

# Rumbos Tecnológicos

 Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Avellaneda

Publicación de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado

ISSN (versión impresa): 1852-7698 (versión en línea): 1852-7701. Volumen 3. Septiembre 2011



# Rumbos Tecnológicos

Publicación de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado

## **Rector de la Universidad Tecnológica Nacional**

Ing. Héctor Carlos Brotto

## **Decano**

Ing. Jorge Omar Del Gener

## **Secretario de Ciencia, Tecnología y Posgrado**

Mgr. Ing. Lucas Gabriel Giménez

Volumen 3

Septiembre de 2011

ISSN (versión impresa): 1852-7698

ISSN (versión en línea): 1852-7701

Registro de Propiedad Intelectual: 893834

## ***Director***

Dr. Isaac Marcos Cohen

## ***Comité Editorial***

Ing. Adriana Beatriz García

Ing. Luis Muraca

Mgr. Ing. Jorge Guillermo Machalec

## ***Asesor***

Lic. José A. Valentini

## ***Colaboración Técnica***

Victoria Senia

## ***Diseño y Diagramación***

Lic. Marina De Giobbi

## ***Propietario***

Facultad Regional Avellaneda

Av. Mitre 750 (CP 1870)

Avellaneda,

Provincia de Buenos Aires,

Argentina.



*Toda información, opinión o juicio vertidos en los trabajos publicados en Rumbos Tecnológicos es responsabilidad de sus autores y no constituye toma de posición por parte de la Facultad Regional Avellaneda.*

*Se permite la reproducción parcial de los contenidos de esta publicación, previa solicitud a su Director.*

## ÍNDICE

<i>Editorial</i> .....	5
<b>Artículos de investigación</b>	
• Evolución de la investigación científica y tecnológica en la Argentina: necesidades actuales.....	7
<i>Autores:</i> Edmundo I. Cabrera Fischer, Abel Luis Agüero	
• Estimación de la composición azeotrópica de la mezcla etanol-agua.....	17
<i>Autores:</i> Alfredo Menéndez, Juan Montesano, Enrique Braga, Diego García, Jorge Taboada.	
• Análisis técnico- económico para la producción de ácido láctico a partir de marlo.....	31
<i>Autor:</i> Jorge Guillermo Machalec	
• Efectos del viento y de las emisiones de óxidos de nitrógeno de los partidos limítrofes sobre la calidad del aire de la ciudad de Buenos Aires.....	51
<i>Autores:</i> Nicolás A. Mazzeo, Laura E. Venegas	
• Entornos virtuales como complemento al aula presencial en el nivel universitario: aportes de una experiencia en probabilidad y estadística.....	75
<i>Autores:</i> María Cristina Kanobel, Andrea Virginia Alvarez	
• Importancia de la trazabilidad de datos nucleares: aplicación a la renormalización de reacciones umbral sobre isótopos del germanio.....	85
<i>Autores:</i> María del Carmen Ali Santoro, María Celeste Fornaciari Ilijadica, Juan Carlos Furnari, Isaac Marcos Cohen	
• Desarrollo de un sistema de observación y análisis climático y ambiental. Diseño de estaciones agrometeorológicas automáticas NIMBUS THP.....	95
<i>Autores:</i> Marcelo C. Belloni, Mario D'Indio, Rafael O. Rodríguez, Norberto R. Fernández, Andrés F. Moltoni, Ángel D. Blasón	
• Adición de fructano natural en la formulación de una salsa.....	107
<i>Autores:</i> María de los Ángeles Borda, Maxiliano Argumedo Moix, Arturo Algueiro, Lucía de Rosa, Patricia Della Rocca	
• La formación en tecnología del hormigón del estudiante de ingeniería civil en la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional.....	123
<i>Autora:</i> Adriana Beatriz García	
<i>Instrucciones para los Autores</i> .....	141



## Editorial

Actualmente, la Universidad argentina tiene más compromisos con la comunidad que los que tenía décadas atrás, ya que a la responsabilidad básica de formar profesionales se le fue agregando la de realizar tareas de extensión, brindar educación de posgrado y efectuar trabajos de investigación y desarrollo.

Haciendo referencia a estos dos últimos aspectos, es importante destacar que si bien, tanto las actividades de Investigación como las de Educación de Posgrado pueden considerarse jóvenes en la Facultad Regional Avellaneda, dado su carácter relativamente reciente, son dos pilares muy importantes que jerarquizan nuestro desenvolvimiento como alta casa de estudios. A quienes nos encontramos cumpliendo el rol de autoridades nos cabe entonces la obligación de administrar los recursos humanos y materiales dedicados a ellas, con el fin de lograr la máxima eficiencia en su avance.

En esta búsqueda constante, hemos dado en noviembre del pasado año un paso que consideramos trascendente, al llevar a cabo la articulación entre la formación de Posgrado y las tareas de Investigación y Desarrollo, ya que de esta forma, la Educación de Posgrado pasó a desarrollarse en el ámbito de la hasta entonces Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, que cambió su denominación por la de Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado, mientras que la Escuela de Posgrado se constituyó en Dirección de Posgrado.

Entendemos que, a partir de esta medida, Posgrado e Investigación se refuerzan mutuamente, ya que el candidato a Magíster o a Especialista encuentra un ámbito propicio para la realización de su tesis o trabajo de integración, dado que esta labor se realiza en consonancia con las líneas de Investigación en ejecución, e incluso como parte de ellas.

*Rumbos Tecnológicos* se nutre fundamentalmente de los trabajos de Investigación en los que participan investigadores de nuestra Facultad y de los trabajos finales de nuestros aspirantes en carreras de Posgrado. Este nuevo número es una muestra de su cristalización exitosa y espero que el lector pueda disfrutar con su lectura.

*Ing. Jorge Omar Del Gener*

*Decano*



## **EVOLUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN LA ARGENTINA: NECESIDADES ACTUALES**

**Edmundo I. Cabrera Fischer<sup>1,2,3</sup>, Abel Luis Agüero<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, Dirección de Posgrado. Avenida Mitre 750 (1870) Buenos Aires, República Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Avenida Medrano 951 (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina.

<sup>3</sup> Universidad de Buenos Aires, Escuela de Graduados en Ingeniería de la Empresa. Paseo Colon 850 (C1063ACV), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

<sup>4</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Medicina, Departamento de Humanidades. Paraguay 2155 (C1121ABG) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

*\*Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*

*Correo electrónico: eicfischer@gmail.com*

Recibido el 17 de junio de 2011; aceptado el 20 de julio de 2011.

### **Resumen**

El principal objetivo de la investigación científica es obtener nuevos conocimientos e invenciones, que pudieran contribuir al desarrollo tecnológico de los países. Estas simples e importantes premisas no son siempre bien comprendidas y se sufren daños económicos, los cuales incluyen la "fuga de cerebros", es decir la emigración de investigadores científicos. En este trabajo se resume la evolución histórica de la organización de la investigación científica nacional y se generan hipótesis acerca de las bases para un debate sobre desarrollo científico y tecnológico.

**Palabras clave:** desarrollo científico, investigación científica, tecnología

### **Abstract**

The main purpose of the scientific research is to obtain new knowledge and inventions in order to contribute to the technological development of the countries. These important and simple premises are not always well understood; consequently several economical damages are suffered including the called "brain drain", that is to say emigration of scientific researchers. In this work, the historical evolution of the national organization of the scientific research is summarized and the bases for a debate around new politics in science and technology development are hypothesized.

**Key words:** scientific development, scientific research, technology

## Introducción

A lo largo de la historia el progreso de los pueblos debió originarse en distintas políticas, las que seguramente evolucionaron hacia la forma actual. En el pensamiento de Bernardo Houssay, *La investigación científica es una base esencial de la potencia e independencia de un país y de su jerarquía en el concierto de las grandes naciones. El prestigio de una nación depende de la obra original de sus sabios, pensadores y artistas.* (Barrios Medina y Paladini, 1989, p. 584)

La **tecnología** puede ser definida como la reproducción sistemática de prototipos nacidos de los proyectos de investigación y desarrollo. Se considera que la tecnología es un proceso cuando está refiriéndose a las actividades que realiza el hombre para unir el conocimiento científico, con el tecnológico, el técnico y el empírico (García Córdoba, 2005).

Por lo expresado queda claro que frente a una necesidad es un investigador el que va a responder una pregunta no contestada o inventar un prototipo para solucionar un problema no resuelto. La etapa tecnológica del conocimiento también es referida a aquella que se encuentra a niveles industriales y empresariales. Es decir que es posterior a la investigación científica (Cabrera Fischer, 2006).

El fin de una investigación es generar publicaciones para engrosar el conocimiento universal y/o generar patentes para proteger legalmente una invención de terceras partes que pudieran explotarla comercialmente sin autorización.<sup>1</sup> Por lo expuesto, se entiende que haya que pagar por los derechos de fabricar un producto que estuviera relacionado con una patente. Volviendo al pensamiento de Houssay: *En un país agropecuario, como el nuestro, debe intensificarse el estudio intenso de las materias básicas... Es indispensable que existan laboratorios de actividad permanente donde se cultiven a fondo estas ciencias, si queremos ver florecer las aplicaciones científicas.* (Barrios Medina y Paladini, 1989, p., 584).

La importancia del desarrollo científico y tecnológico es comprendida pero no concretada en la práctica; a pesar de esto la actividad científica *tendrá siempre, quiera o no, una influencia social, económica y/o política y, b) el método científico constituye un poderoso medio de transformación de la realidad y del cambio social.* (Dieterich, 1999).

Al presente, la Argentina cuenta con varios premios Nobel y científicos de reconocido nivel internacional, pero no ha logrado el desarrollo tecnológico equiparable al de Brasil, país que no ha llegado a tener científicos tan galardonados como los del Cono Sur. Así planteado el problema, tal vez fuera necesario un análisis de los posibles determinantes del estado actual del desarrollo tecnológico argentino.

Los objetivos de este trabajo son:

- a) Resumir las etapas de la investigación científica en el país y la problemática generada a partir de la formación de investigadores dentro de un sistema nacional.
- b) Generar hipótesis sobre las posibilidades futuras que encaminen la investigación científica para que logren establecer una etapa tecnológica en la mayoría de los casos.

## Etapas de la investigación científica en el país

En un análisis del desarrollo de la ciencia y el rol del estado en la Argentina, Kohn Loncarica (1992) realiza una división de las distintas etapas en que fue evolucionando la investigación en el territorio nacional. Una revisión modificada de las mismas se realiza a continuación, en una suerte de resumen que atraviesa más de doscientos años de historia.

---

<sup>1</sup> Según la European Patent Organization.

**Período colonial (1536-1810):** en esta etapa se desarrollaron las investigaciones en ciencias naturales y humanas, las que estuvieron a cargo fundamentalmente de los jesuitas. Por parte de la corona española hubo investigaciones de tipo geográficas, destinadas fundamentalmente a lo relacionado con la demarcación de límites.

**Período independentista (1810-1830):** dadas las circunstancias y el pensamiento de la época, la ciencia era utilizada para la liberación del hombre a través del pensamiento y no se pensaba en ella como un camino hacia la producción. No obstante, se fundan casas de altos estudios y museos, y hay investigaciones a cargo de expertos europeos contratados. Asimismo persisten las investigaciones geográficas.

**Período de la Confederación (1830-1852):** con Rosas al frente de la confederación y gobernadores en estados provinciales muy independientes, el estado no prioriza la ciencia y la investigación a lo largo de más de 20 años de retroceso.

**Período de la Organización Nacional (1852-1868):** se inicia aquí un proceso de integración al mundo, basado en la alfabetización, la inmigración y la producción agrícola. Se contratan profesores europeos y se subsidian investigaciones geográficas.

**Período de Sarmiento y Avellaneda (1868-1880):** Este período se caracteriza por el apoyo a las ciencias básicas y a la investigación pura. Se crea el Observatorio de Córdoba (Babini, 1971) y se contrata a Benjamín Gould, que realiza el primer mapa del cielo austral (Figura 1).



Figura 1. Vista del frente del Observatorio de Córdoba, testimonio aún vigente de la preocupación de Domingo Faustino Sarmiento por la investigación científica. En este edificio, en el barrio del mismo nombre que la ciudad, entre 1871 y 1879 se confeccionó un mapa astronómico del Hemisferio Sur bajo la dirección del Dr. Benjamín Gould (Babini, 1971). Fotografía de los autores.

**Período de la Generación del ochenta (1880-1910):** Se continúa con la creación de institutos y la contratación de investigadores extranjeros. Comienzan las publicaciones científicas con impacto internacional.

**Período del Centenario a 1930 (1910-1930):** El modelo agroexportador se encuentra muy afianzado y se produce la reforma universitaria, nacida en Córdoba. Houssay funda el Instituto de Fisiología, del cual surgirán tres premios Nobel. Einstein visita el país.

**Período de la Década Infame (1930-1943):** Con esta denominación se alude al fraude electoral y al derrumbe de las instituciones jurídicas y políticas. En éste período nacen emprendimientos científicos privados debido a las convulsiones políticas. Yacimientos Petrolíferos Fiscales crea su propia área de investigación, lo cual pinta de cuerpo entero el rol de la misma en el crecimiento productivo. En 1934 se crea la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias.

**Período de la revolución de 1943 a la de 1955:** Se crean institutos de investigación privados sin el apoyo estatal. Hay exilio de numerosos científicos, debido a las convulsiones políticas. Se crea la Comisión Nacional de Energía Atómica y un embrión del CONICET. Asimismo se inaugura el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA).

**Período de desarrollo de las ciencias básicas (1955-1966):** Hay continuidad en el desarrollo de las ciencias básicas.<sup>1</sup> Este lapso también ha sido llamado “etapa científicista”. Se instalaron modelos norteamericanos de investigación científica. Hay iniciativas oficiales de ligar la investigación científica con la producción.

**Período de desarrollo de las ciencias básicas (1966-1976):** Los extremos de este período corresponden a golpes de estado. Se considera a la investigación científica como un área de especial interés para la planificación estatal. Durante el “onganiato” (1966-1973) hubo interés en el desarrollo tecnológico autónomo; sin embargo, un censo del Consejo Nacional de Ciencia y Técnica mostró la pobreza del sistema científico nacional.

