ab}^* para las distintas muestras

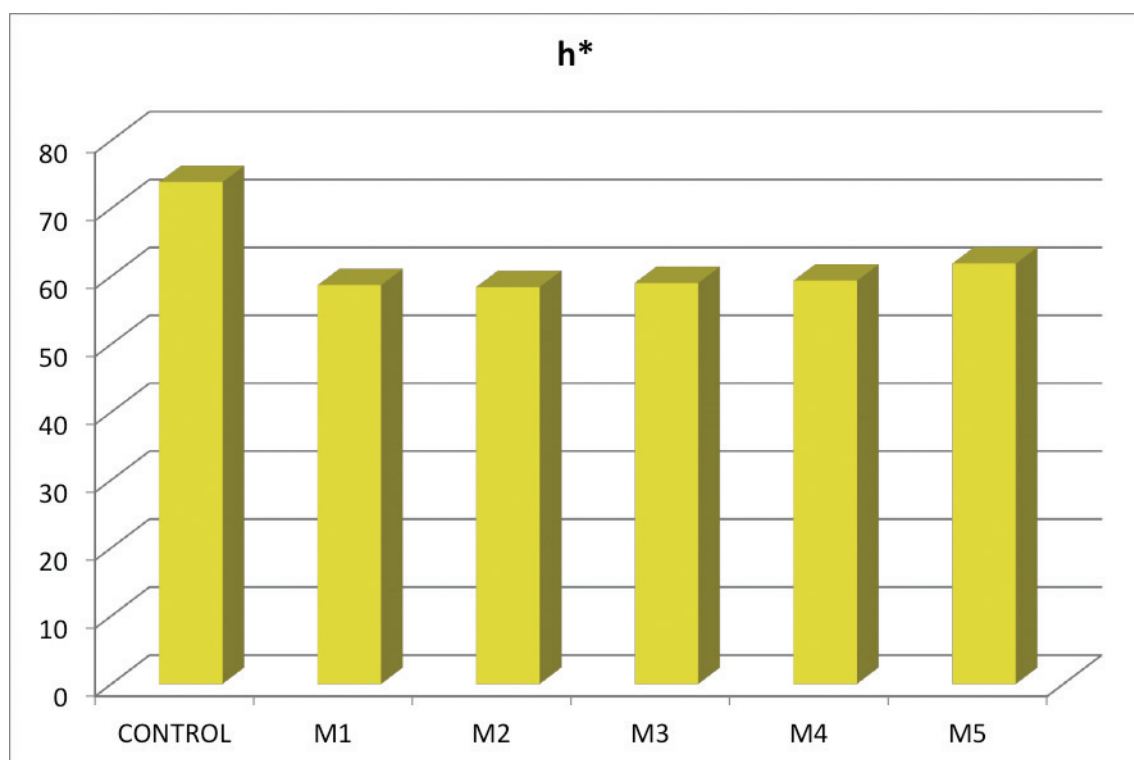


Fig. 6. Valores de h^* para las distintas muestras

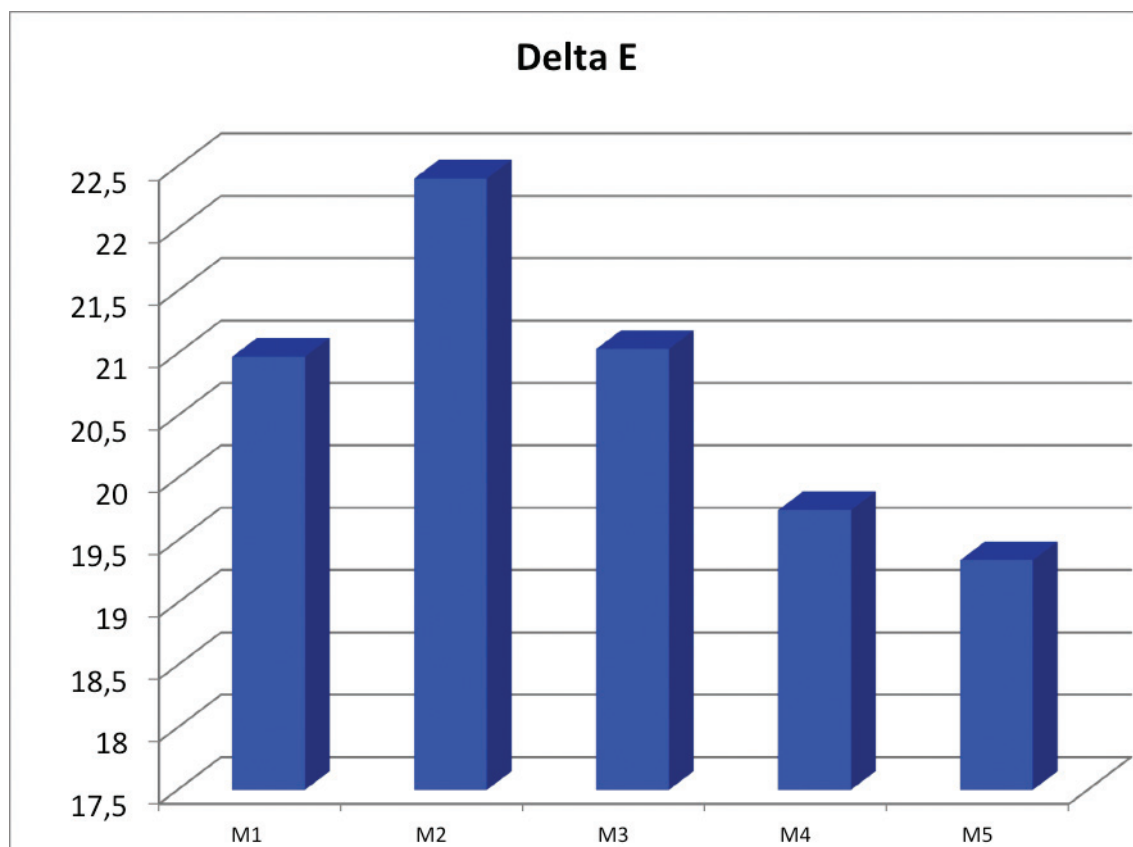


Fig. 7. Valores de ΔE para las distintas muestras

Los valores de ΔE inferiores se obtuvieron para las muestras M4 (ácido ascórbico al 0,5% m/m) y M5 (escaldado previo) (Figura 7 y Tabla 2). En la tabla 2 se presentan las variaciones del color (ΔE), respecto a los diferentes tratamientos con la muestra control.

Muestras	ΔE
M1-C	20,974
M2-C	22,403
M3-C	21,035
M4-C	19,742
M5-C	19,341

Se usaron los valores medios

Tabla 2. Variaciones de color (ΔE) en los diferentes tratamientos

A simple vista la muestra M4 era la de mejor apariencia, aunque su color rojo era más intenso que la muestra fresca (control). Los distintos tratamientos que se aplicaron sobre las muestras frescas no modifican demasiado su

luminosidad pero sí lo hacen en sus aspectos cromáticos, especialmente en cuanto al valor de a^* .

Análisis de la textura

En las Figuras 8 y 9 se presentan los atributos de textura: dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad y resiliencia del zapallo fresco (control) y de las muestras de zapallo sometidas a los distintos tratamientos.

En general, todos los tratamientos, a excepción del correspondiente a la muestra M3 que consiste en la deshidratación osmótica en solución al 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal con 1% m/m de ácido ascórbico, aumentan la elasticidad del producto respecto del control mientras que la adhesividad disminuye respecto del control.

El tratamiento 2, deshidratación osmótica en solución al 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal permite alcanzar la máxima elasticidad entre los tratamientos. La cohesividad y la adhesividad aumentan mientras que la resiliencia, la dureza, la gomosidad y la masticabilidad resultan menores que para los otros tratamientos.

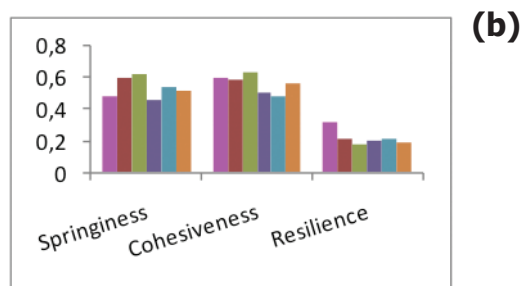
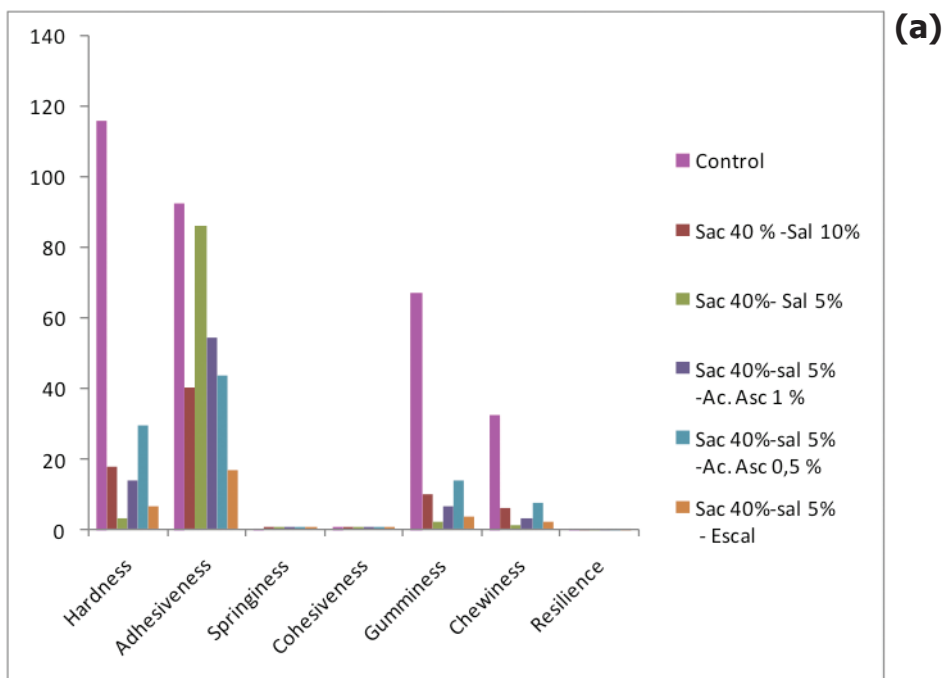


Fig. 8. Atributos de textura: dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosis y masticabilidad y resiliencia del zapallo fresco (control) y de las muestras de zapallo sometidas a los distintos tratamientos a) gráfico general y b) detalle de los atributos elasticidad, cohesividad y resiliencia

El tratamiento 4, deshidratación osmótica en solución al 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal y 0,5% m/m de ácido ascórbico permite que la dureza, la gomosis y la masticabilidad alcanzada sean, si bien menores, más similares al control si se los compara con los otros tratamientos. La adhesividad y la cohesividad disminuyen y la elasticidad aumenta respecto del control. Estas características de textura y las mínimas diferencias con el control en cuanto a las variaciones de color hacen que el tratamiento 4 sea considerado el más adecuado entre todos ellos.

Los resultados obtenidos se hallan en concordancia con el trabajo de Wais et al., 2005, ya que se verificó que tanto la dureza como la gomosis y la masticabilidad son drásticamente reducidas por el tratamiento osmótico y la cohesividad prácticamente no presenta dependencia con el pretratamiento de deshidratación osmótica.