**Período del “Proceso” (1976-1982):** Este período se caracteriza por el gran apoyo dado a la Comisión Nacional de Energía Atómica y el divorcio existente numerosos entes de investigación científica y la universidad. Se incrementa el número de investigadores tecnológicos y se produce una gran migración de investigadores formados al exterior.

**Período de la Restauración democrática (1983 al presente):** La presidencia de Alfonsín se inició, en la esfera científica, con la incorporación de un programa de ciencia y tecnología elaborado por equipos idóneos, entre cuyos integrantes se encontraban José Babini y Jorge Sabato<sup>2</sup>. Desde entonces hay una organización del Sistema Nacional de Investigación Científica que culmina con la creación de un ministerio propio en 2007 (MENCYT, 2008).

Es posible que lo más importante de este período haya sido el estudio inicial que realizó el Programa de Áreas de Vacancia (1999-2001), en el cual se hizo un diagnóstico del estado de la investigación en la República Argentina<sup>3</sup>.

## **La organización del sistema de investigación científica nacional**

El antecedente más importante que tiene el sistema científico nacional es la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC). Esta institución, que sigue funcionando en el presente, fue fundada en 1934, siendo Bernardo Houssay su primer presidente (1934-49). Se trataba de una institución privada, que merced a aportes privados y estatales pudo generar becas y subsidios para investigación (AAPC, 1958).

<sup>1</sup> Según el Manual de Frascati (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, 2002) la **investigación básica** consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.

<sup>2</sup> El profesor Sabato murió en noviembre de 1983, poco antes de la asunción de Raúl Alfonsín.

<sup>3</sup> <http://www2.mincyt.gov.ar/Planplur4/resumengral.htm>

La creación, en 1958, del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) no es, lamentablemente, la obra de un gobierno democrático sino de uno de facto. Y el antecedente antes mencionado de un organismo con similares propósitos adolece de corresponder a un período en el que poco se ayudó a los investigadores científicos. Sin embargo, poco a poco este organismo se constituye en la meca de los profesionales que tienen como vocación a la investigación científica.

Mucho se ha criticado a la orientación hacia las ciencias básicas que tuvo el CONICET en su primera década de existencia, además de un cierto perfil biológico. Así, según señala Feld (2010), " el Consejo de Houssay había destinado 10 millones de pesos para el estudio del sistema nervioso de las cucarachas, pero ni un peso para el estudio de la aftosa". Aquí hay que reflexionar un poco sobre algunos hechos que parecerían menoscabar la inteligencia de los investigadores, por lo que se comentará el conocido caso del magnetismo y el comentario de Faraday.

Faraday explicó que cuando un alambre espiralado se mueve cerca de un imán se induce una corriente eléctrica. Dado que la puntualización se hacía en el siglo XIX, no se veía claramente la utilidad práctica de tal observación. Lo que originó una pregunta bastante obvia: - ¿Para qué sirve eso? Y la respuesta de Michael Faraday fue: - ¿Para qué sirve un bebé?

Ciertamente que las investigaciones básicas del presente tendrán utilidad en algún momento del futuro, así como la tiene la electricidad que Faraday estudiaba en el siglo XIX. Por otro lado, volviendo al ejemplo de la cucaracha que se cuestionaba a Houssay, lo mismo se podría decir de los investigadores que trabajan en animales como ovejas. Uno de los autores de este trabajo ha trabajado y trabaja en dispositivos de asistencia circulatoria y corazón artificial usando ovinos. Pero no es que se interese por los ovinos; simplemente los usa como modelos para su posterior utilización en humanos.

Mucho se ha criticado la separación que se hace entre investigación básica e investigación aplicada<sup>1</sup>. Lo más probable es que esta discusión sea más estéril que lo que parece, sobre todo si se lee el capítulo de Sabato y Botana (1975) en donde, lejos de alentar controversias, centra la atención en la importancia de la estructuración de actividades entre Gobierno, infraestructura científico-tecnológica y estructura productiva (Figura 2).

En el ámbito nacional existe el **Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva**<sup>2</sup>, integrado por distintos organismos que tienen a su cargo la organización de la investigación científica y tecnológica en la Argentina. Además de las universidades nacionales, las universidades privadas por ley, deben producir conocimientos científicos. En efecto, la ley 24.521 en su Artículo 4, inciso a) establece que son objetivos de la Educación Superior: .."Formar científicos, profesionales y técnicos..". Y en el inciso c) "Promover el desarrollo de la Investigación y las creaciones artísticas, contribuyendo al desarrollo científico, tecnológico y cultural de la Nación".

La **Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica** es un organismo cuya principal actividad está referida al otorgamiento de subsidios a investigadores e instituciones. Asimismo interactúa con la empresa privada. Los fondos para financiación más conocidos son el Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT) y el Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR). Además provee recursos, mediante llamados periódicos, para el desarrollo de proyectos, y posee una Bolsa de Becas.

<sup>1</sup> La **investigación aplicada** consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico (Manual de Frascati, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, 2002).

<sup>2</sup> <http://www.mincyt.gov.ar/>

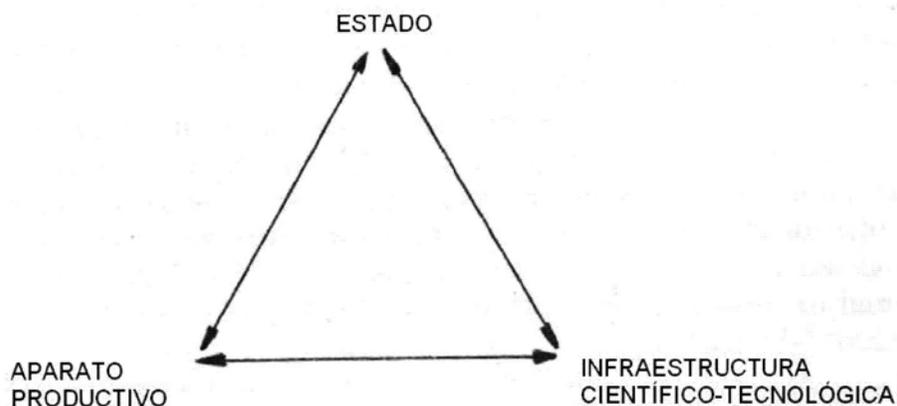


Figura 2. Visión de la confluencia de tres elementos para el desarrollo científico y tecnológico. Modificado de la concepción que publicaran Sábato y Botana (1975).

La **Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)**, a pesar de la especificidad de su nombre cubre un amplio espectro en lo que a investigaciones científicas y tecnológicas se refiere. Así, no son raros los proyectos de la CNEA que incursionan en medicina (desarrollos de técnicas diagnósticas y terapéuticas), biotecnología, energía y muchos otros.

### El éxodo de investigadores científicos

Según el Servicio Nacional de Inmigración y Naturalización de los EEUU, desde 1931 hasta 1940 se radicaron en ese país 1.349 argentinos de distintas profesiones y oficios. En la década siguiente (1941-1950) la cifra ascendió a 3.338, pero es entre 1951 y 1960 que el número de emigrados argentinos se hace significativo: 19.486. Lamentablemente la progresión sigue y entre 1961 y 1970 son casi 50.000 los argentinos radicados en EEUU (exactamente: 49.721).

En lo relacionado a recursos humanos en ciencia y tecnología, en 1999 había 10.594 argentinos residiendo en los EEUU<sup>1</sup>. El grave problema, originado a partir de políticas que llevaron a generar recursos humanos de alto nivel y que luego no fueron retenidos en el país, hizo que se realizaran distintos estudios, siendo muy importante el publicado en 2001, por el *Centro Redes*<sup>2</sup>.

Según el Programa RAICES (MINCYT, 2009), los científicos y tecnólogos residentes en el exterior se distribuyen fundamentalmente en América del Norte (39%), Europa (32%) y otros países de América del Sur (25%).

Al presente, hay un Programa RAICES que tiene entre sus objetivos repatriar a investigadores argentinos en el exterior. Ello constituye un buen síntoma, en tanto se está pensando en un aparato productivo basado en el conocimiento. En realidad, una política del tal tipo no precisaría repatriar investigadores nacionales exiliados, sino que bastaría con seducir a los de países desarrollados. Sobre este último punto la Argentina tiene una experiencia histórica señalada al inicio de este trabajo. Sin embargo, es importante que se piense en repatriar al

<sup>1</sup> Según datos de la National Science Foundation del año 2000. Washington, Science and Engineering Indicators.

<sup>2</sup> Véase: [www.centroredes.org.ar](http://www.centroredes.org.ar). También recuérdese que en el CONICET está vigente el Programa de Áreas de Vacancias.

investigador formado de origen nacional, porque de tal manera se está haciendo el camino lógico: si se invirtió dinero en formarlo, hay que luego aprovecharlo. En tal sentido avanza la ley 26.421 que declara al Programa RAICES como política de estado. El mencionado programa comenzó en 2003 y ha repatriado a más de 700 científicos argentinos del exterior.

## **Posibles puntos de discusión para la generación de hipótesis en investigación científica y tecnológica nacional**

I- Saber para qué sirve un investigador:

En 1981, Mario Bunge escribía sobre la importancia de conocer lo que hace un investigador y comentaba que, en las universidades de la Argentina, "*Hacer un espacio para un laboratorio es algo posible...*" pero que, por el contrario.. *Hacer lugar a investigadores es algo diferente. En principio no se los comprende; un ingeniero es alguien capaz de generar proyectos, construir un puente, operar una computadora compleja, en cambio un investigador no realiza un producto que se pueda tocar.* (Bunge, 1981). Y ello es una realidad actual. Aun en las universidades no se tiene muy en claro el rol del investigador, y para peor se usa la denominación de "docente-investigador", cuando en realidad hay marcadas diferencias.

En relación con el trabajo del docente, es obvio que su principal ocupación cotidiana es la transmisión de conocimientos, en tanto que la del investigador es la generación de nuevos conocimientos. El fin último de la actividad docente es formar nuevos profesionales y el objetivo final de las investigaciones científico tecnológicas son las publicaciones y las patentes.

II- Utilizar lo que sabe hacer un investigador:

Décadas atrás, en Francia era habitual que las empresas estuvieran a la búsqueda de los mejores profesionales de la ingeniería para incorporarlos a sus planteles, con el objeto de competir eficazmente en la resolución de problemas tecnológicos<sup>1</sup>. Cereijido y Reinking comentan que en la Argentina no existe la conjunción empresa y ciencia. Pero no es totalmente culpa de la Empresa. Hace falta un instituto de diagnóstico y tratamiento de problemas tecnológicos en las empresas (Cereijido y Reinking, 2003).

Por otro lado, y dado que prácticamente toda línea de investigación tiene puntos que son posibles de ser llevados a la etapa tecnológica, la presencia de investigadores formados en las empresas no deja de ser una conveniencia comercial en el largo plazo. Sobre la importancia comercial de los investigadores basta con leer el Manual de Frascasti (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, 2002) en el cual participan las principales economías mundiales.

III- Generación de patentes nacionales:

La generación de un estímulo para que los investigadores patenten sus inventos es una prioridad que debería discutirse en los más altos niveles. La creación de incentivos para el patentamiento de nuevos productos y procesos debería ser estudiado en las universidades con el doble propósito de incluirlo en la curricula y de tener un investigador convenientemente motivado.

Sobre la dicotomía, publicar o patentar, se han generado algunos trabajos que describen una posible desorientación de los investigadores con relación a la importancia del patentamiento de las invenciones producto de las investigaciones científico tecnológicas (Ercoli, 2008; Cabrera Fischer y Agüero, 2009).

A lo anterior se suma que la protección de una invención generaría un suerte de producto de exportación "no tradicional". En efecto, los problemas que estudian los

---

<sup>1</sup> Cabrera Fischer fue becado por el estado francés y trabajo en París en forma interrumpida entre 1985 y 1997.

investigadores también los sufren en otros países, por lo que las soluciones podrían ser del interés de adquirentes de derechos de uso del bien patentado.

IV- Inclusión de la "Metodología de la Investigación" en la curricula universitaria:

La enseñanza de la metodología de la investigación científica y tecnológica es similar a dotar al estudiante de una herramienta para descubrir e inventar. A diferencia de otras materias, no otorga un conocimiento científico en el sentido tradicional de la palabra, sino que enseña a obtenerlo.

El aprendizaje de "el método" de la investigación científica y tecnológica al presente forma parte de los más adelantados proyectos de países desarrollados. Así, la American Association for the Advancement of Science ha publicado un informe, *Science for All Americans*, en donde se pretende que "... todos estén alfabetizados científico-técnicamente" (Fourez, 1994; Cabrera Fischer y Agüero, 2009).

### **Comentarios finales**

Si fuéramos capaces de entender que generar tecnología sobre base del desarrollo científico de países extranjeros resulta carísimo, que permitir el éxodo de investigadores formados es un mal negocio y que la no planificación de la ubicación de investigación científico-tecnológica dentro del aparato productivo es un error, tal vez podamos generar políticas de estado en el largo plazo y seguir el camino de los países desarrollados.

Es posible que la generación de un marco de discusión adecuado pueda facilitar la generación de normas y políticas en ciencia y tecnología que puedan modificar el paradigma actual. Lo expresado, eventualmente precisaría de la sanción de leyes específicas.