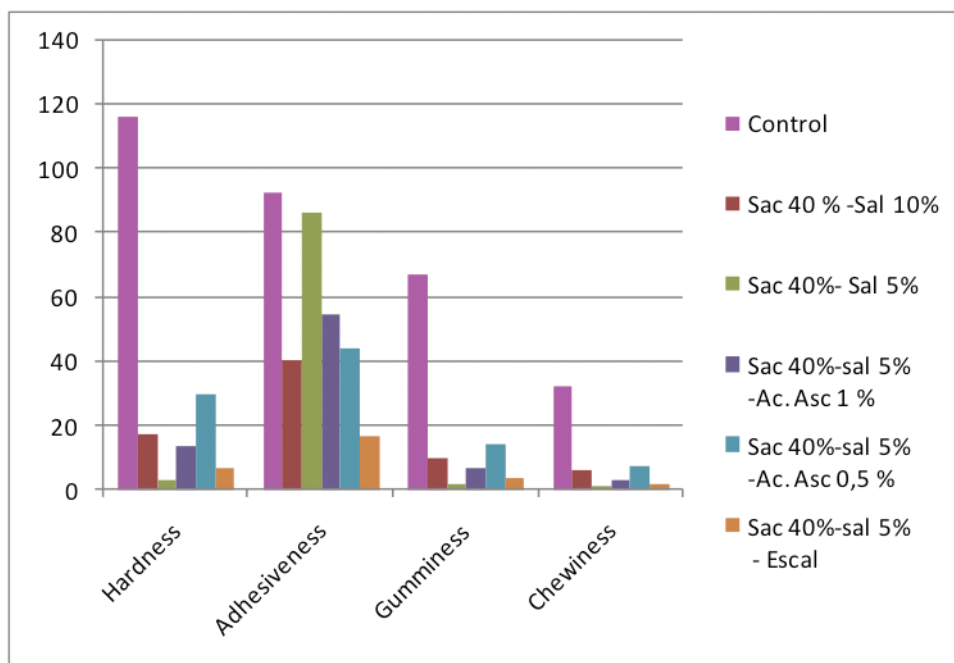


Fig. 9. Atributos de textura: dureza, adhesividad, gomosidad y masticabilidad del zapallo fresco (control) y de las muestras de zapallo sometidas a los distintos tratamientos

Conclusiones

El tratamiento consistente en la deshidratación osmótica en solución acuosa al 40% m/m de sacarosa y 5% m/m de sal y ácido ascórbico al 0,5% m/m resultó ser el más adecuado en cuanto a las características de color y textura para el producto obtenido. Si se compara el color de esta muestra con la muestra fresca, sin tratamiento, se aprecia que el a^* aumenta, de manera que torna el color hacia el rojo y el b^* que vira el color hacia el azul, disminuye, pero la diferencia en este último parámetro es bastante menor que con los otros tratamientos. Por consiguiente, el tratamiento 4 preserva la muestra con características bastante similares a la de la muestra fresca. Asimismo, se aprecia que la luminosidad mejora un poco respecto de los tratamientos sin ácido ascórbico. En cuanto a la textura, en general, la deshidratación osmótica reduce la dureza, la gomosidad, la resiliencia, la adhesividad y la masticabilidad y aumenta la elasticidad. El parámetro cohesividad se mantiene prácticamente sin modificaciones en los distintos tratamientos y en todos los casos, bastante similar al valor correspondiente a la muestra fresca.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la UTN, Facultad Regional Buenos Aires, al Dr. Sergio R. Vaudagna del INTA Castelar, por facilitar el equipamiento para la medición de color y textura y al Dr. Rodolfo H. Mascheroni, director del Proyecto PID al que pertenece este trabajo.

Referencias:

- BANAVARA, D.S., ANUPAMA, D. AND RANKIN, S.A., (2003). Studies on physicochemical and functional properties of commercial sweet whey powders. *J. Dairy Sci.* 86:3866–3875.
- BOLIN, H.R. y STEELE, R. J., (1987). Nonenzymatic browning in dried apples during storages. *Journal Food Science.* 52, 1654-1657.
- CIE 15, 3º edición, (2004). Technical report colorimetry. Commission Internationale de L´Eclairage.
- CHEN, C.R. AND RAMASWAMY, H.S., (2002). Color and texture change kinetics in ripening bananas. *Lebnsn-Wiss. Technol.*, 35(5): 415-419.
- CHIRALT, A.; MARTÍNEZ NAVARRETE, N.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; TALENS, P.; MORAGA, G.; AYALA, A. y FITO, P., (2001). Changes in mechanical properties throughout osmotic processes cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49: 129-135.
- CONTRERAS MONZÓN, C., (2006). Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzanas y fresas deshidratadas. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia. Tesis doctoral.
- DELLA ROCCA, P; GUTIERREZ, M.; LANGUASCO, J. M. y MASCHERONI, R., (2010). Secado Combinado de papas. *Proyecciones*, Vol. 8 Nº 1.
- DUQUE, A.; GIRALDO G. y MEJÍA D., (2007). Variación del Color en Mango, Mora y Uchuva en Diferentes Tratamientos de Deshidratación Osmótica.
- GIESE, J., (2000). Color measurement in foods as a quality parameter, *Food Technol*, Chicago, v.54, Nº 2, p.62-63.
- JIMÉNEZ, A. y GUTIÉRREZ, G., (2001). Color. Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Editorial Acribia. España. 325.
- MAYOR, L.; MOREIRA, R.; CHENLO, F. y SERENO, A.M., (2007). Osmotic dehydration kinetics of pumpkin fruits using ternary solutions of sodium chloride and sucrose. *Drying Technology*, 25: 1749–1758.
- MALDONADO, S; SANTAPAOLA, J; SINGH, J; TORREZ, M. y GARAY, A., (2008). Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smilax tuberosa*), *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, vol. 28, Nº i, Campinas, 1-9.
- SIMPSON, R.; JIMENEZ, M.; CAREVIC, E. y GRANCELLE, R., (2007). Aceleración de la deshidratación osmótica de frambuesas (*Rubus idaeus*) por medio de calentamiento óhmico. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57: 192-195.
- SGROPPO, S. C. y SOSA, C., (2009). Zapallo anco (cucurbita moschata, d.) fresco cortado tratado con luz uv-c. *FACENA*, Vol. 25, pp. 7-19.
- SALVATORI, D. y ALZAMORA, S.M., (2000). Structural changes and mass transfer during glucose infusion of apples as affected by blanching and process variables. *Drying Technology*, 18: 361–382.
- SPIAZZI, E.A. y MASCHERONI, R. H., (1994). Deshidratación osmótica de productos frutihortícolas. *Actas del VI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 473-475.
- SPIAZZI, E.A. y MASCHERONI, R. H., (2001). Modelo de deshidratación osmótica de alimentos vegetales. *MAT Serie A*, ISSN 1515-4904., Conferencias, seminarios y trabajos de matemática Nº 4, Rosario, Argentina, 23-32.
- RASTOGI, N; RAGHAVARAO, R; NIRANJAN, K. y KNORR, D., (2002). Recent development in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology*, vol 13,48-59.
- SAPERS, G. M. y ZIOLKOWSKI, M. A., (1987) Comparison of Erythorbic and Ascorbic Acids as Inhibitors of Enzymatic Browning in Apple *Journal of Food Science*, Volume 52, Issue 6, 1732–1733.
- SGROPPO, S.C. y SOSA, C.A., (2009). Zapallo anco (Cucurbita Moschata D.) fresco cortado tratado con luz UV-C, *Facena*, Vol.25, pp 7-19.
- VALDÉS M; ORTIZ S; BAENA D. y ALIRIO F., (2009). Evaluación de poblaciones de zapallo (Cucurbita moschata D) por caracteres de importancia agroindustrial. *Acta Agronómica*, vol. 59, núm. 1, 2010, pp. 91-96. Universidad Nacional de Colombia Colombia.
- VAN NIEUWENHUIJZEN, N. H.; ZAREIFARD, M. R. y RAMASWAMY, H. S., (2001). Osmotic drying kinetics of cylindrical apple slices of different sizes. *Drying Technology*, 19: 525-545.
- WAIS, N., AGNELLI, M.E. y MASCHERONI R.H., (2005). Combined osmotic dehydration-microaerobic drying of fruits. Application apple cubes. 2º Mercosur Congress on Chemical Engineering, 4º Mercosur Congress on Process Systems Engineering, ENPROMER.

La regionalización como particularidad institucional de la Universidad Tecnológica Nacional*

María Eva Vigliecca

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Secretaría Académica,
Medrano 951 (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

vigli@fibertel.com.ar

Recibido el 9 de Diciembre de 2012, aprobado el 5 de Marzo de 2013

Resumen

Esta investigación aborda el tema de la "regionalización" como particularidad institucional de la Universidad Tecnológica Nacional en la Argentina. El estudio de caso, considera el modelo organizacional regionalizado, desde un enfoque socio-histórico, organizacional y pedagógico. Intenta precisar, qué características particulares la conforman en comparación con otras instituciones de Educación Superior. El estudio de caso se completa con un video testimonial, recurso tecnológico que permitió recuperar testimonios de actores de la vida institucional universitaria de entonces y que por razones obvias no forma parte de esta presentación, pero que ha permitido confirmar las hipótesis acerca de la regionalización y sus efectos socioeducativos, y forman parte de las conclusiones del presente trabajo.

PALABRAS CLAVE: EDUCACIÓN SUPERIOR – MOVILIDAD SOCIAL – RELACIÓN ESTUDIO TRABAJO – ENSEÑANZA DEMOCRATIZADORA – RELATOS TESTIMONIALES.

Abstract

This research paper deals with the subject of "regionalization" as an institutional characteristic of the Universidad Tecnológica Nacional (UTN) in Argentina. It is a study case through which the organizational model based on regionalization established by this University is analyzed from a socio-historical, organizational and pedagogic approach. This research paper tries to identify the specific characteristics that differentiate this University from other high level education institutions. The "testimonial video" (not included) selected to recover the testimonies of the different actors, allows the confirmation of "regionalization" and socioeducational impacts.

KEYWORDS: HIGHER EDUCATION - SOCIAL IMPROVE - RELATIONSHIPS BETWEEN STUDY AND WORK - DEMOCRATIC TEACHING THE TESTIMONIES.

*El presente artículo forma parte del trabajo de tesis "La regionalización como particularidad organizacional de la Universidad Tecnológica Nacional", para optar al grado de Magíster en Docencia Universitaria de la Facultad Regional Buenos Aires, bajo la dirección del Dr. Pablo Pineau.

Introducción

El punto de partida para este estudio de caso, es entender el modelo que crea la UTN a partir de la regionalización de la enseñanza apuntando al desarrollo socioeconómico del país desde un enfoque socio histórico, organizacional y pedagógico, teniendo en cuenta la realidad del sistema universitario argentino, y los criterios con que se fue planteando, "la particularidad" de su forma organizacional en la formación de ingenieros. Destinada a estudiantes que trabajaban. La carrera elegida debía ser afín a la actividad laboral. Era y continúa siendo de modalidad presencial con clases teórico prácticas. En sus orígenes funcionaba en horario vespertino.