## Referencias

- AAPC (1958) *Anuario 1958. Memoria y Balance*, 24° Ejercicio (1 de diciembre de 1956 a 28 de febrero de 1958). *Declaraciones de la Asociación. Becas acordadas. Subsidios acordados. Publicaciones. Socios.* Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, Buenos Aires.
- BABINI, J. (1971) *La ciencia en la Argentina*. Eudeba. Buenos Aires.
- BARRIOS MEDINA, A.; PALADINI, A. C. (1989) *Recuerdos de un Profesor y consideraciones sobre la investigación*, en *Escritos y Discursos del Dr. Bernardo A Houssay.*, Eudeba, Buenos Aires.
- BUNGE, M. (1981) *La ciencia. Su método y su filosofía*. Siglo Veinte, Buenos Aires.
- Cabrera Fischer, E. (2006) *Metodología de la investigación. Un enfoque para ingenieros*. Editorial CEIT, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires.
- CABRERA FISCHER E.; AGÜERO, A. (2009) *La relación entre investigación científico-tecnológica argentina y la política nacional en ciencias: hacia un nuevo paradigma*. eã 1 N° 1; Agosto.
- CEREIJIDO, M.; REINKING, L. (2003) *La ignorancia debida*. Libros del Zorzal. Buenos Aires.
- DIETERICH, H. (1999) *Nueva guía para la investigación científica*. Colección Ciencia y Tecnología, Editorial 21, Buenos Aires.
- ERCOLI, L. (2008) *Sobre "papers" y "journals"*. *Tecnológica y Ciencia* 8(15), 54-61.
- FELD, A. (2010) *Planificar, gestionar, investigar. Debates y conflictos en la creación del CONACYT y la SECONACYT (1966-1969)*. *EA Journal* 2 (2), Diciembre.
- FOUREZ, G. (1994). *Alfabetización Científica y Tecnológica*. Ediciones Colihue. Buenos Aires.
- GARCÍA CÓRDOBA, F. (2005) *La Investigación Tecnológica*. Limusa Noriega Editores. México.
- KOHN LONCARICA, A (1992). *Ciencia y Estado en la Argentina. Una perspectiva histórica de sus relaciones*. *Propuesta y Control*, Año XVI (22) 2475-2497.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS (2002) *Manual de Frascati. Proposed Standard Practice for Survey on Research and Experimental Development*. OCDE, París, Francia.
- MINCYT (2008) *Indicadores de Ciencia y Tecnología*. Publicación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva. Presidencia de la Nación. Buenos Aires, Argentina.
- MINCYT (2009) *Programa Raíces. Una política de estado*. Publicación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva. Presidencia de la Nación. Buenos Aires, Argentina.
- SÁBATO, J.; BOTANA, N. (1975) *La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina*. Capítulo 10 de *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia, tecnología, desarrollo, dependencia*, por: Jorge A. Sabato. Editorial Paidós, Buenos Aires.



## ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN AZEOTRÓPICA DE LA MEZCLA ETANOL-AGUA

**Alfredo Menéndez\*, Juan Montesano, Enrique Braga, Diego García, Jorge Taboada.**

Universidad Nacional de Lanús, Carrera de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 29 de Septiembre 3901, Remedios de Escalada, Lanús, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 054-11-6322-9200 int. 105.

*\*Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida.*

*Correo electrónico: [alfmenendez@speedy.com.ar](mailto:alfmenendez@speedy.com.ar)*

Recibido el 18 de febrero de 2011; aceptado el 26 de mayo de 2011

### Resumen

Se efectuó la estimación de la composición y la presión azeotrópica de la mezcla etanol-agua a 70 °C. Para ello se utilizaron datos de equilibrio experimentales tomados de la bibliografía y la ecuación de Margules como modelo de estimación, con parámetros ajustados mediante el uso del software matemático Polymath 6.1. La resolución de sistemas de ecuaciones no lineales planteados para la determinación de la composición y la presión azeotrópica también fue realizada con la misma herramienta matemática.

**Palabras clave:** Estimación de composición, azeótropo, etanol, modelos matemáticos, termodinámica, Polymath.

### Abstract

The estimation of composition and azeotropic pressure of the ethanol-water mixture at 70 °C has been carried out. Experimental data of equilibrium, extracted from the bibliography, and the Margules equation were used as models of estimation, with parameters adjusted by the mathematical software Polymath 6.1. The resolution of the equation non-linear system outlined for the determination of the composition and the azeotropic pressure was also performed with the same mathematical tool.

**Keywords:** estimation of composition, azeotrope, ethanol, mathematical models, thermodynamic, Polymath.

### Introducción

Este trabajo intenta poner de manifiesto el tipo de acciones que realiza un simulador de procesos comercial para estimar valores de variables y otros datos de interés. Se busca así desmitificar la "caja negra" y a la vez señalar algunas de las acciones que los simuladores llevan a cabo para efectuar las estimaciones generalmente necesarias para posibilitar la resolución de los problemas planteados. Se estima que se contribuirá a mejorar el criterio de los usuarios de simuladores comerciales, al poseer un mayor entendimiento de su forma de operar.

Se priorizaron siempre los aspectos didácticos del trabajo y los resultados fueron controlados de forma continua. Se pretendió de esta manera actualizar conocimientos elementales de la termodinámica.

Además se quiso poner de relieve las bondades de los modelos termodinámicos para estimar propiedades, las que son siempre necesarias para la realización de cualquier simulación. Para poner de manifiesto lo mencionado se estimaron los coeficientes de actividad a dilución infinita y las composiciones de la fase líquida y vapor de equilibrio de una mezcla binaria etanol-agua. Se estimaron además los parámetros de la ecuación de Margules y la composición azeotrópica de la mezcla.

## Materiales y métodos

De la combinación de las leyes de Raoult ( $x_i P_i^{sat} = P_i$ ) y la de Dalton ( $y_i P = P_i$ ) se obtiene una ecuación (1) que representa relativamente bien el equilibrio líquido-vapor (ELV), siempre que la fase vapor se comporte como un gas ideal y la fase líquida como una solución ideal.

$$y_i P = x_i P_i^{sat} \quad (1)$$

donde:  $x_i$  e  $y_i$ : fracción molar del componente  $i$  en el líquido y el vapor respectivamente.

$P_i^{sat}$ : presión de saturación del componente  $i$  puro y  $P$  la presión del sistema.

A presiones bajas o moderadas la ecuación (1) corregida (ecuación 2) representa mejor el ELV, ya que abandona la suposición de solución ideal, al introducir un factor denominado coeficiente de actividad ( $\gamma$ ).

$$y_i P = \gamma_i x_i P_i^{sat} \quad (2)$$

De aquí: 
$$\gamma_i = y_i P / x_i P_i^{sat} \quad (3)$$

Para una mezcla binaria (etanol-agua) es  $i = 1,2$  siendo 1 = etanol y 2 = agua

Por lo tanto en este trabajo será:

$$\ln \gamma_1 = \ln (y_1 P / x_1 P_1^{sat}) \quad (4) \quad \text{y} \quad \ln \gamma_2 = \ln [(1-y_1) P / (1-x_1) P_2^{sat}] \quad (5)$$

Teniendo en cuenta la relación entre la energía de Gibbs en exceso y el coeficiente de actividad se obtiene:

$$G^E / RT = x_1 \ln \gamma_1 + x_2 \ln \gamma_2 \quad (6) \quad \text{y} \quad G^E / x_1 x_2 RT = 1/x_2 \ln \gamma_1 + 1/x_1 \ln \gamma_2 \quad (7)$$

Estas cuatro funciones termodinámicas (ecuaciones 4-7) son propiedades de la fase líquida y fueron calculadas con Polymath para los datos experimentales de equilibrio a 70 °C que fueron tomados de Ohe (1989) las que se indican a continuación.

$x_1$	$P$ [mm de Hg]	$y_1$
0	233,7	0
0,05	337,5	0,336
0,1	390,3	0,444
0,15	421,8	0,499
0,2	443,2	0,535
0,25	459,3	0,562
0,3	472,2	0,585

0,35	483,3	0,606
0,4	493,2	0,625
0,45	502,1	0,645
0,5	510,3	0,665
0,55	517,8	0,686
0,6	524,6	0,709
0,65	530,8	0,733
0,7	536,1	0,76
0,75	540,6	0,789
0,8	543,9	0,821
0,85	546	0,858
0,9	546,6	0,899
0,95	545,2	0,945
1	542,2	1

Se puede demostrar que:

$$\lim_{x_1 \rightarrow 0} G^E / x_1 x_2 RT = \ln \gamma_1^\infty \quad (8) \quad \text{y} \quad \lim_{x_1 \rightarrow 1} G^E / x_1 x_2 RT = \ln \gamma_2^\infty \quad (9)$$

Si se ajustan los puntos de datos correspondientes a  $G^E / x_1 x_2 RT$  a una relación matemática simple (línea recta) se obtiene:

$$G^E / x_1 x_2 RT = A_{21} x_1 + A_{12} x_2 \quad (10)$$

O también:

$$G^E / RT = (A_{21} x_1 + A_{12} x_2) x_1 x_2 \quad (11)$$

Se puede demostrar (Smith, 2002) que las ecuaciones para  $\ln \gamma_1$  y  $\ln \gamma_2$  son:

$$\ln \gamma_1 = x_2^2 [A_{12} + 2 (A_{21} - A_{12}) x_1] \quad (12) \quad \text{y} \quad \ln \gamma_2 = x_1^2 [A_{21} + 2 (A_{12} - A_{21}) x_2] \quad (13)$$

Estas dos últimas son las ecuaciones de Margules que representan un modelo empírico del comportamiento de la solución.

Para las condiciones límite (dilución infinita) será:

$$\ln \gamma_1^\infty = A_{12} \quad (x_1 = 0) \quad (14) \quad \text{y} \quad \ln \gamma_2^\infty = A_{21} \quad (x_2 = 0) \quad (15)$$

El conjunto de datos experimentales de ELV se ha reducido a una ecuación matemática simple para  $G^E / RT$  que almacena la información experimental en forma compacta:

$$G^E / RT = (A_{21} x_1 + A_{12} x_2) x_1 x_2 \quad (16)$$

En realidad, las ecuaciones de Margules son un modelo de correlación que permite la reconstrucción de los datos originales  $P$ - $x_1$ - $y_1$  en forma aproximada.

Recordando que:

$$y_1 P = \gamma_1 x_1 P_1^{\text{sat}} \quad \text{y} \quad y_2 P = \gamma_2 x_2 P_2^{\text{sat}}$$

y sumando:

$$P = \gamma_1 x_1 P_1^{\text{sat}} + \gamma_2 x_2 P_2^{\text{sat}}$$

de donde:

$$y_1 = \gamma_1 x_1 P_1^{\text{sat}} / (\gamma_1 x_1 P_1^{\text{sat}} + \gamma_2 x_2 P_2^{\text{sat}}) \quad (17)$$

El valor de  $\ln \gamma_1^\infty$  y su dependencia con la temperatura fue obtenido de la página web del National Institute of Standards and Technology<sup>1</sup> (Temperature Dependences of Limiting Activity Coefficients, Henry's Law Constants, and Derivative Infinite Dilution Properties of Lower C1-C5) 1-Alkanols in Water. Critical Compilation, Correlation, and Recommended Data).

De allí se obtuvo:

$$\ln \gamma_1^\infty = A + B/\tau + [C \exp(D \tau)] / \tau \quad (18)$$

$$\gamma_1^\infty = 3,91 \pm 0,02 \quad \text{para mezclas de etanol-agua a } 298,15 \text{ °K}$$

$$A = -2,2437$$

$$B = 6,9054$$

$$C = -34,0965$$

$$D = -2,3357$$

Siendo:  $\tau = T/T_0$  con  $T_0 = 298,15 \text{ °K}$

Los valores de los parámetros A, B y C de la ecuación de Antoine para el etanol y el agua se obtuvieron de Smith y colaboradores (2002), Tabla 10.2.

Para determinar la existencia de un azeótropo a una temperatura dada se utilizó el concepto de volatilidad relativa ( $\alpha$ ):

$$\alpha_{12} = (y_1/x_1) / (y_2/x_2) \quad (19)$$

En el azeótropo es  $y_1 = x_1$  ;  $y_2 = x_2$  y  $\alpha_{12} = 1$

Sabiendo que:

$$y_i / x_i = \gamma_i P_i^{\text{sat}} / P \quad \text{será:} \quad \alpha_{12} = \gamma_1 P_1^{\text{sat}} / \gamma_2 P_2^{\text{sat}} \quad (20)$$

Las ecuaciones de Margules indican que cuando  $x_1 = 0$  ,  $\gamma_2 = 1$  y  $\gamma_1 = \exp A_{12}$  y que cuando

$$x_1 = 1 , \gamma_1 = 1 \text{ y } \gamma_2 = \exp A_{21}$$

Por lo tanto en estos límites será:

$$(\alpha_{12})_{x_1=0} = \exp A_{12} P_1^{\text{sat}} / P_2^{\text{sat}} \quad (21) \quad \text{y} \quad (\alpha_{12})_{x_1=1} = P_1^{\text{sat}} / (P_2^{\text{sat}} \exp A_{21}) \quad (22)$$

<sup>1</sup> www.nist.gov/data/PDFfiles/jpcrd726.pdf

## Resultados y discusión

La Figura 1 muestra la planilla “Regress and analyze data” de Polymath utilizada para calcular los valores de  $\ln \gamma_1$ ,  $\ln \gamma_2$ ,  $G^E/RT$  y  $G^E/x_1 x_2 RT$  a partir de los datos experimentales de ELV para la mezcla etanol-agua obtenidos a 70 °C (343,15 °K).

En la Figura 2 se graficaron los valores de estas propiedades de la fase líquida en función de  $x_1$  (Fracción molar de etanol). Se puede apreciar que cuando la fracción molar de etanol tiende a cero (dilución infinita) las curvas  $\ln \gamma_1$  y  $G^E/x_1 x_2 RT$  tienden a coincidir, y que cuando  $x_1$  tiende a 1 tienden a coincidir las funciones  $\ln \gamma_2$  y  $G^E/x_1 x_2 RT$ . Es decir los valores límite de  $G^E/x_1 x_2 RT$  tienden a coincidir con los valores límites de  $\ln \gamma_1$  y  $\ln \gamma_2$  a dilución infinita ( $\ln \gamma_1^\infty$  y  $\ln \gamma_2^\infty$ ).

Los valores de  $\gamma$  dependen de la presión y la temperatura. En la mezcla etanol-agua de este trabajo la temperatura es constante e igual a 70 °C y aunque la presión es variable, no se comete gran error si se la considera constante dado que los coeficientes de actividad de la fase líquida son prácticamente independientes de P para sistemas a presiones bajas y moderadas.

La Figura 3 muestra la gráfica P-x-y del ELV de la mezcla binaria etanol-agua representativa de los sistemas donde:

$$\gamma_i \geq 1 \quad \text{y} \quad \ln \gamma_i \geq 0 \quad \text{con} \quad (i=1,2)$$

En estos casos la fase líquida muestra desviaciones positivas con respecto a la ley de Raoult.

	x1	P	y1	lngama1	lngama2	GERT	GERTx1x2
01	0.05	337.5	0.336	1.431019	0.0093474	0.080431	1.693284
02	0.1	390.3	0.444	1.161935	0.031251	0.1443194	1.603549
03	0.15	421.8	0.499	0.9508671	0.0618628	0.1952134	1.531086
04	0.2	443.2	0.535	0.7823356	0.0974086	0.234394	1.464962
05	0.25	459.3	0.562	0.6441096	0.1378111	0.2643857	1.410057
06	0.3	472.2	0.585	0.5295971	0.1805626	0.2852729	1.358442
07	0.35	483.3	0.606	0.4339495	0.2259779	0.2987679	1.313266
08	0.4	493.2	0.625	0.3515669	0.2768729	0.3067505	1.278127
09	0.45	502.1	0.645	0.2831671	0.3269606	0.3072535	1.241428
10	0.5	510.3	0.665	0.2245428	0.380483	0.3025129	1.210052
11	0.55	517.8	0.686	0.1749135	0.4356962	0.2922657	1.180872
12	0.6	524.6	0.709	0.133927	0.4904565	0.2765388	1.152245
13	0.65	530.8	0.733	0.0989237	0.5496626	0.2566823	1.128274
14	0.7	536.1	0.76	0.0709239	0.6071389	0.2317884	1.103754
15	0.75	540.6	0.789	0.0477378	0.6690386	0.203063	1.083003
16	0.8	543.9	0.821	0.0290419	0.7337956	0.1699926	1.062454
17	0.85	546	0.858	0.0163518	0.7937725	0.1329649	1.042862
18	0.9	546.6	0.899	0.0069706	0.8596294	0.0922365	1.02485
19	0.95	545.2	0.945	0.0002407	0.9424246	0.0473499	0.99684

Figura 1. Cálculo de las funciones  $\ln \gamma_1$ ,  $\ln \gamma_2$ ,  $G^E/RT$  y  $G^E/x_1 x_2 RT$

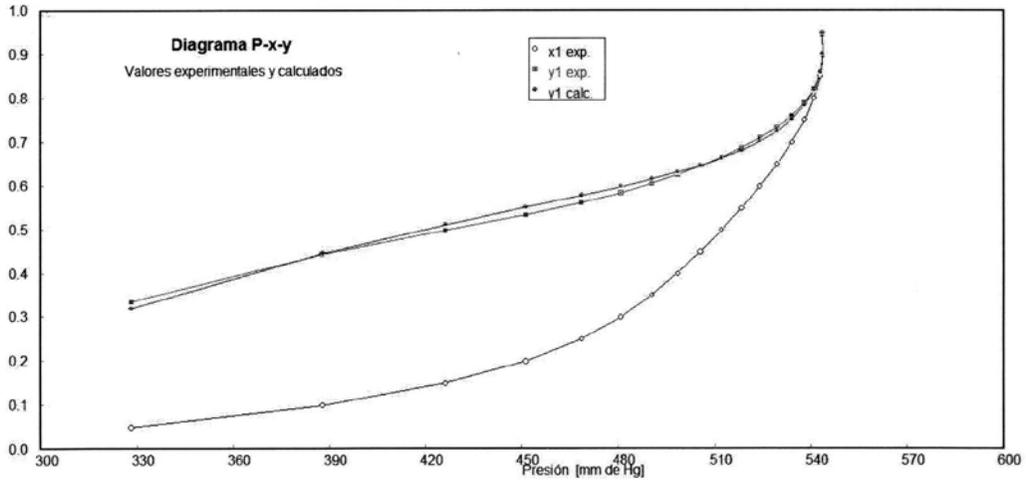


Figura 2. Representación de  $\ln \gamma_1$ ,  $\ln \gamma_2$ ,  $G^E/RT$  y  $G^E/x_1 x_2 RT$  experimentales vs  $x_1$

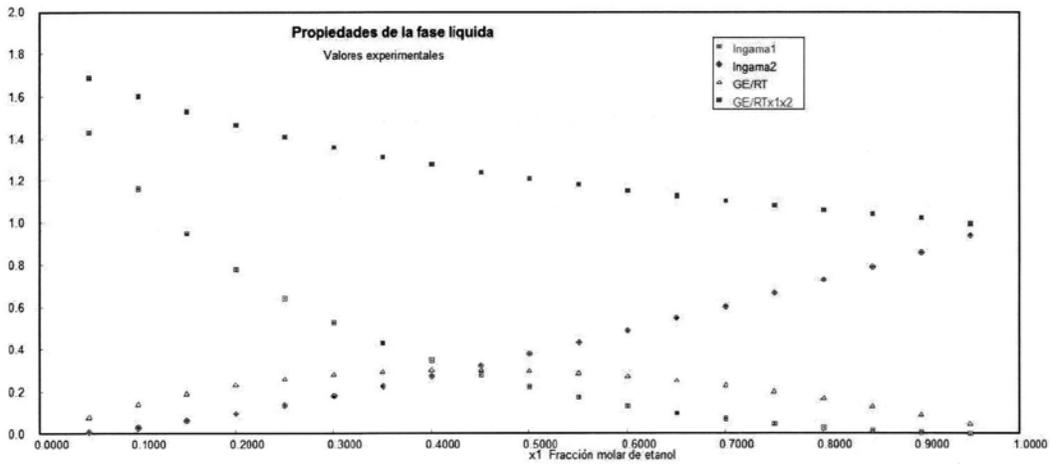


Figura 3. Diagrama de ELV P-x-y de mezcla etanol-agua a 70 °C

Llamando  $A = A_{12}$  y  $B = A_{21}$ , cambiando  $x_2$  por  $(1 - x_1)$ , haciendo  $X_1 = x_1 x_2^2$   $X_2 = x_1^2 x_2$  y recordando que:

$$G^E/RT = (A_{21} x_1 + A_{12} x_2) x_1 x_2$$

Queda:

$$G^E/RT = A x_1 x_2^2 + B x_1^2 x_2 = A X_1 + B X_2$$

Se solicita a Polymath la opción regresión lineal múltiple sin ordenada al origen, como se indica en la Figura 4, y se obtienen los resultados de A y B que se indican en la Figura 5.

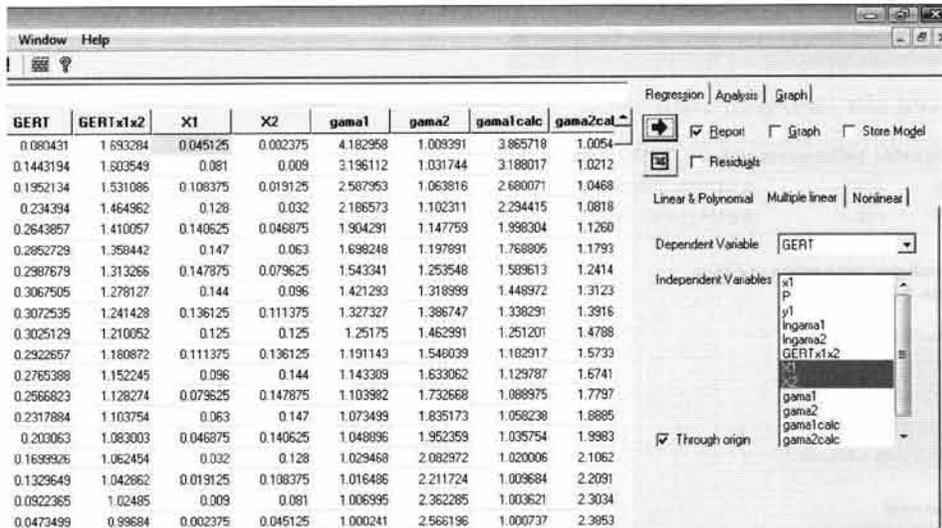
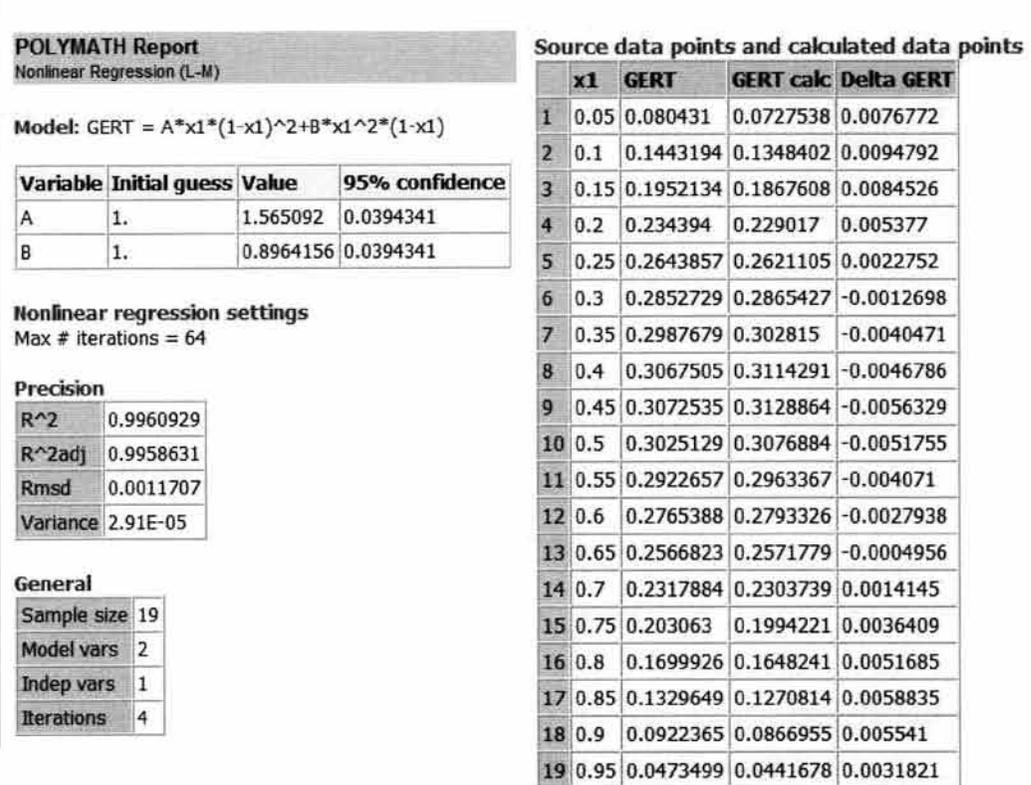


Figura 4. Regresión lineal múltiple para estimación de parámetros de Margules (A<sub>12</sub> y A<sub>21</sub>)



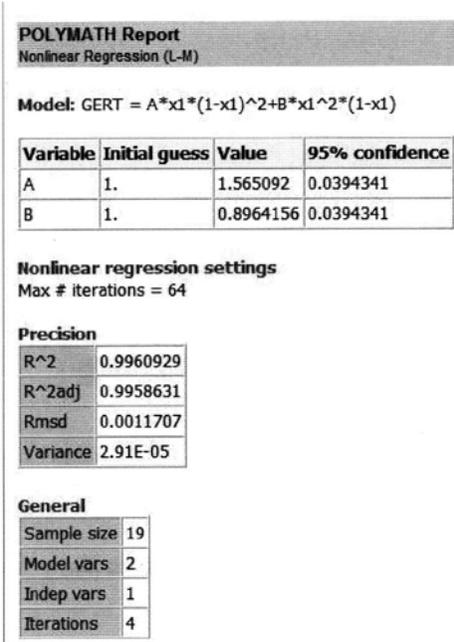


Figura 5. Resultados de la regresión lineal múltiple para parámetros de Margules (A y B)

En la Figura 6 se observa el diagrama residual de la regresión lineal múltiple para estimar los parámetros A y B de la ecuación de Margules.

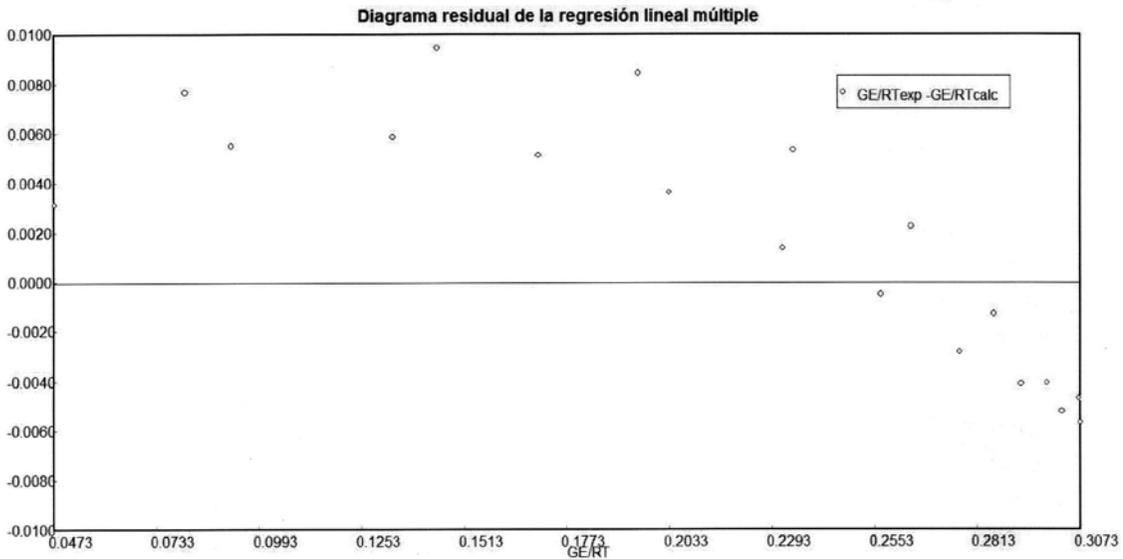


Figura 6. Diagrama residual de la regresión lineal múltiple

R001 : C015 lngama1calc X ✓ = (1 - x1) ^ 2 \* (2 \* 0.8964156 - 1.565092) + 2 \* (1 - x1) ^ 3 \* (1.565092 - 0.8964156)