En el conjunto de universidades que se crean en Argentina durante el siglo XX, la Universidad Obrera Nacional (UON, actual Universidad Tecnológica Nacional) surge con características propias y particulares que la distinguen en varios aspectos del resto de las instituciones de Educación Superior.

Para comprender este tema valga analizar el significado de las nociones de estilo de desarrollo y modelos de desarrollo, dentro de un marco social determinado. Ambos conceptos se abordan desde la mirada de dos autores: Gregorio Weinberg y Graciarena, J. (1976 - 1984). La concepción de estilo de desarrollo, que en términos generales, según Weinberg, G. (1984) reflejaría el sistema de dominación y la estructura de poder vigente en cada etapa. Parece ser oportuno su tratamiento en este trabajo, ya que la Universidad Obrera Nacional (UON) fue un proyecto político de los años 40 que trajo conflictos en algunos sectores de la sociedad, entre otros factores, por estar muy ligado a los gremios y especialmente dirigido a los obreros. Otros sectores de esa comunidad universitaria, prefieren denominarse trabajadores, ya que el término de obrero los baja de la escala social, que habrían logrado con el título de ingenieros.

Para Graciarena, J. (1976) "un estilo de desarrollo es un proceso dialéctico entre relaciones de poder y conflictos entre grupos y clases sociales, que derivan de las formas dominantes de acumulación de capital, de la estructura y tendencias de la distribución del ingreso, de la coyuntura histórica y la dependencia externa, así como de los valores e ideologías. (...) Todo esto se da en medio de otros condicionamientos estructu-

rales (tecnología, recursos naturales, población) que se presentan al análisis como un conjunto integrado, el cual enmarca las posibilidades históricas de un estilo".

Esta concepción del "estilo" (siguiendo a Weinberg, G., 1984) entraña a su vez, el sistema de dominación y la estructura de poder, por ello será necesario plantearse quién tiene el poder y cómo lo usa, es decir quiénes son los protagonistas del proceso de cambio de desarrollo de la sociedad y cómo lo hacen. El estilo de la UTN fue diferenciado del de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Desde su creación, a partir del contrato fundacional como UON en 1948, dependía de la Comisión Nacional de Aprendizaje y Orientación Profesional (CENAOP), (Ley 13.229) a diferencia del resto de las Universidades Nacionales, que siempre pertenecieron al entonces Ministerio de Educación, (actual Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - MECyT). Dictaba clases en turno vespertino por las características de los estudiantes (trabajadores) y desde su transformación en UTN hasta la actualidad, ofrece los tres turnos: mañana, tarde y noche, para continuar facilitando su acceso a los trabajadores. No admitía alumnos libres dado que la asistencia a clase implicaba, integrar la teoría con la práctica que se desarrollaba en los laboratorios especialidad, o en su defecto en alguna empresa mediante convenios entre ambas.

Respecto del concepto de modelo, la UON era representativa de la política educativa del gobierno peronista, entonces en el poder. Fue su máximo dirigente quien la inauguró y le asignó el nombre de "Obrera", proponiendo el otorgamiento de títulos de "Obreros de Fábrica". Por otra parte, las autoridades de la UON eran de origen obrero, algunos de ellos sindicalistas y mantenían una estrecha relación con la industria nacional, los sindicatos y también con la expansión de la educación técnica. Todo ello, la diferenciaba del modelo tradicional representado por Ingeniería de la UBA. Para entender más aún este muy particular modo de difundir la enseñanza, se describen a continuación, algunas las características del sistema educativo de la época.

El contexto educativo argentino, en el período 1945 – 1955

Juan Carlos Tedesco, expone una breve reseña de la situación de la enseñanza de ese momen-

to. (...) "el crecimiento de la enseñanza media, a diferencia del registrado en la escuela primaria contó con una fuerte participación privada, que aumentó en todas las modalidades hasta los años cuarenta y cinco y descendió posteriormente a lo largo de la década 1945 -1955.

(...) A partir de 1945 en cambio, el Estado reasumió el control y la iniciativa en el proceso de expansión educacional, esta modificación se explica tanto por la política educativa de ampliación de la cobertura hacia nuevos sectores sociales, como por los cambios cualitativos en la acción educativa estatal. Estos cambios sobre los cuales no es posible profundizar dada la escasa evidencia empírica disponible, pueden resumirse en la hipótesis según la cual en todo este período (1930-1955) el sistema educativo argentino tendió a perder los rasgos de relativo neutralismo ideológico que lo caracterizara hasta 1930. (...) En el período peronista que concluyó en 1955 se mantuvo la pérdida de la neutralidad que fue generalizada en forma más ostensible. Los testimonios al respecto son numerosos y sólo a título ilustrativo se recuerda la expresión que definía el objetivo básico del sistema educativo según el segundo plan quinquenal: "En materia de educación el objetivo fundamental de la Nación será realizar la formación moral, intelectual y física del pueblo sobre la base de los principios fundamentales de la Doctrina Nacional Peronista." El programa educativo del gobierno surgido del golpe de estado del 4 de Junio del 43, en el cual este sector del nacionalismo tuvo una presencia decisiva, sostiene que la enseñanza media debía tender en general a apartar a las juventudes de las profesiones liberales, encaminándolas hacia las profesiones vinculadas con el comercio, la industria y la producción nacionales. Para lograrlo, se preveía la elaboración de planes de estudios diferenciados: por un lado un bachillerato pre universitario de 6 años con ingreso directo a la Universidad y por el otro, planes especiales para las escuelas secundarias dedicadas al magisterio, los comerciales, las escuelas industriales y técnicas en general.

Otra opción se planteó a partir de los compromisos de la oligarquía con la pequeña burguesía y consistió en permitir una limitada expansión de la enseñanza técnica en el nivel primario y pos primario, dejando el resto del sistema intacto y con el ritmo de expansión que tenía hasta entonces.

Esta fue en definitiva, la opción asumida por los gobiernos de la década del 30. (...) "La promoción extensiva de la enseñanza técnica en la medida en que los sectores medios no eran reorientados y seguían ocupando masivamente los lugares tradicionales del sistema implicaba la promoción educacional de sectores hasta entonces marginados (la clase obrera y demás sectores populares). Este es un hecho que supone condiciones sociales y políticas especiales y tiene varias consecuencias: para que este fenómeno pudiera producirse era preciso garantizar condiciones de vida que permitieran a los hijos de obreros postergar su ingreso a la actividad productiva y asumir el costo de los estudios. En este aspecto la situación de la clase obrera distaba de ser más favorable. Ambos aspectos en cambio, se modificarán en el período peronista. El mejoramiento sustancial de las condiciones de vida de la clase obrera permitirá su participación en el sistema educativo por mayor cantidad de años y esa incorporación será canalizada en gran medida, a través de un sistema casi paralelo al tradicional y dedicado exclusivamente a las orientaciones técnicas. Desde este punto de vista puede interpretarse que uno de los rasgos más saliente de la política educativa del período 1945 - 1955 fue precisamente articular una vía de ascenso educativo para los sectores populares diferentes a la tradicional. (...) En 1944 se creó la Comisión Nacional de aprendizaje y orientación profesional (CNAOP), en cuyo ámbito se realizó una parte muy considerable de la expansión de la enseñanza técnica de este período. Según los datos existentes alrededor del 50 % del crecimiento de la matrícula técnica entre los años 1945 - 1955 correspondió a los establecimientos de la CNAOP. (...) Las instancias abiertas por la CNAOP cubrían una amplia gama de las necesidades de calificaciones en diferentes niveles de la producción a además en todas ellas se daba una mayor vinculación entre enseñanza y trabajo que la ofrecida por el sistema tradicional. Los propósitos de la CNAOP se orientaban a la capacitación de los individuos en la industria, especialmente de los jóvenes, y para ello se obligaba a las empresas a emplear entre un 5 y un 15 % de menores aprendices sobre el total de obreros especializados por ella empleados. Dichos aprendices frecuentarían los estudios en cursos organizados en las empresas o en escuelas de medio turno ero la aplicación real del programa de la CNAOP se concretó en las escuelas fábricas de turno completo. Este cambio produjo una aproximación cada vez

más estrecha entre las actividades de los establecimientos de la CNAOP y los del resto del sistema escolar, aunque se mantuvieron las diferencias en materia de orientación de los estudios, situación que permitió a la CNAOP desempeñar un papel distinto al del resto del sistema. El énfasis puesto en la formación práctica que caracterizó a estas escuelas les permitió hacer un aporte significativo en la formación de obreros calificados en un oficio mientras que las escuelas industriales tendían más bien a la formación del técnico. (...) La evolución de esta modalidad de enseñanza técnica puede dividirse en dos grandes etapas desde la creación hasta aproximadamente 1950, y durante la misma se puso el énfasis en la articulación de los estudios con el trabajo, en la formación de operarios medios con estudios terminales de corta duración y desde el punto de vista organizativo se desarrolló en un ámbito diferente al del Ministerio de Educación. Durante la segunda etapa estos rasgos comienzan a diluirse y se produce una aproximación cada vez más intensa entre ambas formas de enseñanzas técnicas. (...) Hay un incremento en los estudios de larga duración, las autoridades se unifican, los planes de estudios prácticamente se superponen y por fin, después del 55 ambas modalidades se funden. (...) En términos de organización del trabajo el paso de la manufactura a la mecanización y a la automatización producen la mengua de la importancia cuantitativa de los obreros que dominan un oficio (los que se concentran en las tareas de mantenimiento) el crecimiento de la categoría de obreros especializados (que a condición de haber recibido una educación básica requieren escasa capacitación formal) y de técnicos y profesionales (que en cambio requieren calificaciones formales de larga duración). (...) En cuanto a las concepciones sobre el sistema educativo, puede señalarse que ningún grupo social en ascenso admite modalidades educativas que por su carácter terminal no habiliten para estudios posteriores. La presión para que esas vías se continúen hasta los niveles más altos suele ser intensa y en este caso, se concentraron tanto a través de la creación de una instancia específica (la Universidad Obrera Nacional hoy Universidad Tecnológica Nacional) destinada a permitir el pasaje de los egresados de los establecimientos de la CNAOP al nivel universitario, como por la progresiva pérdida de las características originales del proyecto." (Tedesco, J.C., 1980)

Esta tendencia es también confirmada por Wiñar (1970, 41) quien señala que la educación jugó un papel importante, por un lado, ampliando la visibilidad de las clases populares, esto es, el espectro de demandas, por el otro, formó parte de la redistribución del ingreso como un bien social que debía ser repartido más equitativamente, también contribuyó a la preparación y calificación de la fuerza de trabajo. La incorporación de ellas al sistema educativo se produjo mayoritariamente por la ampliación de la cobertura de la escuela primaria, y por la creación de la rama técnica que dependía de la CNAOP cuya matrícula cubría el 44% del total de la enseñanza técnica. La CNAOP era el resultado de la acción de un gobierno con el que se sentían identificados los trabajadores y..., además de los incentivos económicos que se otorgaban al alumno apelaba a valores que estos sectores compartían. Por un lado, el mencionado énfasis en la formación tecnológica, hecho que encontraría eco en la cultura de las clases populares. Por el otro, la necesidad de afianzar el proceso de industrialización como instrumento de independencia económica del país. (Wiñar, 1970, 30).