ngama1calc	ngama2calc	GERTcalc	ERTx1x2cal	Pcalc	y1calc	C21	C22
1.565092	0	0	1.565092	233.7	0	0	233.7
1.520839	0.000222	0.0154282	1.558405	256.2258	0.0968342	0.01	
1.477426	0.0008828	0.0304137	1.551718	276.7429	0.1716924	0.02	
1.434846	0.0019743	0.0449604	1.545032	295.4379	0.2311853	0.03	
1.393089	0.0034884	0.0590724	1.538345	312.4794	0.2795174	0.04	
1.352147	0.0054173	0.0727538	1.531658	328.0206	0.319491	0.05	337.5
1.159399	0.0210003	0.1348402	1.498224	387.648	0.4459052	0.1	390.3
0.9858434	0.0457462	0.1867608	1.464791	425.9135	0.511771	0.15	421.8
0.8304777	0.0786519	0.2290171	1.431357	451.0648	0.5515977	0.2	443.2
0.692299	0.1187144	0.2621105	1.397923	468.2383	0.5784879	0.25	459.3
0.5703042	0.1649306	0.2865427	1.364489	480.6374	0.598609	0.3	472.2
0.4634903	0.2162976	0.3028151	1.331055	490.2466	0.6153246	0.35	483.3
0.3708543	0.2718124	0.3114291	1.297621	498.2695	0.6306889	0.4	493.2
0.2913932	0.3304718	0.3128864	1.264188	505.402	0.6460788	0.45	502.1
0.2241039	0.391273	0.3076885	1.230754	512.0056	0.6624939	0.5	510.3
0.1679835	0.4532129	0.2963367	1.19732	518.22	0.6807103	0.55	517.8
0.1220289	0.5152884	0.2793327	1.163886	524.0391	0.7013641	0.6	524.6
0.0852371	0.5764966	0.2571779	1.130452	529.3656	0.7249952	0.65	530.8
0.0566051	0.6358345	0.2303739	1.097019	534.0531	0.7520667	0.7	536.1
0.0351298	0.692299	0.1994221	1.063585	537.9404	0.7829668	0.75	540.6
0.0198084	0.7448871	0.1648241	1.030151	540.8817	0.8179935	0.8	543.9
0.0096377	0.7925959	0.1270814	0.9967171	542.774	0.857324	0.85	546
0.0036147	0.8344222	0.0866955	0.9632832	543.5795	0.9009668	0.9	546.6
0.0007365	0.8693631	0.0441678	0.9298494	543.3428	0.9487004	0.95	545.2
0.00045	0.8754368	0.0354494	0.9231627	543.1808	0.9586979	0.96	
0.0002411	0.8811869	0.0266694	0.9164759	542.9837	0.9688335	0.97	
0.0001018	0.8866054	0.0178319	0.9097891	542.7533	0.9791006	0.98	
2.411E-05	0.8916843	0.0089407	0.9031024	542.4914	0.989492	0.99	
0	0.8964156	0	0.8964156	542.2	1.	1	542.2

Figura 7. Estimación de las funciones  $\ln \gamma_1$ ,  $\ln \gamma_2$ ,  $G^E/RT$  y  $G^E/x_1 x_2 RT$  calculadas

En la Figura 7 se muestra la planilla "Regress and analyze data" de Polymath utilizada para estimar los valores de  $\ln \gamma_1$ ,  $\ln \gamma_2$ ,  $G^E/RT$  y  $G^E/x_1 x_2 RT$  con las ecuaciones de Margules.

Los valores de  $\gamma_1$  y  $\gamma_2$  estimados se combinan con los valores experimentales de  $P_1^{sat}$  y  $P_2^{sat}$  para calcular la presión P e  $y_1$  a distintos valores de  $x_1$  con las ecuaciones:

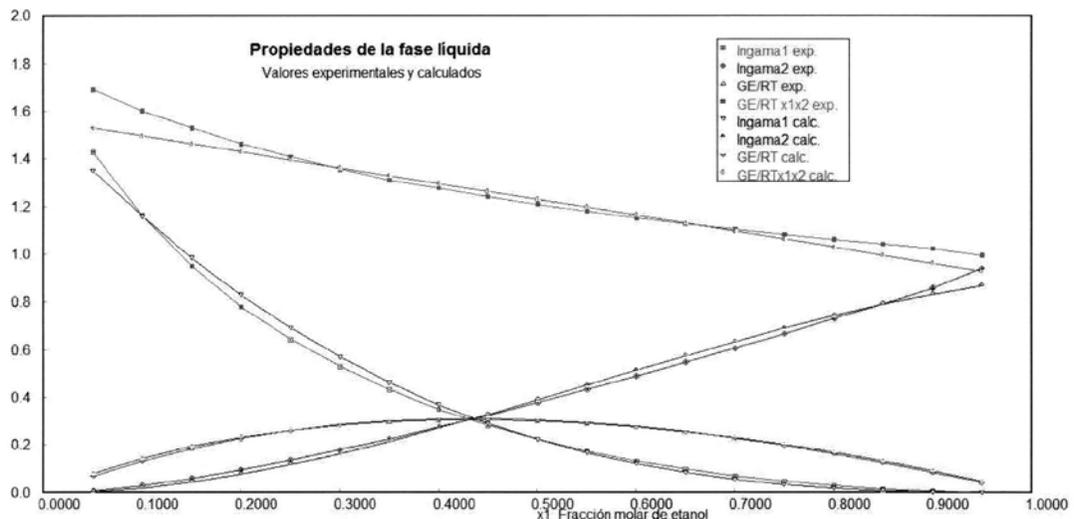


Figura 8. Comparación de las funciones  $\ln \gamma_1$ ,  $\ln \gamma_2$ ,  $G^E/RT$  y  $G^E/x_1 x_2 RT$  experimentales y estimadas

$$P = \gamma_1 x_1 P_1^{sat} + \gamma_2 x_2 P_2^{sat} \quad e \quad y_1 = \gamma_1 x_1 P_1^{sat} / (\gamma_1 x_1 P_1^{sat} + \gamma_2 x_2 P_2^{sat})$$

Los resultados mostrados en forma gráfica en la Figura 3 permiten apreciar que la ecuación de Margules proporciona una correlación aceptable con los puntos de dato.

En la Figura 8 se puede apreciar la bondad del modelo de Margules para estimar valores de funciones de sumo interés.

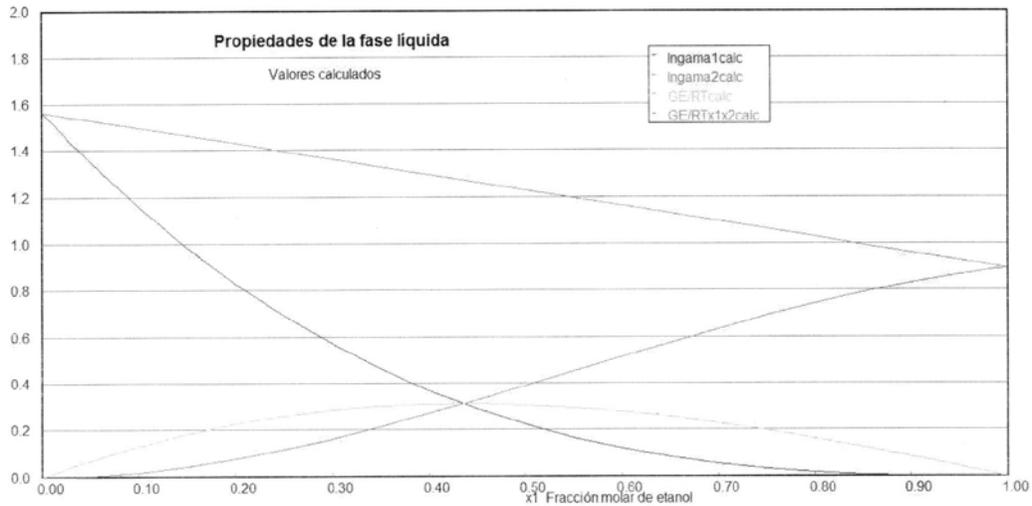


Figura 9. Valores de las funciones  $\ln \gamma_1$ ,  $\ln \gamma_2$ ,  $G^E/RT$  y  $G^E/x_1 x_2 RT$  estimadas

En la Figura 9 se aprecia en forma gráfica que la estimación de los parámetros de Margules A y B coincidentes con  $\ln \gamma_1^\infty$  y  $\ln \gamma_2^\infty$  respectivamente y con los valores límite de  $G^E/RTx_1x_2$  son los ya indicados  $A = 1.565092$  y  $B = 0.8964156$ .

Para determinar la composición y presión del azeótropo en caso de existir se planteó el sistema de ecuaciones comentado más arriba en "Solve system of nonlinear equations" de Polymath, como se indica en la Figura 10.

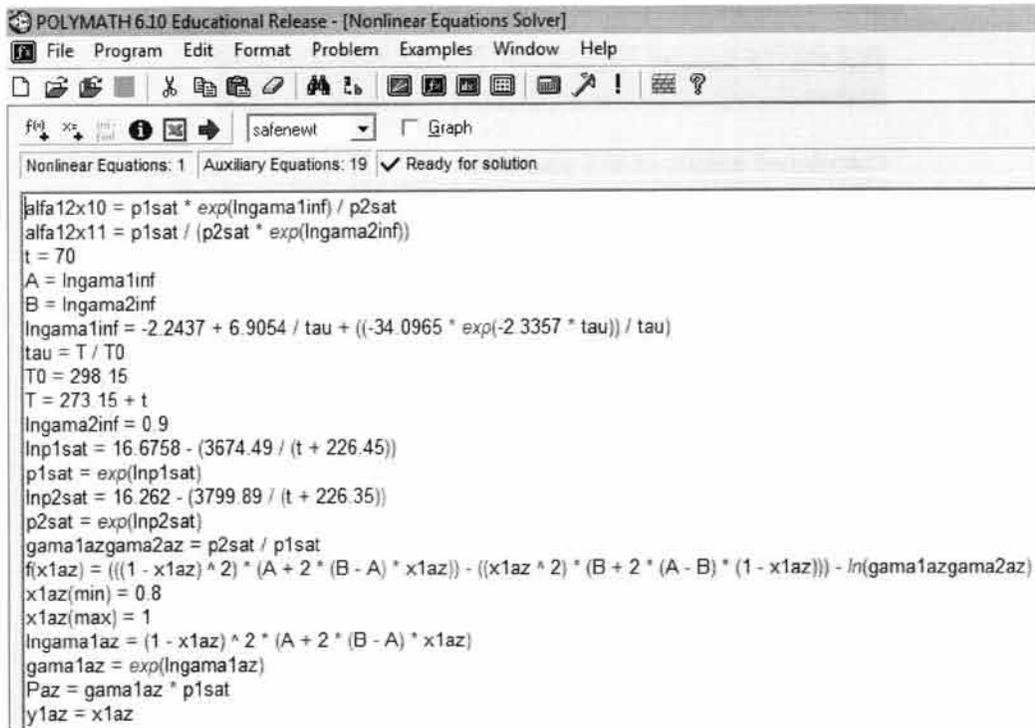


Figura 10. Sistema de ecuaciones en Polymath

La diferencia entre las ecuaciones de Margules proporciona la relación:

$$\ln(\gamma_1 / \gamma_2) = (1-x_1)^2 [A + 2(B-A)x_1] - x_1^2 [B + 2(A-B)x_2]$$

La composición azeotrópica estará dada por el valor de  $x_1$  para el cual esta ecuación se satisface cuando  $\ln(\gamma_1 / \gamma_2) = \ln(\gamma_1^{az} / \gamma_2^{az})$ .

Sabiendo que:

$$\ln \gamma_1^{az} = (1 - x_1^{az})^2 [A + 2(B - A) x_1^{az}]$$

es:  $\gamma_1^{az} = \exp(\ln \gamma_1^{az})$

y  $P = \gamma_1^{az} P_1^{sat}$

**POLYMATH Report**  
Nonlinear Equation

**Calculated values of NLE variables**

	Variable	Value	f(x)	Initial Guess
1	x1az	0.8686938	7.174E-08	0.9 ( 0.8 < x1az < 1. )

	Variable	Value
1	t	70.
2	lnp2sat	3.439695
3	p2sat	31.17746
4	T	343.15
5	lngama2inf	0.9
6	T0	298.15
7	tau	1.150931
8	lngama1inf	1.741592
9	A	1.741592
10	B	0.9
11	lnp1sat	4.280826
12	p1sat	72.30015
13	alfa12x10	13.23312
14	alfa12x11	0.9428301
15	gama1azgama2az	0.4312226
16	lngama1az	0.0048176
17	gama1az	1.004829
18	Paz	72.6493
19	y1az	0.8686938

**Figura 11 Resultados de la resolución del sistema de ecuaciones**

En la figura 11 se observan los resultados arrojados por el sistema de ecuaciones planteado en Polymath para obtener los valores azeotrópicos buscados.

Se puede apreciar allí que la temperatura de cálculo fue de 70 °C, la presión de saturación del agua 31,17746 kPa, el valor del  $\ln \gamma_1^\infty$  fue 1,741592, la presión de saturación del etanol 72,30015 kPa, los valores de la volatilidad relativa en los límites ( $x_1=0$ ) 13,23312 y ( $x_1= 1$ ) 0,9428301,  $\gamma_1^{az}$  1,004829, P del azeótropo 72,6493 kPa y  $x_{1az} = y_{1az} = 0,8686938$ ,

Se aprecia que el valor de  $\ln \gamma_1^\infty = A$ , fue de 1,741592 calculado con la ecuación y parámetros recomendados por el National Institute of Standards and Technology, en lugar del valor de 1,565092 estimado con las ecuaciones de Margules. Para el caso del agua se asumió un valor para  $\ln \gamma_2^\infty = B = 0.9$  similar al estimado por Margules (0.8964156).

**Nonlinear equations**

$$1 \quad f(x_{1az}) = (((1 - x_{1az})^2)^*(A + 2*(B - A)*x_{1az})) - ((x_{1az}^2)^*(B + 2*(A - B)*(1 - x_{1az}))) - \ln(\text{gama1azgama2az}) = 0$$

**Explicit equations**

$$1 \quad t = 70$$

$$2 \quad \ln p_{2sat} = 16.262 - (3799.89 / (t + 226.35))$$

$$3 \quad p_{2sat} = \exp(\ln p_{2sat})$$

$$4 \quad T = 273.15 + t$$

$$5 \quad \ln \text{gama}_{2inf} = 0.9$$

$$6 \quad T_0 = 298.15$$

$$7 \quad \tau = T / T_0$$

$$8 \quad \ln \text{gama}_{1inf} = -2.2437 + 6.9054 / \tau + ((-34.0965 * \exp(-2.3357 * \tau)) / \tau)$$

$$9 \quad A = \ln \text{gama}_{1inf}$$

$$10 \quad B = \ln \text{gama}_{2inf}$$

$$11 \quad \ln p_{1sat} = 16.6758 - (3674.49 / (t + 226.45))$$

$$12 \quad p_{1sat} = \exp(\ln p_{1sat})$$

$$13 \quad \alpha_{12x10} = p_{1sat} * \exp(\ln \text{gama}_{1inf}) / p_{2sat}$$

$$14 \quad \alpha_{12x11} = p_{1sat} / (p_{2sat} * \exp(\ln \text{gama}_{2inf}))$$

$$15 \quad \text{gama}_{1azgama}_{2az} = p_{2sat} / p_{1sat}$$

$$16 \quad \ln \text{gama}_{1az} = (1 - x_{1az})^2 * (A + 2 * (B - A) * x_{1az})$$

$$17 \quad \text{gama}_{1az} = \exp(\ln \text{gama}_{1az})$$

$$18 \quad P_{az} = \text{gama}_{1az} * p_{1sat}$$

$$19 \quad y_{1az} = x_{1az}$$

**Figura 12 Sistema de ecuaciones implícitas y explícitas reportadas**

En la Figura 12 se indican las ecuaciones utilizadas en la determinación de la composición y presión del azeótropo binario a 70 °C. Allí se pueden apreciar la ecuación de Antoine utilizada para estimar la presión de saturación de ambos componentes a la temperatura indicada, la estimación del  $\ln \gamma_1^\infty$  usando el modelo recomendado por el National Institute of Standards and Technology, las ecuaciones para estimar el valor de  $\alpha_{12}$  en ambos límites de concentración de etanol y otras para llevar a cabo los cálculos mencionados más arriba.

## Conclusiones

Se puede observar que en general las estimaciones efectuadas con los modelos adoptados son similares a los indicados en la bibliografía. En todo caso este aspecto no es el más relevante, dado que en este trabajo se buscó fundamentalmente transmitir al lector el mecanismo que utilizan los simuladores comerciales para estimar propiedades. En este sentido se cree haber puesto de manifiesto la función que cumple el simulador. También se ha intentado concientizar a futuros usuarios que ellos son los verdaderos cerebros de la operación de simulación y que nunca deberán ceder el uso de esta atribución. Es el usuario experimentado, con buenos conocimientos de las aplicaciones de los distintos modelos, el que deberá aceptar o rechazar los sugeridos por el simulador.

## Referencias

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (2011). *Temperature Dependences of Limiting Activity Coefficients, Henry's Law Constants, and Derivative Infinite Dilution Properties of Lower (C1–C5) 1-Alkanols in Water. Critical Compilation, Correlation, and Recommended Data*. Disponible en [www.nist.gov/data/PDFfiles/jpcrd726.pdf](http://www.nist.gov/data/PDFfiles/jpcrd726.pdf).

OHE, T. (1989). *Base de datos de equilibrio líquido-vapor de las mezclas*. Universidad de las Américas, Puebla.

SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, M. M. (2002). *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*. Mc Graw Hill, Sexta Edición, México.

# ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO A PARTIR DE MARLO<sup>1</sup>

**Jorge Guillermo Machalec**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, Av Ramón Franco 5050 (1874) Villa Domínico, Provincia de Buenos Aires, Argentina

*Correo electrónico: [jmachalec@fra.utn.edu.ar](mailto:jmachalec@fra.utn.edu.ar)*

Recibido el 2 de junio de 2011; aceptado el 30 de junio de 2011

## Resumen

Se describe el desarrollo de la ingeniería básica y el análisis económico para la producción de ácido láctico en el país. El proceso parte del marlo de maíz y destaca tres etapas que combinan transformaciones físicas, químicas y biotecnológicas asociadas a la producción de ácido láctico de grado alimenticio. Se realizaron ensayos de laboratorio para determinar propiedades de mezclas no descritas en la bibliografía, tales como el cálculo del calor específico a distintas temperaturas del producto de hidrólisis ácida del marlo de maíz. Se utilizó un equipo de escala laboratorio para calcular el tiempo y la curva típica de secado del marlo de maíz. Los cálculos permitieron determinar los parámetros operativos de diseño de la planta de proceso. El resultado del trabajo demuestra la viabilidad económica para el desarrollo industrial en la localidad de Pergamino, Provincia de Buenos Aires.

**Palabras clave:** ácido láctico, aditivo alimentario, marlo de maíz,

## Abstract

The development of the basic engineering and the economic analysis for the production of lactic acid in the country is described. The process uses corncob as input; three stages that combine physical, chemical and biotechnological transformations connected to the production of food grade lactic acid. Laboratory experiments were performed in order to determine properties of mixtures not described in the literature, such as the calculation of specific heat at different temperatures of the product of the acid hydrolysis of the corncob. An equipment of laboratory scale was used to calculate time and typical curve of dryness of corncob. The calculations allowed the determination of the operational parameters of the process plant design. The result of the work demonstrates the financial viability for the industrial development at the town of Pergamino, Province of Buenos Aires.

**Keywords:** lactic acid, food additive, corncob

---

<sup>1</sup> Trabajo realizado sobre la base de la tesis presentada por su autor para optar al título de Magíster en Tecnología de los Alimentos. Facultad Regional Avellaneda (Universidad Tecnológica Nacional) y Universidad Nacional de Lanús.

## Introducción

El ácido láctico, definido como aditivo alimentario en el capítulo XVIII del Código Alimentario Argentino, se utiliza en la formulación de diversos productos alimenticios. Hasta el presente no se produce en el país, y por tal razón resulta importante realizar el análisis de las posibilidades de encarar su producción local. En el presente trabajo se describen las etapas del estudio de factibilidad, en el que se consideran tanto los aspectos técnicos como los económicos y se parte del marlo de maíz como insumo.

## Descripción del proceso

El proceso desarrollado destaca claramente tres etapas que implican: 1) La hidrólisis del marlo para la obtención de dextrosa; 2) La fermentación de la solución de dextrosa por medio de un microorganismo homofermentativo -*Lactobacillus delbrueckii*- y su transformación en ácido L(+)-láctico; 3) La purificación y la concentración del ácido, con el fin de lograr los estándares requeridos para el grado alimenticio.

## Proceso de hidrólisis del marlo

El marlo de maíz prehidrolizado (*en el procesamiento de la hemicelulosa*), se prensa y se elimina parcialmente el contenido de solución ácida (esta solución se neutraliza, separando el precipitado de  $\text{CaSO}_4$ ). Luego se seca hasta alcanzar un valor de humedad final de 7,5 % para posteriormente impregnarlo, en una prensa continua, con ácido sulfúrico. El marlo impregnado se introduce en el reactor de hidrólisis, junto con cantidad suficiente de agua para obtener una concentración de ácido del 8%; en estas condiciones se calefacciona con vapor hasta la temperatura de  $130^\circ\text{C}$ , obteniéndose así una conversión del 89%. Con sucesivas etapas de lavado se retira el hidrolizado del reactor, quedando un remanente de residuos lignocelulósicos que se retiran por la boca de descarga. El hidrolizado se acumula en un tanque pulmón para ser neutralizado con cantidad suficiente de cal en el tanque de neutralización, formándose un precipitado de sulfato de calcio que se separa por filtración centrífuga; la solución de dextrosa diluida pasa por un evaporador donde alcanza una concentración final del 16,7%.

Puede verse un diagrama del proceso en la Figura 1.

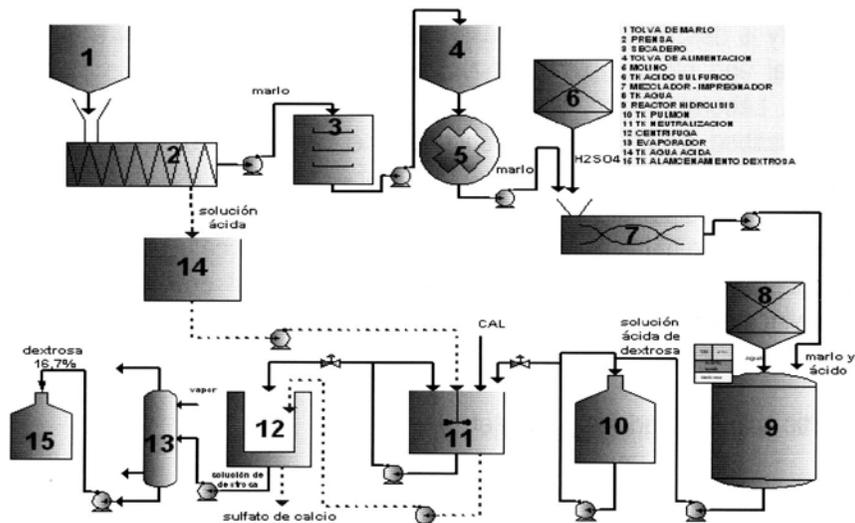


Figura 1. Diagrama del proceso de hidrólisis del marlo

### Proceso fermentativo

El proceso, cuyo diagrama se indica en la Figura 2, se divide en dos partes, de acuerdo con las calidades del ácido láctico que se necesiten producir. Así, se produce ácido L(+)-láctico de calidad técnica de 44 % de concentración, con el fin de apalancar económicamente al proyecto, y ácido L(+)-láctico al 27 %, que sometido a proceso de purificación y concentración alcance el grado de calidad farmacéutica y alimenticia.

El proceso comienza con una inoculación en laboratorio, donde los microorganismos se desarrollan durante un día hasta la duplicación de la masa celular. Luego pasa a los fermentadores, donde en condiciones anaeróbicas y en una reacción que dura 3 días, se produce la reacción dextrosa – ácido láctico. Una reacción inmediata a la formación del ácido es la formación de lactato de calcio, debido a la presencia del carbonato presente en el medio de cultivo. La suspensión de lactato de calcio, carbonato sin reaccionar y masa celular se acondiciona con cal hidratada hasta llegar a pH 10. A su vez, se eleva la temperatura de manera de coagular la proteína presente en la suspensión. Luego se sedimenta la suspensión; esta operación dura 5 horas.

Los barros son centrifugados y descargados en un tanque blanqueador. El líquido clarificado del sedimentador se traslada al blanqueador, donde se lo trata con carbón activado. El material resultante de la centrifugación pasa por un equipo evaporador en el que la concentración de lactato de calcio pasa de 14% a 32%. En un tanque de acidificación, con el agregado de ácido sulfúrico, se transforma el lactato de calcio en ácido láctico (Taylor y Breitzke, 1952). La suspensión formada se centrifuga y a medida que transcurre la filtración, se va retirando el ácido láctico necesario para la purificación y la transformación en ácido láctico de calidad farmacéutica y alimenticia. El ácido láctico restante ingresa al evaporador en el que alcanza una concentración final del 44%.

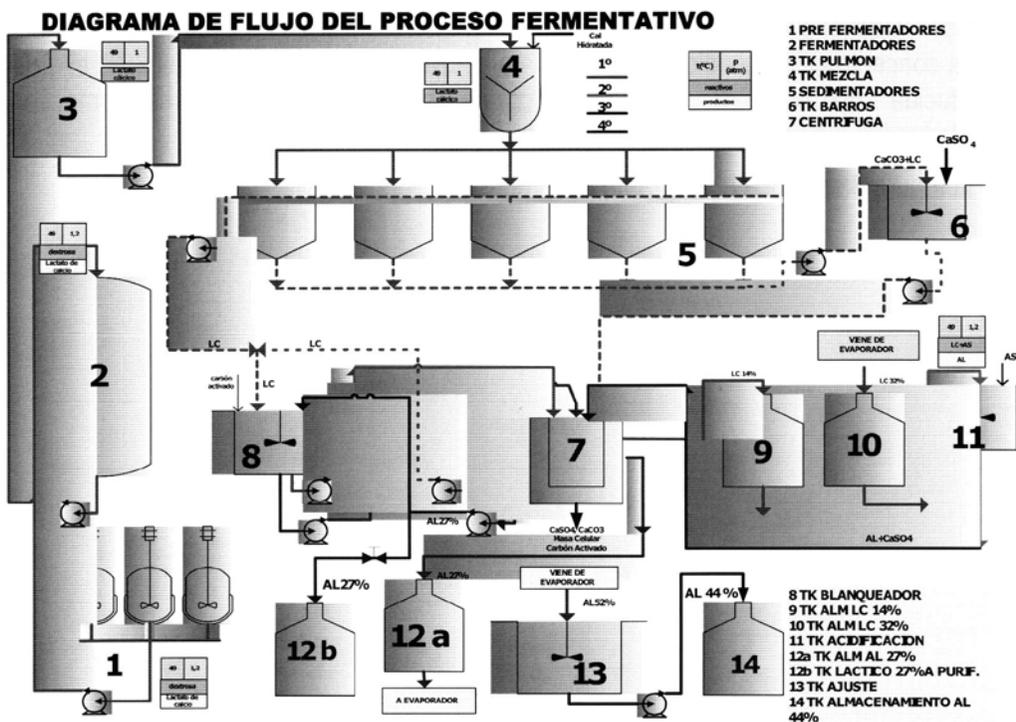


Figura 2. Fermentación de la dextrosa

### **Aislamiento y purificación**

El ácido láctico posee muy baja presión de vapor y por lo tanto resulta ser un obstáculo en el proceso de purificación, debido a ello se propone sintetizar un compuesto intermediario, lactato de metilo, que posee una presión de vapor mayor que la del ácido láctico y por medio de las operaciones de destilación y evaporación producir una sustancia comercialmente pura (Filachione y colaboradores, 1945; Peckham, 1944).