De la UON a la UTN

El acto inaugural de creación de la UON se realiza en el aula magna de la Regional Buenos Aires, donde funcionaba el Rectorado, en marzo de 1953. El presidente de la Nación, el General Perón, invitado especial y primer Profesor Honorario de la UON, abre el acto con una clase pública un fragmento de la cual se transcribe en este apartado, ya que en su contenido se puede entender claramente la articulación "Formación técnica profesional - Trabajo" reflejando las políticas públicas de su gobierno nacional, establecida en su segundo plan quinquenal.

(...) "No escapará a la comprensión de los compañeros que me escuchan cuál es la emoción que me embarga al iniciar los cursos de la primera Universidad Obrera de nuestra patria. Probablemente podrá haber muchos que sientan una inmensa satisfacción al disponer de esta nueva casa de estudios en esta Nueva Argentina, pero no habrá ninguno que la sienta con más sinceridad y con mayor profundidad que yo mismo, que en 1945 entrevisté la posibilidad de desarrollar en esta forma una mayor elevación cultural de nuestro pueblo.

(...) Cuando hablamos de la justicia social no dijimos que había que llevar solamente un poco más de dinero a los hogares del pueblo argentino o un poco más de comida a sus hijos; hablamos también de nutrir más abundantemente el alma y la inteligencia de nuestro pueblo. (...) Siempre el pueblo ha sido una víctima privada de felicidad, de alimento y también de cultura y de ciencia. Por eso la justicia social, como nosotros la entendemos, no consiste solamente en dar a nuestro pueblo lo material, sino también en prepararlo intelectual y espiritualmente.

(...) Esta Universidad Obrera pone un jalón de avance en la cultura social del pueblo argentino. Pone, quizá, uno de sus más importantes jalones, porque da amplitud y extensión a la cultura popular, y porque sus puertas están abiertas a todos los hombres del pueblo que sientan la necesidad de elevar su cultura, están abiertas a todos los hombres y mujeres del pueblo que tengan inquietudes intelectuales y quieran realizarlas. Las universidades argentinas, por otra parte, son todas de esta característica, pueden los hombres humildes del pueblo ir a cualquiera de las universidades argentinas, donde recibirán el mismo tratamiento, sean ricos, sean pobres, sean hijos de poderosos o sean hijos de humildes hombres del pueblo.

(...) Fue entonces, en 1944, cuando lanzamos la primera disposición estableciendo la organización de la mano de obra y de la capacidad técnica para la industria argentina. Fue entonces, que pensamos en que nuestros obreros no habían de formarse más en el dolor del taller o en el abuso patronal de los aprendices de otros tiempos, explotados y escarnecidos, en los lugares mismos de trabajo que ellos deben amar y enaltecer. (...) Y de esta idea surgieron de orientación profesional donde nuestros muchachos, respetando y haciendo respetar los lugares de trabajo, debían ir conformando el espíritu de la mano de obra argentina, para que después, en la combinación de las concepciones técnicas y de nuestras máquinas pudieran surgir los productos industriales perfectos, como hay que perfeccionarlos hoy para que sean útiles. Fue allí, también, cuando dijimos: No es posible que un operario estudie para ser y para morir operario. Es necesario abrir el horizonte a la juventud que trabaja, porque ella es, la que constituye la grandeza y

afirma la dignidad de la República Argentina; es necesario abrir el horizonte a la juventud, poniendo en cada mochila un bastón de mariscal."

Según las fuentes consultadas, (Vilella, V., 1999) los antecedentes que dieron origen a la Universidad Obrera Nacional reflejan las políticas de gestión de esos tiempos, centradas en la problemática del regionalismo.

"Esta hermosa realidad social es traducida en la Universidad Nacional Obrera y su trascendencia se medirá a breve paso como algo realmente excepcional en el plano revolucionario. Las realizaciones iniciales, fecundas y promisorias, abarcaron el ámbito del Gran Buenos Aires, pero semilla de beneficios y de creaciones sustanciales, comienzan a proliferar en zonas características del país. Así surge de los viajes que efectúa su rector por provincias características del interior del país. De ahí por tanto que hayamos iniciado este comentario con el problema del regionalismo. Porque la Universidad Nacional Obrera puntual en la marcha ascendente de nuestros trabajadores no descuidará ninguno de los puntos esenciales que hemos señalado. Es decir, con criterio de auténtica unidad nacional, coadyuvará al desarrollo profesional y técnico de acuerdo con las necesidades de cada zona y conforme a la idea madre de defender, lo que por ser distinto, no es antagónico con la comunidad total(...) Tucumán y Mendoza sirvan de ejemplo – tienen fisonomías propias netas y definidas, y sus comunidades se ciñen al medio geográfico porque de allí extraen los bienes que permiten la subsistencia... (Vilella, V., 1999), primer egresado de UON citado en el diario La Prensa (julio de 1954)

Este proyecto es calificado de "único y democrático" por varios de sus protagonistas. El contexto político de la época, favoreció la puesta en marcha de este "revolucionario" sistema de Educación superior, al brindar posibilidades de mayor y mejor formación técnico profesional a sectores de la población, trabajadores, que no tenían acceso a la enseñanza universitaria. Otros señalan que "resultó ser una necesidad, la creación de nuevas facultades en distintas provincias y regiones con cada vez más cursos y alumnos que trabajaban en la especialidad elegida, ya que desde que nació presentaba las características de institución modelo" Vilella, Luis (1999) y Savignano, José (2004) ambos, primeros egresados de UON, año 1957).

M. E. Viglicca - La regionalización como particularidad...

Las finalidades de la UON, en tanto política eran (Reglamento de UON –Decreto Nº 8014): expandir la enseñanza técnica superior en todo el territorio de la república. Facilitar el acceso a la universidad de la clase trabajadora (obrerros de fábrica de distintas regiones. Brindar especialidades de acuerdo con las necesidades presentes y de un futuro inmediato de la industria nacional y regional. Estas finalidades fueron pensadas para que los trabajadores se profesionalicen en el ámbito de su radicación acorde a las necesidades de la industria regional, y para evitar su traslado a otras ciudades. Además de este modo superaban un viejo impedimento ya que, por ser trabajadores y/o egresados de escuelas industriales, no eran admitidos en las universidades tradicionales, ni en la Universidad de Buenos Aires.

Las carreras que se enseñaban, también respondían a una “necesidad regional”, en las cinco primeras regionales que abrieron sus puertas en 1953, luego la Regional Bahía Blanca en 1954, y otras 4 que iniciaron sus clases en 1956, entre ellas la Regional Avellaneda, cuyos egresados obtuvieron sus diplomas de “Ingenieros de Especialidad” en el año 1960. El diploma final de “Ingenieros de Fábrica” se orientaba a especialidades como Automotores; Construcciones Aeronáuticas; Construcciones Electromecánicas; Construcciones de Obras y Antisísmicas; Construcciones de Obras; Construcciones Mecánica; Construcciones Navales; Electromecánica; Hormigón Armado; Industrias Químicas; Industrias Textiles; Instalaciones Eléctricas; Telecomunicaciones y Transporte y Mecánica Ferroviaria

El ciclo de estudios era de cinco años de duración, con clases exclusivamente presenciales y teórico prácticas, sin excepción, y el aspirante debía presentar su certificado de conducta y de trabajo en la especialidad que deseaba estudiar. Era entonces una universidad para “hombres y mujeres que trabajan” aportando al desarrollo industrial de la nación. Sin embargo, el proyecto fue perdiendo sus características originales, su real población estudiantil estaba conformada, en su mayoría, por egresados de escuelas técnicas y no sólo técnicos de fábrica egresados de la CNAOP tal como fue pensado desde sus inicios. Tampoco hubo promociones con el título de Ingenieros de Fábricas y su denominación es Universidad Tecnológica Nacional y no Universidad Obre-

ra. Los relatos de entrevistados lo confirman, “la comunidad universitaria de esta institución la integraban egresados de las escuelas fábricas, y en su mayoría los técnicos provenientes de la Escuela Otto Krause, (Paolo, Savignano, Guillán y otros) primera escuela de educación Técnica del país, creada por el ingeniero Otto Krause egresado de la UBA, en los años 1900, aproximadamente.

La ruptura con el modelo original en el pasaje de UON a UTN, más que una ruptura tal vez, fue un reordenamiento acorde con la estructura de poder existente en el momento, ya que lo que realmente cambió fue con la denominación de obrera, el título que otorgaría y su relación con los gremios muy cuestionada. Marcela Mollis (1991) señala que dada “la repercusión que tuvo su cuestionamiento no se emitieron títulos hasta que no se aprobó la nueva denominación a pedido de los estudiantes que, una vez resuelto el conflicto, fueron los primeros egresados quienes obtuvieron sus diplomas recién en 1960 año en que la UTN otorga títulos de “Ingeniero en la especialidad” según el caso.

Los testimonios

El aporte de los testimonios que forman parte de esta investigación radica en la posibilidad de captar vívidamente las representaciones y valoraciones de alumnos, docentes y directivos sobre la temática trabajada. Como no es posible integrar el video a este trabajo, se reproducen a continuación los testimonios más significativos ya que son la voz de mayor fuerza respecto del sentido del tema de “la regionalización institucional de la Universidad Tecnológica”, y evidencian el impacto social que produjo este proyecto educativo en casi todo el territorio nacional. La inclusión social, a través del acceso a la educación superior, del sector de técnicos y obreros calificados que trabajaban en las fábricas y no tenían acceso a la educación, ni a la formación de ingenieros de la UBA, evitó su desarraigo y propició la movilidad social de los técnicos provenientes de escuelas técnicas y de escuelas fábricas, mediante la obtención de sus títulos.

José Savignano destaca con mucho orgullo y alegría, la posibilidad que le brindaron, no sólo por ser técnico de fábrica y luego recibirse de ingeniero, sino también por los con-

venios que la universidad tenía con “países europeos” (Francia e Italia, entre otros) para perfeccionarse profesionalmente, exhibiendo una nota original, de recomendación, del entonces Rector Señor Cecilio Conditti de origen sindical, para viajar al extranjero y adquirir mayor experiencia en la industria textil. Esta fue, según sus palabras, “una valiosa oportunidad no sólo para los futuros ingenieros de fábrica sino también para el desarrollo de la industria local.”

Fernando Paolo de origen italiano, obrero calificado que trabajaba desde los 16 años en la fábricas, relata toda su historia educativa, que se inicia en las escuelas fábricas destacando esta “gran oportunidad que tuvo para acceder a la educación formal, ya que si no fuera que esas escuelas funcionaban en las mismas fábricas, no lo hubiera podido hacer.” Siempre estudió de noche y obtuvo de la escuela fábrica de la Nación Nº 3, el título de Técnico de fábrica, el 12 de Diciembre de 1952 y a través de la Secretaría de Trabajo y Previsión, de la escuela de Capacitación Obrera de la Nación Nº 44-CNAOP- el título de Tornero Mecánico de mayor capacitación en 1948. Según relata el Ingeniero Paolo, la población estudiantil de esa época era en su mayoría adultos mayores de treinta años, casados y con responsabilidades laborales de jerarquía en sus puestos de trabajo. Él era jefe de taller en una fábrica electromecánica y con ambiciones de ascender, por eso su mayor deseo era continuar estudiando en la Universidad y la creación de la UON le brindó la posibilidad. Al inicio de los cursos en la UON no había laboratorios, pero como era obligatorio el desarrollo de clases teórico- prácticas, las prácticas se llevaban a cabo en las industrias que tenían convenio con la Universidad.