Las condiciones de operación para la síntesis del lactato de metilo son: temperatura: 100 °C; presión: 1,3 b; tiempo de reacción: 2 hs; relación metanol-ácido láctico: 4 – 1 (en moles); catalizador: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. En estas condiciones se logra una conversión del 58,6 % (Troupe y Kobe, 1950). La reacción de esterificación, con producción de lactato de metilo, se realiza en un reactor de tipo batch y la mezcla de productos de la reacción de esterificación se destila a presión atmosférica, recuperando el exceso de metanol para ser reutilizado en el proceso y enviando el resto a un tanque de dilución y enfriamiento, de manera de proporcionar las condiciones de temperatura y concentración necesarias para destilar a presión reducida el éster (intermediario en el proceso de purificación). La concentración de la solución se ajusta de manera que el lactato de metilo se encuentre en una concentración del 14,5 % en peso; ésta es la concentración para la cual la mezcla binaria lactato de metilo – agua forma azeótropo a la presión de 55 mm Hg y a la temperatura de 39 °C (Filachione y Fisher, 1946; Rehberg y colaboradores, 1944). Se pretende obtener una alimentación con la concentración del azeótropo a la temperatura de 39 °C, destilando la mezcla de alimentación que además contiene ácido láctico - poliláctico y metanol, y como productos la mezcla lactato de metilo – agua, (además de obtener metanol, que será reutilizado en el proceso y una composición, en el fondo de la torre, que contiene un elevado porcentaje de ácido poliláctico (Filachione y Fisher, 1944) debido a las sucesivas operaciones de calefacción a las que se somete. El lactato de metilo pasa una torre de agotamiento en la cual se produce la hidrólisis del éster con un alto rendimiento, debido a la destilación del metanol que junto al ácido láctico conforman los productos de reacción. Por último se realiza la concentración del ácido láctico hasta alcanzar una concentración del 85% en peso a presión reducida con el fin de minimizar reacciones secundarias indeseables. como son la formación de lactida o ácido poliláctico.

En la Figura 3 se indica el diagrama del proceso.

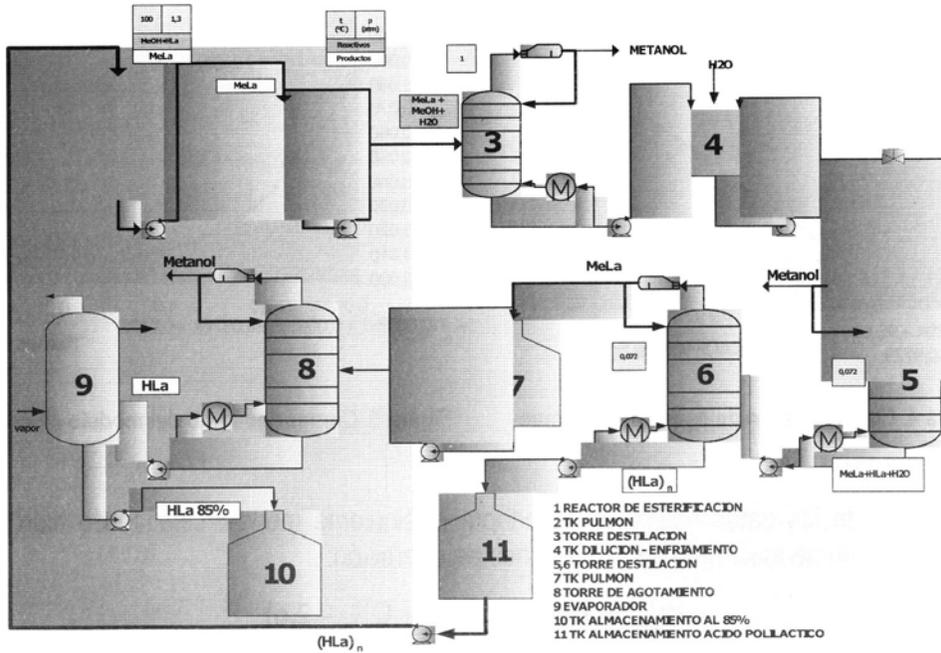


Figura 3: Proceso de aislamiento y purificación

## Diseño de equipos

### Reactor de hidrólisis del marlo

Se trata de un reactor tipo batch, en el que se produce la hidrólisis de la celulosa que se encuentra formando parte del marlo. La reacción se efectúa en un medio ácido por agregado de  $H_2SO_4$  en una concentración del 8 %, los requerimientos de temperatura y presión necesarios para efectuar la reacción,  $130^\circ C$  y 2,64b, hacen que este reactor adopte el diseño de un recipiente sometido a presión interna, por lo tanto su diseño se realiza de acuerdo al código ASME.

### Cinética de hidrólisis de la celulosa

La cinética de la reacción de hidrólisis de la celulosa del marlo se realizó sobre la base de los datos de conversión y tiempo descritos por Dunning, y colaboradores, 1945 (Tabla 1; Figuras 4 y 5). Sobre esta base se desarrolla el modelo cinético para las condiciones operativas.

Tabla 1. Datos de conversión de celulosa vs tiempo y valores para el modelo cinético propuesto

Tiempo (min)	Conv. %	Valores adoptados por la recta de operación para el modelo cinético propuesto
0,0	0	0,251
2,5	70	0,103
5,0	88	0,014
7,5	89	-0,048

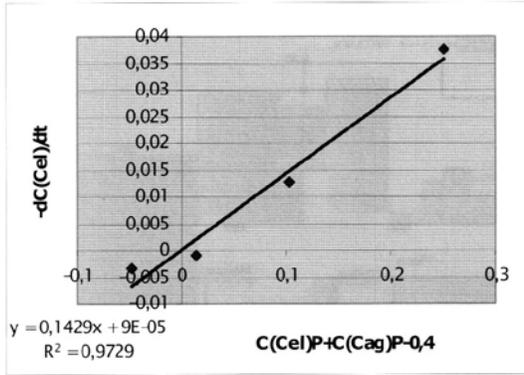


Figura 4. Concentración de celulosa vs tiempo

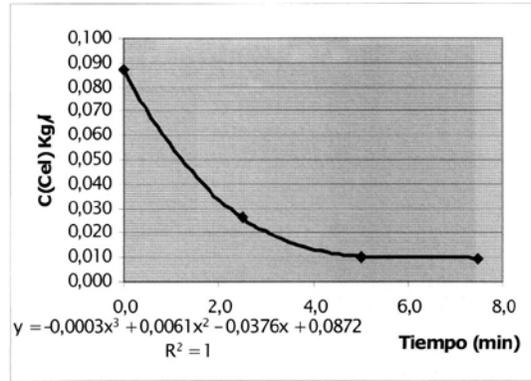


Figura 5. Comportamiento del modelo cinético

A partir de los datos obtenidos se adopta el siguiente modelo cinético de hidrólisis de celulosa del marlo de maíz para las condiciones de operación:

$$-r_{(cel)} = 2.364; \times (C_{(cel)}^{2,2} + C_{(ag)}^{3,6} - 2.6)$$

### Volumen de reacción y determinación del número de reactores empleados

El volumen de la mezcla de marlo con la solución ácida hace que la concentración de celulosa en la mezcla sea de 0,08725 g/l. El diseño del equipo contempla una producción de 382,23 kg/h y una conversión de celulosa del 89% para un tiempo de reacción de 7,5 min. Los tiempos muertos, equivalentes a 1,67h, se distribuyen como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Distribución de los tiempos muertos

Operación	Tiempo empleado (h)
Carga y calefacción	1,17
Enfriamiento y descarga	0,5

El cálculo del volumen de reacción se realiza usando el siguiente modelo.

$$V = \frac{P \times (tr + tm)}{C_{ao} \times X_a}$$

Donde:

$$V = \frac{5:4,45 \text{kg}_{(dext.)} / \text{h} \times (2,347 + 3,89) \text{hs}}{2,2:947 \text{kg}_{(cel)} / \text{l}_{(sc)} \times 2,2: \text{kg}_{(dext)} / \text{kg}_{(cel)}} = 57,77 \text{l}$$

Se propone utilizar cuatro reactores de 2500 l, cuyas características se indican en la Tabla 3, teniendo cada uno de ellos un volumen muerto equivalente al 12% del volumen total del reactor.

Tabla 3. Características de los reactores

<b>Condiciones de operación</b>	Presión: 2,64 b	
	Fluido calefactor: Vapor saturado seco a 180°C	
	Temperatura: 130°C	
<b>Datos de diseño</b>	Cuerpo	Volumen: 2500 l
		Longitud: Involucra el cilindro, cono y altura de volumen muerto: 4,23m
		Diámetro: 97,35 cm
		Espesor de pared: ¾"
		Tipo de cabezal: semielíptico
	Camisa	Espesor de pared: 7/16"
		Tipo de cabezal: semielíptico
Accesorios: El reactor debe contar boca de entrada de agua, válvula de seguridad, boca de hombre, boca de drenaje de hidrolizado y boca de entrada auxiliar		

## Desarrollos experimentales

Debido a la falta de información específica que permitiera el diseño, se procedió a determinar propiedades fisicoquímicas de las sustancias e indagar sobre condiciones de proceso, con el fin de incorporarlas al presente estudio. En este sentido se hará referencia a dos casos particulares detallados en las secciones siguientes.

### Secado del marlo de maíz

#### Objetivo

El objetivo de la experiencia fue determinar el tiempo de secado del marlo de maíz hasta un valor de humedad de 7,5%, base seca, y aplicar los datos obtenidos al diseño del secadero y su modo de operación.

#### Materiales y métodos

Para realizar la experiencia se utilizó un secador de cajones modelo IC 180D de la empresa DIDACTA, que se muestra en las Figuras 6 y 7. Este equipo cuenta con variador de velocidad de aire, ajuste de temperatura del aire de secado por calefacción, balanza y tres pares de termómetros de bulbo seco y húmedo dispuestos en el ingreso de aire al equipo, luego del paquete de resistencias calefactores y a la salida del equipo.

El marlo de maíz fue cortado en chips de aproximadamente ¼", luego se lo remojó y posteriormente fue prensado. De esta forma se intentó simular las condiciones más desfavorables en las que puede encontrarse este insumo como consecuencia de su

almacenamiento a la intemperie; así el marlo ingresa al secador con una humedad del 112,5%, valor expresado en base seca.

Posteriormente, el marlo humedecido fue introducido en un recipiente contenedor conformado por una malla metálica y el conjunto fue depositado sobre la balanza del equipo a fin de registrar la pérdida de peso del marlo en proceso de secado con el transcurso del ensayo.

Se registraron valores de peso del marlo en intervalos de quince minutos y también se hizo lo propio con las temperaturas de bulbo seco y húmedo en los tres pares de termómetros dispuestos en el equipo.

Las variables de la operación (velocidad del aire en el túnel y temperatura del aire de secado) se ajustaron en valores  $v$ : 1m/s y  $t_{bs}$ : 44°C

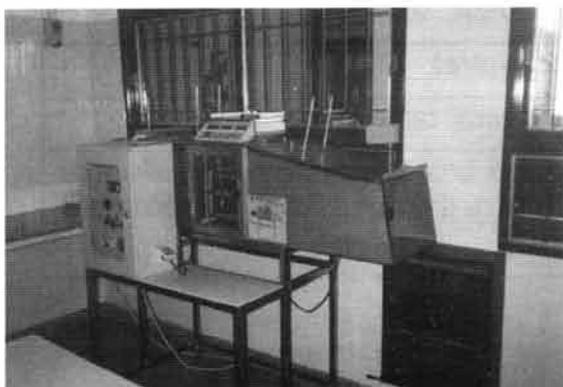


Figura 6. Equipo secador IC 180D

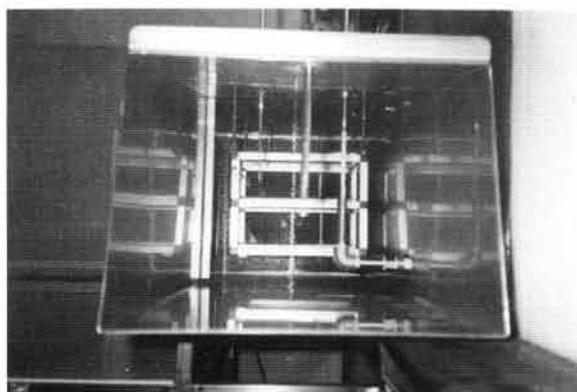


Figura 7. Equipo secador IC 180D

## Resultados

En la Tabla 4 se resumen las condiciones iniciales del ensayo, como así también el peso del recipiente que lo contuvo durante la experiencia.

Tabla 4. Condiciones iniciales del ensayo

Elemento	Masa (g)
Contenedor (g)**	18,6
Contenedor + muestra (g)*	188,36
Muestra (g)***	169,76
Marlo seco (g)*	79,88

Los valores registrados durante la determinación se muestran la Tabla 5

Tabla 5. Valores registrados durante el ensayo

(min)	Veloc. aire	Sección	Caudal	Masa*	Masa**	Masa***	Humedad
	m/s	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	(g)	(g)	(g)	abs %
0	0,92	0,126	0,116	188,36	18,6	169,76	112,52
15	1,02	0,126	0,129	177,81	18,6	159,21	99,31
30	1,02	0,126	0,129	169,27	18,6	150,67	88,62
45	1,02	0,126	0,129	162,07	18,6	143,47	79,61
60	1,02	0,126	0,129	154,47	18,6	135,87	70,09
75	1	0,126	0,126	145,36	18,6	126,76	58,69
90	1,02	0,126	0,129	139,21	18,6	120,61	50,99
105	1,04	0,126	0,131	132,68	18,6	114,08	42,81
120	1,02	0,126	0,129	126,17	18,6	107,57	34,66
135	1,02	0,126	0,129	120,52	18,6	101,92	27,59
150	1,02	0,126	0,129	113,12	18,6	94,52	18,33
165	1,02	0,126	0,129	107,21	18,6	88,61	10,93
180	1,03	0,126	0,13	103,57	18,6	84,97	6,37

El gráfico de humedad vs tiempo se indica en la Figura 8.