Jorge Abal Ing. en Construcciones Navales fue el primer egresado en su especialidad. Abal destaca que uno de los problemas para los que trabajaban eran los horarios que tenían las materias que debían cursar. En el caso de la UBA, para una misma asignatura tenían la teoría en un horario y la práctica en otro, y en muchos casos con diferentes profesores, lo que implicaba una seria dificultad para asistir, a aquellos alumnos que además de estudiar trabajaban. Él considera que la UON fue una gran oportunidad de la época y que tenía sus bases en las carreras técnicas de Europa

cuya idea fue traída al país, por el Ing. Devoto Moreno, que fue el primero que pensó en una universidad para los técnicos. Agrega que trabajó desde muy joven y siempre tuvo deseos de estudiar, así que cuando se abre esta universidad, se le da la gran oportunidad de continuar sus estudios y pasa de ser técnico a ser Ingeniero en Construcciones Navales lo que le permitió trabajar hasta el día de hoy, como asesor y perito en la Industria Naval.

Héctor Mantelini fue el primer egresado en la especialidad Ingeniero en Construcciones de obra. Expresa que la única escuela industrial que existía era el Otto Krause, la mayoría de los alumnos de la UON provenían de ella. La población estudiantil de la UON, la conformaban no sólo los obreros, egresados de las escuelas fábricas, sino también los egresados de la escuela técnica. Comenta que en la Facultad de Ingeniería de la UBA, a los técnicos provenientes de las escuelas industriales se les exigía rendir 23 equivalencias como mínimo para equipararse con el bachillerato, que los habilitaba a inscribirse en forma directa, por considerarlos de menor nivel educativo a este bachillerato. No sólo esa era una de las trabas para continuar estudios universitarios. También menciona la dificultad de los horarios y la exigencia de los cursos teóricos prácticos. La UON, por sus características fuertemente sindicalistas afirma Mantelini, fue una alternativa que les permitió a los técnicos de la época, acceder a los títulos de ingenieros de especialidad y enfatiza que era un proyecto educativo del gobierno peronista.

Alfonso Silva Iglesias en su relato comenta que en 1955 fue citado en un bar por un ingeniero, que más adelante sería Decano de la Facultad Regional Avellaneda, Ingeniero Alberto Escardini, y le comenta informalmente que están organizando la apertura de esta regional y lo invita a incorporarse como alumno. Él era técnico y estaba muy interesado en estudiar Ingeniería Química. La carrera de Ingeniería e industrias químicas se abrió en Mayo del 55 con media docena de alumnos, en la actual Regional Avellaneda. Los que terminaron la especialidad en Industrias Química fueron dos, él y otro compañero y la universidad les garantizó que iba a otorgarles el título de Ingenieros. Esto se concreta en 1960, debido a que si bien las clases en la UON se inician en Marzo de 1953, y sus primeros egresados son de 1957, por la

polémica discusión respecto al título (Ingeniero de fábrica) queda en suspenso el otorgamiento de diplomas, hasta que en 1959 en el Congreso de la Nación se logra el cambio de la denominación de UON a UTN y el cambio del título de Ingenieros de fábricas a Ingenieros en cada especialidad, es así como en 1960 obtienen su diploma las dos primeras promociones entre 1957 y 1960.

Roberto Guillán es egresado del Otto Krause, Rector de la UTN en los años 80. Guillán relata que los primeros títulos se otorgaron en el año 1960, una vez que se sanearon las diferencias respecto a los títulos a otorgar. Por otra parte, considera que la UON fue una alternativa importante, ya que él ingresó a los 34 años de edad, casado y con compromisos laborales, pero logró obtener su título de Ingeniero, en el año 1960 con la primera colocación de grado de las dos promociones que egresaran entre 1957 y 1959 de las facultades: Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Santa Fe y Rosario.

Jorge Saavedra también egresado del Otto Krause en 1940 se vio obligado a viajar al interior del país, por razones gremiales y en 1950 se inscribió en la UBA y luego en la Universidad de La Plata, teniendo que abandonar sus estudios ante la dificultad de estudiar y trabajar. Manifiesta que era necesario crear una "regional" en las zonas donde había desarrollo industrial, existía una gran necesidad de capacitar a la gente para trabajar en su región, la práctica experimental era muy importante para el desarrollo de la industria nacional. Comenta que la formación técnica era una demanda social y la UTN cubrió ampliamente esa demanda. Recuerda que sin la constancia de trabajo en el área de conocimiento específico no podían seguir los estudios en la UON. Integró el centro de estudiantes de esa época como secretario, y trabajó en defensa de los derechos de los trabajadores del país. Aprobó la última materia "Antenas" en 1958. Actualmente integra la Comisión de radio y difusión del país.

Pedro Perez Lochet fue Jefe de Prensa del Rectorado y Director de alumnos, preparó los primeros diplomas que se entregaron en 1960 y participó de esa "inolvidable colocación de grado", la primera. Permitió que se editara una revista dirigida a los estudiantes se trataba

de un material de consulta y estudio, del que aún conserva los 12 ejemplares de la "Revista de la Universidad Obrera" evitó así que fueran quemadas durante el golpe del 55'. Sin embargo, no pudo evitarse que las llamas consumieran dentro de la actual Regional Buenos Aires, todos los documentos de su primer contrato fundacional, como "Universidad Obrera Nacional," especialmente lo que estaba ligado a los sindicatos y al gobierno peronista. No obstante su desaparición alumnos, docentes y empleados la defendieron consiguiendo su sobrevivencia, y más adelante que siguieran abriéndose regionales en casi todas las provincias.

Ing. Jorge Osvaldo Lamagni egresado del Otto Krause, quien se encontraba entre los alumnos que defendieron su existencia, Ing. Mecánico de la segunda promoción de la Regional Buenos Aires. Destaca que lograron "defender" el proyecto UTN, frente a los golpistas que querían cerrarla, que se trataba de egresados técnicos, de docentes y trabajadores que luchaban para que la institución permaneciera, por la importancia de la enseñanza que se impartía, no de sindicalistas los que estaban allí en su defensa. Así fue como lograron salvarla a tal punto que fue la única universidad que permaneció abierta en esa época y hoy se encuentra en casi todas las provincias argentinas, con más de treinta unidades académicas.

Se trata de narraciones e historias de los entrevistados, egresados de la Regional Buenos Aires, de la Regional Avellaneda y del Jefe de prensa del Rectorado de ese momento, algunos ya fallecidos al momento de esta publicación. Las vivencias de cada uno merecen quedarse en algún lugar de la historia del sistema educativo argentino, por lo que significó socialmente este acceso a los estudios en relación con las creencias en la educación para la movilidad social. Y para finalizar, es adecuado unir estos conceptos con los de Sandra Nicastro; "La historia se mueve hacia adelante", expresa la (1997)... "a historia siempre tiene que ser creada y descubierta una y otra vez por las generaciones vivas. Ese es el ambicioso objetivo que llevó a testimoniar los relatos obtenidos. Siguiendo a la autora, se rescata la importancia del relato al reconstruir la historia de la UTN, los distintos actores construyen, escriben, viven y organizan los datos

de su propia historia. El relato resulta de los procesos de historización y rememoración de sujetos y grupos que sostienen el trabajo de la memoria tanto individual como colectiva. "... El tiempo propio, está relacionado con la significación como criterio organizador, donde pasado y presente están imbricados y superpuestos. Se establecen múltiples relaciones. La historia parte del presente y desde allí se mira el pasado. El tiempo no es lineal, sino circular."

La fundamentación teórica que realiza Sandra Nicastro acerca de los testimonios, sintetiza de algún modo lo que se pretende lograr con el contenido del video. "El contenido da cuenta de legados culturales y sociales que cada sujeto porta, como lo expresado por ellos mismos al referirse que "la creación de esta Universidad nos permitió la inclusión al sistema de educación superior, que por ser egresados de escuelas técnicas y trabajar, no podíamos ingresar a la Ingeniería de la UBA, por ejemplo". Y siguiendo a la autora, "Historiar implica ligar y desligar recuerdos; asociar, relacionar, atribuir significados e intenciones. Poner palabras a lo pasado, construir distintas versiones... Hay distintos tipos de memoria, pero ¿qué recuerdos trae la memoria colectiva cuando se pregunta sobre la historia?" Sandra Nicastro (1997)

Conclusiones

Estos testimonios dan cuenta de los logros en relación a la movilidad social que supuso la creación de la UON y además manifiestan que fue la única alternativa que tuvieron para jerarquizar sus estudios técnicos, para ser ingenieros en la especialidad que cada uno trabajaba, y además lograr jerarquizarse en sus puestos de trabajos. La creación de la universidad permitió no solo la formación de ingenieros, sino también la alfabetización de las "provincias olvidadas" y la democratización de la Educación superior. La modalidad de creación de Facultades Regionales permitió además, que los trabajadores que deseaban continuar sus estudios en su lugar de origen (de nacimiento), en las diferentes provincias pudieran hacerlo sin necesidad de vivir el desarraigo, ese fue otro logro, brindándoles la formación en la especialidad que se requería, según la demanda de cada región del interior del país.

Este universo de experiencia de vida y logros, confirman las palabras de Sandra Nicastro respecto de que "cada relato es expresión de la subjetividad del relator atravesado por la cultura y el estilo institucional (...) quien narra da una intencionalidad, una dirección a su relato, se implica, está atravesado por sus significados que son producto de una construcción."

Referencias:

- DI TELLA - ZYMELMAN La Economía a Argentina, Facultad de Ciencias Económicas. UBA, Buenos Aires, 1963.
- GRACIARENA, J. "Desarrollo, educación y ocupaciones técnicas" en Revista de Ciencias de la Educación, Buenos Aires
- MOLLIS, M. La historia de la Universidad Tecnológica Nacional: Una Universidad para hombres y mujeres que trabajan. Revista N9 99 2do. bimestre, Fondo de Cultura Económica Buenos Aires, 1991.
- NICASTRO, S. La historia Institucional y el Director en la escuela: Versiones y relatos. Primera ed. Paidós, Buenos Aires, 1997.
- TEDESCO, J.C. Educación y Sociedad en la Argentina (1880-1945). Solar, Buenos Aires, 1986.
- VILELLA, V.L. Memorias de la Universidad Tecnológica Nacional. Creación. Ocaso. Expansión. Talleres gráficos Virgen del Valle Impresos, Villa Carlos Paz 1999.
- WEINBERG, G. Modelos educativos en la historia de América Latina, Kapelusz, Buenos Aires, 1984.
- WIÑAR, D. Aspectos Sociales del desarrollo educativo argentino, Revista del CEE, Vol IV.N 4, México, 1970.

Caracterización tecnológica de morteros con escombros de albañilería molido

Rubén Alberto López, Marcelo Masckauchan, Carlos Alberto Di Salvo, José Luis Verga, Alfredo Graich (1)

1 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires,
Departamento de Ingeniería Civil, Mozart 2300 (C1407IVT)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

lopezalberto49@hotmail.com

Recibido el 28 de Diciembre de 2012, aprobado el 25 de Febrero de 2013

Resumen

Se exponen resultados experimentales del análisis de las características técnicas, surgidas de la determinación de parámetros físicos y mecánicos, de escombros de albañilería obtenidos de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) provenientes de obras edilicias, y morteros producidos con ellos. La investigación marco denominada 'Factibilidad técnica y económica en la reutilización de escombros de albañilería resultantes de la demolición y construcción' toma resultados obtenidos de una anterior 'Caracterización de contaminantes de Residuos de la Construcción y Demolición en la Ciudad de Buenos Aires', realizada por el mismo equipo, que indicaba que el 90% (en peso) de los RCD analizados correspondía a escombros de albañilería.

PALABRAS CLAVE: ESCOMBRO MOLIDO - REUTILIZACIÓN - MORTEROS - RESISTENCIA A COMPRESIÓN - ADHERENCIA

Abstract

Presents experimental results of the analysis of technical features, arising from the determination of physical and mechanical parameters of masonry rubble obtained from the RCD from building sites, and mortar produced with them. The research framework is called 'Technical and economic feasibility of reuse of masonry rubble resulting from demolition and construction' and take results from a previous 'Characterization of contaminants from waste from construction and demolition in the City of Buenos Aires' by the same team, which indicated that 90% (in weight) of the RCD analyzed corresponded to rubble masonry.

KEYWORDS: GROUND RUBBLE - REUTILIZATION - MORTARS - RESISTANCE TO COMPRESSION - ADHERENCE

*Se desea destacar la colaboración en este proyecto de Silvio Bressan, María Elena Forzinetti, Jorge González Morón

Introducción

El objetivo del proyecto de investigación consiste en analizar la factibilidad técnica, económica y ambiental de reuso en origen, de los escombros de albañilería generados en obras edificaciones en zonas urbanas de alta densidad de ocupación, como árido para la elaboración de morteros de albañilería y hormigones de relleno.

En el proyecto "Caracterización de contaminantes de Residuos de la Construcción y Demolición RCD en la Ciudad de Buenos Aires", relizado por este mismo equipo, se estudiaron las fracciones de muestras aleatorias de 20 volquetes con RCD provenientes de obras de la C.A.B.A. (Di Salvo et al., 2007). El resumen de la cuantificación de cada fracción componente de dichos residuos se transcribe en la siguiente tabla:

Residuo	Porcentaje (%)
Escombros de albañilería	91,0
Madera	1,1
Papel y cartón	0,8
Metales	0,5
Plásticos	0,3
Yeso	0,2
Otros	6,1
TOTAL	100,0

Tabla 1: Cuantificación de cada fracción componente de residuos

De estos resultados se concluye la evidente preponderancia de la fracción "Escombros de albañilería" en relación al total de los residuos, conclusión que confirma los datos de los estudios tomados como antecedentes de la investigación mencionada. En consecuencia resultó adecuado plantear una investigación orientada a optimizar la reutilización de dichos residuos a fin de mejorar la gestión de los RCD en la industria de la construcción. Dicha mejora, por la incidencia de la fracción "Escombros de albañilería" expuesta, permite suponer a priori una ventaja ambiental, a verificar en el transcurso de la investigación, ya que significa una menor apropiación de materias primas como áridos y agregados y la reducción en peso y volumen del propio residuo a disponer.

Cabe señalar que el aprovechamiento de los escombros molidos resultantes de demoliciones o de material de albañilería excedente en las obras, es una técnica tradicional que se ha ido dejando en desuso, entre otros factores por las características del equipamiento requerido o la

cada vez mayor exigencia de reducción de los plazos de obra (Bressan et al, 2008). Sin embargo, ante una perspectiva actual de desarrollo sustentable, resulta apropiado estudiar la factibilidad de aplicación de esta práctica desde el punto de vista ambiental, técnico y económico.

El plan de trabajo propuesto incluye las siguientes etapas:

- Determinación de las cualidades técnicas del material obtenido con la reutilización del escombro de albañilería molido.
- Desarrollo de un protocolo que establezca una metodología y equipos apropiados para lograr la mayor eficiencia de la reutilización del escombro en obra.
- Finalmente la evaluación de las ventajas técnicas y económicas que pueda ofrecer la reutilización propuesta frente a las modalidades

actuales en la industria de la construcción, como asimismo las ventajas ambientales que surjan de su aplicación. (Municipalidad de Rosario, 2009)

En el presente trabajo se expone el avance efectuado en relación a la primer etapa, consistente en la determinación de diversos parámetros que permiten establecer las propiedades técnicas del material obtenido reemplazando parte del agregado fino por escombro de albañilería molido, en morteros destinados a mezcla de asiento para mampostería y a revoques. Los parámetros físicos y mecánicos determinados son aquellos considerados significativos y se obtuvieron mediante ensayos efectuados en el Laboratorio de Ingeniería Civil :

- Ensayos para la caracterización de los materiales utilizados
- Ensayos para la determinación de parámetros físicos y mecánicos de una mezcla de referencia

y las mezclas con escombros molidos:

- o Ensayos de consistencia
- o Ensayos a la flexión
- o Ensayos a la compresión
- o Ensayos de adherencia

Caracterización de los materiales utilizados en las mezclas a ensayar

A fin de determinar las cualidades técnicas del material obtenido con el escombros de albañilería molido, se compararon los parámetros físicos y mecánicos del mismo con una mezcla de referencia característica utilizada habitualmente para mezcla de asiento de mamposterías y para revoques. En definitiva las mezclas ensayadas fueron:

- Mortero 1 (Mortero de referencia): Mortero hidráulico reforzado con arena como árido fino
- Mortero 2: Mortero hidráulico reforzado con arena (75% en volumen) y escombros de albañilería molido (25% en volumen) como árido fino
- Mortero 3: Mortero hidráulico reforzado con arena (50% en volumen) y escombros de albañilería molido (50% en volumen) como árido fino. Por lo tanto, como primer paso se debían caracte-

terizar las fracciones del material utilizado como árido fino, tanto la arena, a fin de mantener las mismas características para las diversas muestras a ensayar, como el escombros de albañilería molido que la reemplaza en los morteros 2 y 3. En lo que hace a los aglomerantes, cal hidráulica y cemento portland, en todos los casos se mantuvieron las proporciones y se usaron materiales de la misma procedencia, cuyas características están certificadas por el fabricante.

Ensayos de caracterización de las fracciones de áridos

a) Determinación de la densidad relativa real y absorción de agregados pétreos finos (IRAM 1520/2002):

- o Densidad relativa real
- o Densidad en estado saturado superficie seca
- o Absorción

b) Análisis granulométrico de la arena (IRAM 1505/2005)

c) Análisis granulométrico del escombros de albañilería molido (IRAM 1505/2005)

Material	Densidad relativa real (Kg/m ³)
Escombros de albañilería molido	2375
Arena silíceo oriental	2610

Tabla 2: Densidad relativa real

Material	Densidad SSS (kg/m ³)
Escombros de albañilería molido	2322
Arena silíceo oriental	2560

Tabla 3: Densidad en estado saturado superficie seca

Material	Absorción (%)
Escombros de albañilería molido	8,69
Arena silíceo oriental	0,85

Tabla 4: Absorción

Tamiz N°	Peso retenido (g)	Peso que pasa (g)	Porcentaje que pasa (%)
4	0,8	518,9	99,8
8	1,7	517,2	99,5
16	2,6	514,6	99,0
30	14,9	499,7	96,1
50	267,1	232,6	44,7
100	217,2	15,4	3,0
200	13,4	2,0	0,4
Fondo	2,0	-	-

Tabla 5: Análisis granulométrico de la arena. Peso de la muestra: 519.7 g

R. A. López et al - Caracterización tecnológica de morteros...

Tamiz Nº	Peso retenido (g)	Peso que pasa (g)	Porcentaje que pasa (%)
4	0,0	500,8	100
8	50,4	450,4	89,9
16	60,6	389,8	77,8
30	46,2	343,6	68,6
50	56,9	286,7	57,2
100	70,3	216,4	43,2
200	132,9	83,5	16,7
Fondo	83,5	-	-

Tabla 6: Análisis granulométrico del escombros de albañilería molido.
Peso de la muestra: 500.8 g

Determinación de parámetros físicos y mecánicos de una mezcla de referencia y las mezclas con escombros molido

Con el propósito de determinar el desempeño de morteros para albañilería (es decir mezcla de asiento de mampostería, revoques de muros y carpetas) se propuso trabajar, como se señaló más arriba, con tres morteros diferentes. El mortero 1 o de referencia, utiliza como ligante cal hidráulica con la incorporación de una pequeña proporción de cemento Portland para aumentar su capacidad de desarrollo de resis-

tencia mecánica y, como agregado fino, arena silícea oriental. Los otros morteros tienen el mismo ligante y en igual proporción variando solo las características del agregado: en el mortero 2 se reemplaza $\frac{1}{4}$ en volumen de la arena silícea por escombros de albañilería molido, mientras que en el mortero 3 el reemplazo propuesto es de $\frac{1}{2}$ en volumen del árido original.

Se visualiza la composición de las tres mezclas propuestas, en volumen en Tabla 7 y en peso en Tabla 8.

	Mortero 1	Mortero 2	Mortero 3
Denominación	Mortero hidráulico reforzado (MHR)	Mortero hidráulico reforzado mixto (MHRM)	Mortero hidráulico reforzado mixto (MHRM)
Cal hidráulica	1	1	1
Cemento	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Arena	4	3	2
Escombros de albañilería molido	-	1	2
Agua	15%	15%	15%

Tabla 7: Relaciones en volumen

	Mortero 1	Mortero 2	Mortero 3
Denominación	Mortero hidráulico reforzado (MHR)	Mortero hidráulico reforzado mixto (MHRM)	Mortero hidráulico reforzado mixto (MHRM)
Cal hidráulica	5,15	5,26	5,37
Cemento	2,57	2,44	2,5
Arena	42,63	32,63	22,19
Escombros de albañilería molido	-	4,5	9,18
Agua	5,79	5,91	6

Tabla 8: Relaciones en peso (kg) - 25 litros de mezcla

PROYECCIONES - Publicación de investigación y posgrado de la Facultad Regional Buenos Aires

Los pesos de agua de mezcla utilizados en cada uno de los tres casos se establecieron fijando como criterio el obtener pastas de igual consistencia, adoptando un valor de 50%, determinado según la norma IRAM 1570/1994 "Determinación de la consistencia por el método de escurrimiento", la que permite una adecuada trabajabilidad. (Ver Imagen 1)

Determinación de las resistencias a flexión y compresión

En una primera etapa se moldearon 3 probetas prismáticas de cada mortero siguiendo los

lineamientos de la Norma IRAM 1622/2006. De cada mortero se ensayó una probeta a los 7 días de edad, una a los 14 días de edad y la restante a los 28 días. Cabe aclarar que cada probeta permite realizar un ensayo de flexión y dos ensayos de compresión. Los resultados de resistencia a flexión y promedio de los dos ensayos de compresión se indican en las tablas 9 y 10.

En las imágenes 2 a 5 se observan el equipamiento y dispositivos utilizados para distintos ensayos para la evaluación de parámetro de resistencia a la flexión y compresión.



Imagen 1. Disco de asentamiento y molde para determinación de consistencia



Imagen 2. Probeta con dispositivo para ensayo de flexión

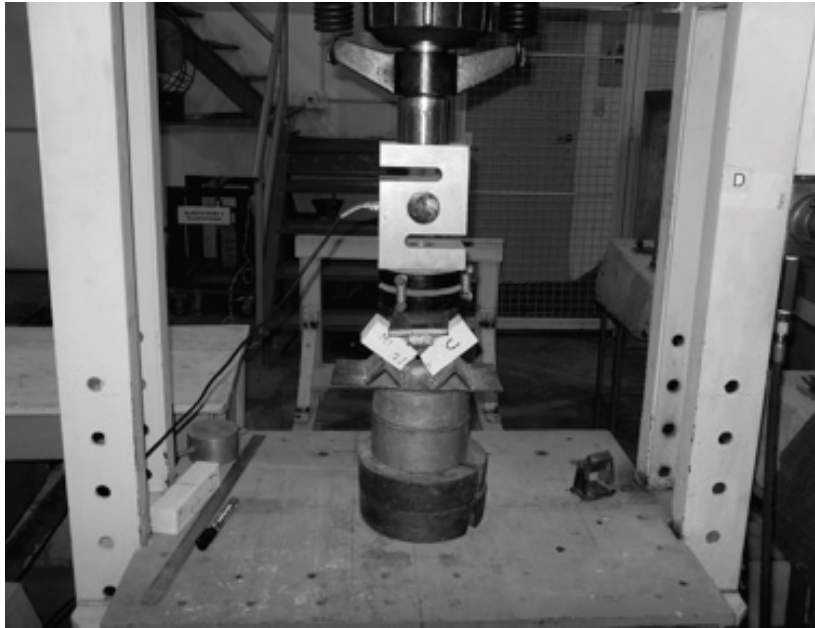


Imagen 3. Probeta con dispositivo para ensayo de flexión

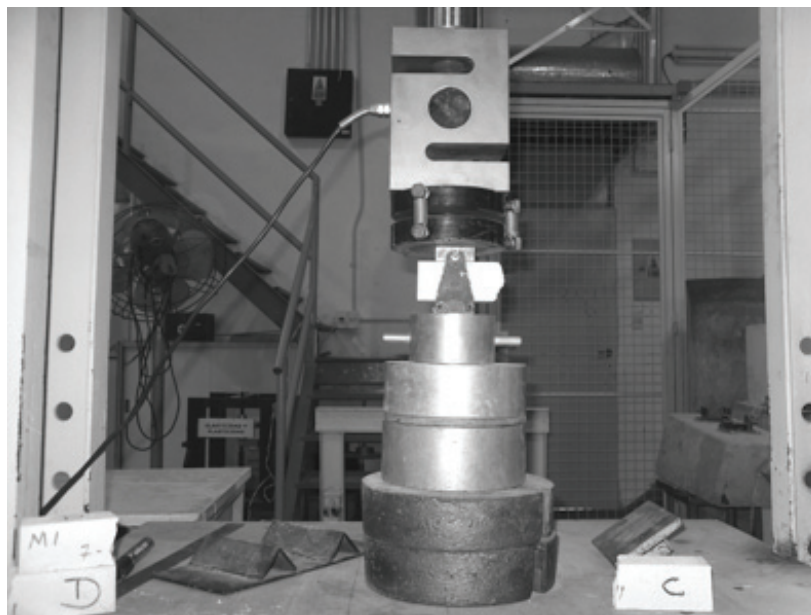


Imagen 4. Probeta con dispositivo para ensayo de compresión

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	*	0,23	0,46
Mortero 2	0,23	0,46	0,46
Mortero 3	0,46	0,46	0,69

Tabla 9: Resistencia a la flexión en MPa

*El dispositivo de detección de carga no acusó registro

PROYECCIONES - Publicación de investigación y posgrado de la Facultad Regional Buenos Aires

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	0,55	0,64	0,95
Mortero 2	1,17	1,47	1,35
Mortero 3	2,18	2,68	3,56

Tabla 10: Resistencia promedio a la compresión en MPa

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	-	0,23	0,23
Mortero 2	0,23	0,23	0,46
Mortero 3	0,23	0,69	0,69

Tabla 11: Resistencia a la flexión en MPa

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	0,77	0,77	0,86
Mortero 2	0,92	1,23	1,56
Mortero 3	2,09	2,94	3,07

Tabla 12: Resistencia promedio a la compresión en MPa

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	0,23	0,23	0,23
Mortero 2	0,23	0,23	0,23
Mortero 3	0,46	0,69	0,69

Tabla 13: Resistencia a la flexión en MPa

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	0,80	0,86	1,04
Mortero 2	0,95	1,04	1,53
Mortero 3	2,64	3,07	3,34

Tabla 14: Resistencia promedio a la compresión en MPa

Determinación de la adherencia (Norma IRAM 1764/2003)

Utilizando los mismos morteros se realizaron ensayos de adherencia construyendo probetas conformadas por tres ladrillos macizos cerámicos pegados en dos tercios de su superficie lateral como se observa en la Figura 1:

Por cada mortero se realizaron tres probetas las que se ensayaron a los 28 días de edad. Los resultados de cada una se promediaron. Para obtener el valor de adherencia se dividió cada valor de carga de rotura por la superficie de contacto entre los tres ladrillos. En la tabla 15 se informan estos resultados.

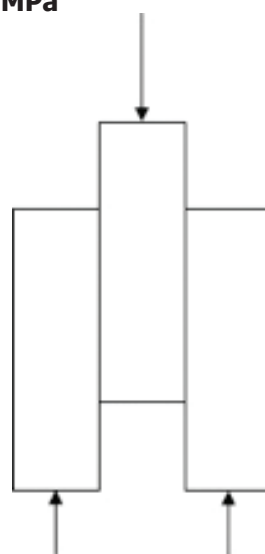


Fig. 1. Conformación de probetas

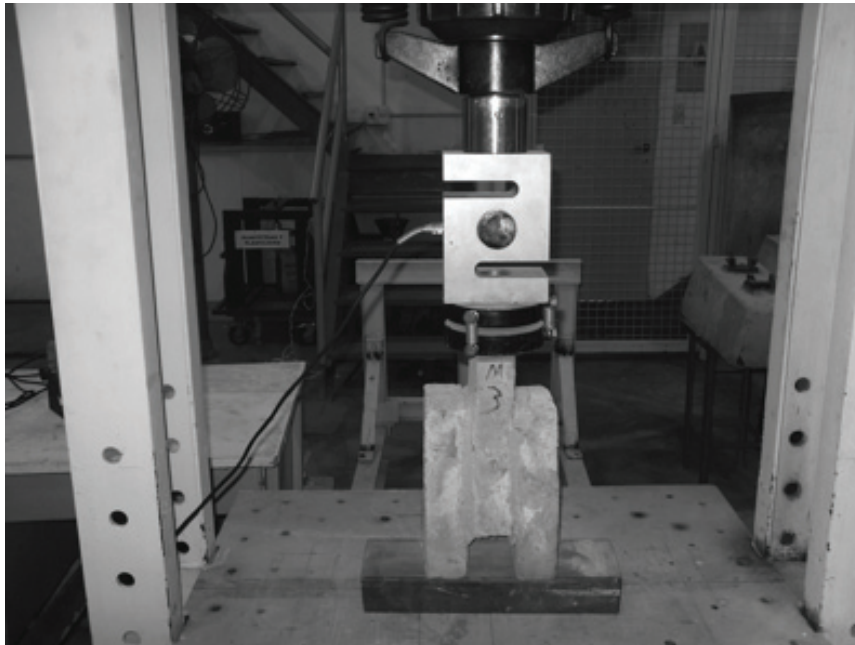


Imagen 5. Ensayo de adherencia

Tipo de mortero (denominación)	Adherencia (MPa)
Mortero 1	0,20
Mortero 2	0,23
Mortero 3	0,26

Tabla 15: Valores de Adherencia (MPa)

Conclusiones

De los resultados obtenidos resulta notable el aumento de la resistencia a la flexión y especialmente a la compresión en los morteros donde se reemplaza parte de la arena silíceo por el escombros de albañilería molido, llegando en el caso del mortero 3 (donde el agregado es mitad arena y mitad escombros molido) a triplicar la resistencia a la compresión. Las hipótesis que se plantean para explicar este comportamiento son dos:

1. En primer lugar el aumento de la fracción de partículas que pasan el tamiz N° 200 (0.4% en la arena silíceo y 16.7% en el escombros molido) (Ver Tablas 5 y 6), lo que implica una reducción de los espacios vacíos y por lo tanto mayor compacidad del mortero, resultando en una mayor resistencia (flexión y compresión) del material endurecido.

2. En menor medida también es esperable un aumento de resistencia (flexión y compresión)

por la aparición de cierta capacidad aglomerante adicional aportada por el carácter hidraulizante de la mezcla de cerámica finamente molida (proveniente del escombros) con el hidróxido de calcio (la cal hidráulica).

Se entiende que deberán realizarse más ensayos que confirmen la tendencia evidenciada en este trabajo y efectuar ensayos de densidad del mortero endurecido para demostrar el aumento de compacidad propuesto en la hipótesis anterior.

Referencias

- BRESSAN, S. A.; BUGALLO, A. I.; DI SALVO, C. A.; FORZINETTI, M. E.; GRAICH, A. M.; GONZÁLEZ MORÓN, J.; MASCKAUCHAN, M.; MAZZEI, H.; VERGA J. L. (2008) "Investigaciones ambientales en Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires: su potencialidad pedagógica y formativa." Revista Proyecciones - Publicación de Posgrado e Investigación de la Facultad Regional Buenos Aires, UTN, Vol. 6, Nº 1, pp. 43 – 51.
- DI SALVO, C. A.; BRESSAN, S. A.; BUGALLO, A. I.; FORZINETTI, M. E.; GRAICH, A. M.; GONZÁLEZ MORÓN, J.; MASCKAUCHAN, M.; VERGA J. L.; LÓPEZ, A. R., (2007) "Avances en 2007 de la caracterización de contaminantes de RCD en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires". 6º Encuentro PROCMA, San Nicolás.
- Municipalidad de Rosario, "Buenas prácticas ambientales en la construcción", 2009, www.cimpar.org.ar
- Norma IRAM 1505. 2005. Agregados. Análisis granulométricos. 12 pp. Buenos Aires.
- Norma IRAM 1520. 2002. Agregados finos. Métodos de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua. 14 pp. Buenos Aires.
- Norma IRAM 1570. 1994. Morteros para mampostería. Determinación de la consistencia. Método de escurrimiento. 6 pp. Buenos Aires.
- Norma IRAM 1622. 2006. Cemento Portland. Métodos de laboratorio de determinación de las resistencias a la compresión y a la flexión. 25 pp. Buenos Aires.
- Norma IRAM 1764. 2003. Morteros para mampostería. Métodos de ensayo de adherencia de los revoques y las carpetas. 11 pp. Buenos Aires.

INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

El presente instructivo reúne las condiciones generales de presentación y formato e información general para todos los interesados en remitir sus contribuciones.

Presentación de los textos

Los trabajos, en versión impresa (original y copia), podrán ser remitidos a los miembros del Comité Editorial:

Lic. Gladys Esperanza, Lic. Juan Miguel Languasco, Mg. Fernando Gache

proyecciones@frba.utn.edu.ar

Facultad Regional Buenos Aires,
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
Medrano 951 (C1179AAQ) Buenos Aires, República Argentina

Recomendaciones generales

Proyecciones es una publicación destinada a un público amplio, con formación específica en diferentes campos del conocimiento, que se distribuye en diversos países de habla castellana. Por tal razón, se recomienda a los autores preservar la pureza y la claridad idiomática de sus textos y evitar el uso de vocablos de uso corriente en disciplinas particulares, pero no conocidos (o con significado distinto) en otros ámbitos. Asimismo, no deberán emplearse palabras derivadas de traducciones incorrectas (por ejemplo, asumir en lugar de suponer, o librería por biblioteca) o pertenecientes a otros idiomas, salvo cuando no existan en castellano equivalencias válidas, o cuando se refieran a técnicas o procesos conocidos por su denominación en la lengua original.

Se recomienda también evitar el uso indiscriminado de mayúsculas cuando se haga mención sustantivos comunes, como por ejemplo elementos químicos o técnicas particulares.

Es conveniente, en todos los casos, efectuar una adecuada revisión ortográfica y de sintaxis de los textos antes de su envío.

Pautas específicas

Se deberán contemplar las siguientes pautas:

La presentación corresponderá a un formato adecuado para hojas tamaño A4 (21 cm x 29,7 cm) escritas con interlineado simple, conservando los siguientes márgenes: superior e inferior, 2,5 cm; derecho e izquierdo, 3 cm; encabezado y pie de página, 1,2 cm. La fuente escogida es Tahoma, tamaño 12. Se recomienda muy especialmente a los autores respetar esta pauta, pues las conversiones posteriores desde otras fuentes, diferentes a la mencionada, pueden representar la distorsión o la pérdida de caracteres especiales, como las letras griegas. Se deberá emplear sangría en primera línea de 1 cm y alineación justificada en el texto.

En la página inicial se indicará el título en negrita, centrado y con mayúscula sólo en la primera letra de la palabra inicial; en otro renglón, también en negrita, iniciales y apellido del (de los) autor(es) y, finalmente, en itálica, el nombre y la dirección postal de la(s) institución(es) a la(s) que pertenece(n), junto con la dirección de correo electrónico del autor principal. Este autor será el enlace con el Comité editorial para todos los requerimientos vinculados con la publicación. Se recuerda que a los efectos de esta publicación solo se listarán debajo del título hasta cinco autores, figurando los restantes en el pie de la misma página.

A continuación, dejando tres espacios libres, el texto, en espacio simple, comenzando con un resumen de 50 a 100 palabras, en castellano e inglés, también en negrita y con tamaño de fuente 10. Luego del resumen, deberán consignarse las palabras clave que orienten acerca de la temática del trabajo, hasta un máximo de cinco. Asociaciones válidas de palabras (por ejemplo, contaminación ambiental, fluorescencia de rayos X) se considerarán como una palabra individual.

Se aconseja ordenar al trabajo de acuerdo a los siguientes ítems: Introducción, Parte Experimental, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si existieren) y Referencias. Cada uno de ellos tendrá categoría de título y deberá ser presentado en forma equivalente al título original del trabajo, en negrita y centrado, mientras que los subtítulos se consignarán en el margen izquierdo y en negrita. Ninguno de estos ítems deberá ser numerado. La extensión del trabajo no podrá ser mayor que 20 páginas.

El autor principal deberá remitir su trabajo en soporte electrónico y diagramado en la forma propuesta para la versión final impresa.

Sólo se aceptarán trabajos realizados íntegramente en Microsoft Word.

Tablas y Figuras

Las figuras deberán ser ubicadas en el texto, en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y leyendas explicativas al pie. Las imágenes fotográficas deberán estar al tamaño 1.1 a 300 ppi, en formato tif, jpg o eps. Los gráficos o dibujos se presentarán, preferentemente, en vectores (formato .cdr o .ai); en el caso de estar presentados en forma de mapa de bits su resolución en 1.1 deberá ser mayor a 800 ppi. No podrán reproducirse figuras en color salvo en casos excepcionales que quedan a juicio del Comité Editorial, cuando el uso del mismo redunde en un cambio muy significativo de la comprensión técnica del trabajo.

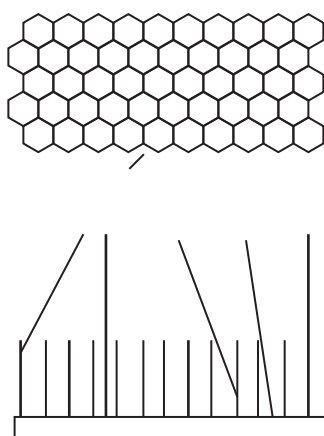


Fig. 1. Ejemplo de ubicación de la figura y su leyenda explicativa (centrada, en negrita y fuente 10)

Las tablas se incluirán en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y acompañadas con un título auto-explicativo en el encabezado.

Tabla 1. Ejemplo de formato para tabla y título (centrada, en negrita y fuente 10)

Magnitud	Condición A	Condición B
Magnitud A	1a	1b
Magnitud B	2a	2b

Agradecimientos

Los agradecimientos deberán ser escuetos y específicos, vinculados al trabajo presentado. Serán suprimidos los de naturaleza general o no aplicables a la contribución.

Referencias

Las referencias se consignarán en el texto indicando el apellido del autor (o primer autor, en trabajos de autoría múltiple) y el año de la publicación. Ejemplos: Gould (1958); Sah y Brown (1997); Probst y colaboradores (1997). Cuando la referencia se coloque a continuación de una oración completa en el texto, la forma indicada se convertirá en: (Gould, 1958). Las referencias múltiples se indicarán bajo un único par de paréntesis; ejemplo: (Sah y Brown, 1997; Probst y colaboradores, 1997). El ítem Referencias contendrá todas las citas consignadas en el texto, ordenadas alfabéticamente, tomando el apellido del primer autor. Los artículos incluidos en publicaciones colectivas deberán figurar en el orden: apellido e iniciales de todos los autores; entre paréntesis, año de publicación; abreviatura internacionalmente aceptada de la publicación; volumen; primera página del artículo. Las referencias a libros consignarán iniciales y apellido de todos los autores; título; página (si corresponde); editorial: Ejemplos:

GOULD, E. S. (1958) *Curso de Química Inorgánica*. Selecciones Científicas, Madrid, España.

PROBST, T.; BERRYMAN, N.; LARSSON, B. (1997) Anal. Atom. Spectrom. 12, 1115.

SAH, R.; BROWN, P. (1997) Microchem. J., 56, 285.

No deberán incluirse, bajo el ítem **Referencias**, citas bibliográficas no mencionadas específicamente en el texto del trabajo.

Mecanismos de Aceptación y Normativa General

Los trabajos serán revisados por reconocidos especialistas, designados por el Comité Editorial. El dictamen será, en cada caso: a) aprobado en su versión original; b) aprobado con pequeñas modificaciones; c) revisado, con necesidad de modificaciones significativas; d) rechazado. En los casos diferentes a su aprobación directa, el trabajo será enviado al autor principal. Cuando se trate de cumplir con modificaciones sugeridas por los árbitros, el trabajo será sometido a una nueva evaluación.

El envío de una contribución para *Proyecciones* supone que ésta no ha sido publicada previamente y, adicionalmente, la cesión de los derechos de publicación por parte de los autores. Cuando el trabajo ha sido ya presentado en una reunión científica (sin publicación de actas) o inspirado en una presentación de esta naturaleza, se aconseja citar la correspondiente fuente. Con el fin de formalizar la cesión de los derechos antes mencionados, el autor principal deberá cumplimentar el formulario de Autorización y Declaración Jurada para la Publicación de un Artículo que se encuentra a continuación. El mismo deberá ser completado, firmado y remitido al Comité Editorial como requisito previo a la publicación.

Autorización y Declaración jurada para la publicación de un artículo

1. Identificación del trabajo:

Título: _____
Área de conocimiento: _____
Nº de páginas del trabajo: _____
Fecha de envío del archivo y del soporte magnético: / /

2. Identificación del autor/a:

Nombre y Apellido del Autor/a: _____
Tipo y Nº de documento: _____
Domicilio: _____

3. Identificación Institucional:

Universidad y/o organismo: _____
Dependencia / departamento: _____
Domicilio: _____

En calidad de titular de los derechos de autor del mencionado trabajo, **autorizo** a la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, **a publicar, sin resarcimiento de derechos de autor**, conforme a las condiciones arriba indicadas, en medio electrónico, en la red mundial de computadoras, en la colección de proyectos de investigación de la Facultad Regional Buenos Aires, en su versión en línea e impresa y sitios en las que esta última haya otorgado licencias, para fines de lecturas, impresión y/o descarga por Internet, **a título de divulgación de la producción científica generada por la Universidad**, a partir de la fecha.-----

Deslindo a la Facultad Regional Buenos Aires y a la Universidad Tecnológica Nacional de toda responsabilidad legal que surgiera por reclamos de terceros que invoquen la autoría del artículo cuya publicación se efectúe.-----

He sido informado que puedo registrar mi trabajo de investigación en el Registro de la Propiedad Intelectual, no siendo responsable la Universidad Tecnológica Nacional y/o Facultad Regional Buenos Aires por la pérdida de los derechos de autor por falta de realización del trámite ante la autoridad pertinente.-----

Asimismo, quedo notificado que para obtener el título de "Patente de Invención" es necesario presentar la solicitud de patente dentro del año de la publicación o divulgación. (art. 5 Ley 24.481).-----

Declaro bajo juramento que el presente trabajo es una obra inédita, verídica y todos los datos e información consignados en el mismo se encuentran bajo mi exclusiva responsabilidad. Garantizo que la obra no contiene ningún planteamiento ilícito y que no infringe algún derecho de otros. -----

.....
Nombre y Apellido

.....
Firma

.....
DNI/ LC /LE /Pasaporte



Doctorado, Maestrías y Carreras de Especialización

Doctorado en Ingeniería

Mención en Procesamiento de Señales e Imágenes

Magíster en Administración de Negocios

Magíster en Docencia Universitaria

Magíster en Ingeniería Ambiental

Magíster en Ingeniería en Calidad

Magíster en Ingeniería en Sistemas de Información

Magíster en Tecnología de los Alimentos

Magíster en Procesos Biotecnológicos

Especialista en Docencia Universitaria

Especialista en Ergonomía

Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo

Especialista en Ingeniería Ambiental

Especialista en Ingeniería en Calidad

Especialista en Ingeniería en Sistemas de Información

Especialista en Ingeniería Gerencial

Especialista en Tecnología de los Alimentos

Cursos de Posgrado

Dirección de Empresas

Higiene y Seguridad del Trabajo

Automación Industrial

Formulación y Evaluación de Proyectos

Sistemas Integrados de Gestión-Calidad, Medio Ambiente y Salud, y Seguridad Ocupacional



Carreras de Grado

Ingeniería Civil

Ingeniería Eléctrica

Ingeniería Electrónica

Ingeniería Industrial

Ingeniería Mecánica

Ingeniería Naval

Ingeniería en Sistemas de la Información

Ingeniería Química

Ingeniería Textil

Ciclos de Licenciatura

Licenciatura en Ciencias Aplicadas

Licenciatura en Tecnología Educativa

Licenciatura en Gestión de la Producción Gráfica

**Proyecciones se terminó de imprimir en los talleres gráficos de Baegraf,
Aráoz de Lamadrid 1920 (C1288AAB)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina,
Mayo de 2013**