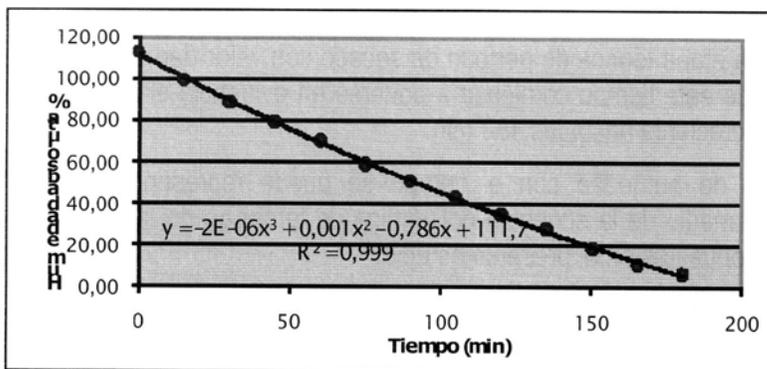


Figura 8. Evolución de la humedad en el secado del marlo

El registro de valores de temperatura de bulbo seco y húmedo durante el transcurso de la operación se puede ver en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores de temperatura registrados en el equipo

t	Ambiente		Calefaccionada		Salida	
	min	Tbs	Tbh	Tbs	Tbh	Tbs
0	22	22	36	30	33	29
15	23	19	41	29	36	30
30	25	19	42	26	38	22
45	25	19	42,5	26,5	38	22
60	25	19	43	27	39	22
75	26	19	44	27	40	22,5
90	26	19	43,5	27	39	22,5
105	26	19	44	27	39,5	22,5
120	27	19,5	44	27,5	40	22,5
135	27,5	19	44	27	39,5	22
150	27	19,5	43,5	27,5	39	22,5
165	27	20	44	28	39,5	23
180	27	20	43,5	28	39	23

### Conclusiones

- El comportamiento del secado del marlo para las condiciones de la experiencia se aproxima a la etapa teórica de período de secado con velocidad constante hasta los 165 min. Luego de este tiempo comienza a ponerse en evidencia el período de secado con velocidad decreciente hasta los 180 min.
- La variación de humedad con el tiempo se puede representar de forma bastante ajustada por medio de la ecuación polinómica de tercer grado, para las condiciones de operación propuestas en el presente estudio.
- Del estudio realizado se desprende que el tiempo de secado del marlo para alcanzar un valor de humedad de 7,5%, expresado en base seca, es de 176 minutos.

### Determinación de la variación del calor específico con la temperatura del producto de hidrólisis ácida del marlo

La falta de información que permita realizar el diseño de equipos converge en la necesidad de realizar estimaciones o determinaciones experimentales del valor de las propiedades fisicoquímicas de algunos componentes.

En este sentido se refiere al caso del producto de hidrólisis ácida del marlo que debe ser enfriado a la salida del reactor, con el propósito de ser acondicionado para las siguientes operaciones del proceso.

## Objetivo

Determinar experimentalmente la variación del calor específico con la temperatura del producto de hidrólisis ácida del marlo de maíz a la salida del reactor.

## Materiales y métodos

La realización de esta determinación demandó la utilización de un calorímetro adecuado a las condiciones de la experiencia. Con el equipo constituido se operó de la siguiente forma:

1º- Se preparó una solución con la misma composición que tiene el producto de hidrólisis del marlo (Tabla 7)

Tabla 7. Composición de la muestra en análisis

Composición	
Xilosa	8,30 g
Dextrosa	215,8 g
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	143,76 g
Agua	1632,13 g

2º- Se pesó una cantidad de solución entorno a los 500g y se llevó a la temperatura a la cual se quería determinar el Cp.

3º- Luego esa masa de solución se introdujo en el calorímetro y se agregó una masa de agua previamente pesada y a la cual se tomó la temperatura.

4º- A partir de este momento se registraron valores de temperatura de la mezcla del calorímetro a intervalos regulares de tiempo hasta alcanzar la temperatura de equilibrio.

Esta operación se realizó para temperaturas de 50, 65, 85, y 95°C de la muestra problema.

## Resultados

### CASO 1

**Ti(soluc): 50°C**

Ti(H<sub>2</sub>O): 27°C

M(soluc): 500 g

M(H<sub>2</sub>O): 2000 g

d(solución)<sub>46°C</sub>: 1,08 g/cm<sup>3</sup>

Los valores registrados de temperatura se indican en la Tabla 8 (Teq: 31 °C).

Tabla 8. Valores registrados de temperatura

T(min)	T(°C)
0	31
2	31
4	31
5	31
7	31

**Cp: 0,842 cal/g°C**

*CASO 2:*

Ti(soluc): 65 °C

Ti(H<sub>2</sub>O): 27 °C

**M(H<sub>2</sub>O): 2000 g**

**M(soluc): 500 g**

Los valores registrados de temperatura se indican en la Tabla 9 (Teq: 33,5 °C).

Tabla 9. Valores registrados de temperatura

T(min)	T(°C)
0	34
2	33,5
4	33,5
6	33,5
8	33,5

**Cp: 0,825 cal/g°C**

*CASO 3:*

Ti(soluc): 85 °C

Ti(H<sub>2</sub>O): 27,5 °C

M(H<sub>2</sub>O): 2000 g

M(soluc): 500 g

Los valores registrados de temperatura se indican en la Tabla 10 (Teq: 37 °C).

Tabla 10. Valores registrados de temperatura

T(min)	T(°C)
0	37
2	37
4	37
6	37
8	37

**Cp: 0,792 cal/g°C**

*CASO 4:*

Ti(soluc): 95 °C

Ti(H<sub>2</sub>O): 27,5 °C

M(H<sub>2</sub>O): 2000 g

M(soluc): 470 g

Los valores registrados de temperatura se indican en la Tabla 11 (Teq: 38 °C).

Tabla 11. Valores registrados de temperatura

T(min)	T(°C)
0	38
2	38
4	38
6	38
8	38

**Cps:0,783 cal/g°C**

El resumen de los valores de calor específico con la temperatura de la muestra se expone en la Tabla 12.

Tabla 12. Valores de calor específico para distintas temperaturas

Temperatura °C	Calor específico cal/g °C
50	0,842
65	0,825
85	0,792
95	0,783

### Conclusiones

En la Figura 9 puede verse la representación gráfica de la variación del calor específico con la temperatura.

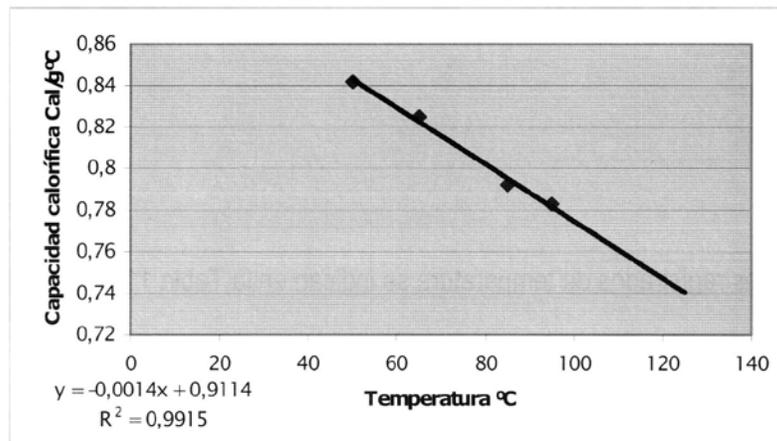


Figura 9. Variación del Cp con la temperatura

Se puede apreciar que la variación del calor específico del producto de hidrólisis del marlo con la temperatura puede aproximarse por medio de un modelo matemático lineal para el rango de temperatura experimentado. Considerando que este comportamiento puede extrapolarse hasta una temperatura de 130°C y que a la salida del reactor debe enfriarse a 80°C, el calor específico a 130°C es 0,7294 cal/g °C.

Aplicando Kirchoff

$$Q_{(sc)} = \int_{352^{\circ}\text{C}}^{2^{\circ}\text{C}} C_p dt$$

$$Q_{(sc)} = \int_{352^{\circ}\text{C}}^{2^{\circ}\text{C}} -2.2236t + 2.; 336dt$$

$$Q_{(sc)} = \left[ \frac{-2.2236t^2}{4} + 2.; 336t \right]_{352^{\circ}\text{C}}^{2^{\circ}\text{C}}$$

$$Q_{(sc)} = (8.; 65 - 328.87) \text{kcal/kg} = -5.; 44 \text{kcal/kg}$$

representa la pérdida de calor debida al enfriamiento por unidad de masa.

## Ubicación de la planta

Las provincias de mayor producción de maíz en Argentina son Buenos Aires y Córdoba, por cuya razón son objeto de estudio en la matriz de ponderación para la macro localización. Para acotar los lugares de estudio, se compara el Parque Industrial Pergamino (Provincia de Buenos Aires) con los Parques Industriales Río Cuarto y San Francisco (Provincia de Córdoba). En la matriz de ponderación para la macro localización se consideran los aspectos de mayor relevancia en la definición del lugar apropiado para el establecimiento industrial. Los factores que se tienen en cuenta son: materias primas, clima, tratamiento de efluentes y residuos, disponibilidad de agua, disponibilidad de energía eléctrica, combustible, mercado, disponibilidad de mano de obra, impuestos, restricciones legales, características de la zona y transporte.

De acuerdo al estudio realizado con los factores considerados y a la matriz de ponderación resultante, se llega a la conclusión de que el lugar más adecuado para la localización de la planta de producción de ácido láctico es Pergamino.

## Categorización industrial y estudio de los impactos ambientales más relevantes

En este estudio se evalúan los impactos que surgen del funcionamiento de una planta de fabricación de ácido láctico a partir de la mazorca de maíz. En el marco de la ley 11459 de radicación industrial en la Provincia de Buenos Aires y su decreto reglamentario 1741/96, para la determinación del nivel de complejidad ambiental (N.C.A.) y la categorización de la industria se desprende que el emprendimiento es de 3° categoría.

La fórmula polinómica para la determinación del nivel de complejidad ambiental (nca) es:

$$\boxed{NCA = ER + Ru + Ri + Di + Lo}$$

NCA: Nivel de Complejidad Ambiental

- ER: Efluentes y Residuos
- Ru: Rubro
- Ri: Riesgo
- Di: Dimensionamiento
- Lo: Localización

### Variables de la ecuación

El estudio de los parámetros de la fórmula de Categorización de Industrias se hará de acuerdo con el Anexo 2 del Decreto 1741/96:

#### (ER) Efluentes y residuos

La Tabla 13 presenta el detalle de efluentes, emisiones y residuos en la planta.

Tabla 13. Efluentes, emisiones y residuos durante el funcionamiento

	DETALLE	TIPO	VALOR
<b>EMISIONES</b>	Componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural y metanol (no comprendido entre 0 y 1)	2	6
<b>EFLUENTES</b>	Agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos especiales ó que no pudiesen generar residuos especiales. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento	1	3
<b>RESIDUOS</b>	Asimilables a domiciliarios, y otros resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos especiales ó de establecimientos que no pudiesen generar residuos especiales	1	3

Como se debe considerar el mayor valor numérico, se designará para el caso del parámetro **ER el valor de 6 puntos**.

#### (RU) Rubro

De acuerdo con la clasificación de actividades presente en el Anexo I del Decreto 1741/96, la fabricación de ácido láctico se encuentra comprendida en el Grupo 3 (Fabricación o fraccionamiento de sustancias químicas industriales básicas excepto abonos) y se le **asigna un valor de 10 puntos**.

#### (RI) Riesgo

Se tendrán en cuenta los riesgos específicos de la actividad, que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante, asignando 1 punto por cada uno, según el detalle que se presenta en la Tabla 14.

**Tabla 14. Riesgos considerados en la etapa de funcionamiento**

Tipo de riesgo	VALOR
Aparatos sometidos a presión	1
Acústico	1
Sustancias químicas	1
Explosión	1
Incendio.	1

Se asigna valor total de 5 puntos

### (DI) Dimensionamiento

La Tabla 15 indica los valores asignados a las variables de dimensionamiento.

**Tabla 15. Valores asignados a las variables del dimensionamiento**

Variables	Valor	Entre	Valor
Cantidad de personal	30	51-150	1
Potencia instalada (en HP)	150	101-500	2
Relación entre Superficie cubierta y Superficie total	25.000/50.000	0,21-0,50	2

Se asigna un valor de 5 puntos

### (LO) Localización

Los valores asignados a esta variable pueden verse en la Tabla 16.

**Tabla 16. Valores asignados a la variable localización**

ZONA	Parque Industrial	0
<b>Infraestructura y Servicios</b>		
Agua		0
Cloaca		0
Luz		0
Gas		0

Se asigna valor 0 puntos

### **Cálculo del nivel de complejidad ambiental**

Sobre la base de las consideraciones anteriores, resulta:

$$\text{NCA} = 6 + 10 + 5 + 5 + 0$$

$$\text{NCA} = 26$$

Debido a que este valor es mayor que 25, se clasifica como establecimiento de 3ª categoría.

### **Impactos más significativos**

- Impactos positivos más relevantes: Creación de nuevas industrias, empleo de mano de obra local y utilización de recursos renovables y subproductos de industrias de procesos como fuentes de materia prima.
- Impactos negativos más relevantes: contingencias debidas a la utilización de metanol y ácido sulfúrico como materias primas del proceso y su impacto sobre la salud.

### **Efluentes, emisiones y residuos del proceso y su tratamiento**

- a- Emisiones generadas por la caldera debidas a la combustión de gas natural; cumple con la ley 5965.
- b- Efluentes: producidos durante la etapa de hidrólisis ácida; se prevé su neutralización con cal. generándose sulfato de calcio
- c- Residuos: c1- sulfato de calcio utilizable como fuente de azufre para abono y como materia prima para la fabricación de paneles de yeso; c2- trapos impregnados con aceite: se tratan según la ley 11.720; c3- residuos lignocelulósicos y carbonato de calcio- masa celular materia prima objeto de proyectos de I+D.

### **Análisis económico**

El análisis económico se realizó sobre la base de la propuesta de Peters Timmerhaus (1978) considerando la instalación y el funcionamiento de una planta para una producción anual de 1.600 ton. Los ingresos anuales por ventas se estimaron en U\$S 2.240.000. La estimación de la inversión de capital es de U\$S 2.768.600, con costos fijos que involucran seguros, mantenimiento y reparaciones y suministro para las operaciones, por un total de U\$S 59.300 y costos variables –materia prima, energía, personal e I+D- por un total de U\$S 857.100. La depreciación se realizó a partir de la división en las categorías de equipos, para los cuales se propone un valor de recuperado del 20 % a 10 años, y la categoría de inmuebles, con un recuperado del 20 % en 20 años. Para los dos casos, y sobre la base de amortización lineal, su costo anual es de U\$S 135.600. Los indicadores económicos muestran una TIR del 24,8% y un retorno de la inversión de 2,7 años.

## **Conclusiones**

Varios elementos de análisis como disponibilidad de marlo de maíz, subproducto de industrias de procesos, como materia prima; existencia de tecnología de origen local para el reciclado del marlo; presencia de parques industriales para la radicación industrial; existencia de un mercado demandante del producto, ausencia de competidores locales en la fabricación del producto junto a los indicadores económicos muestran la viabilidad técnica y económica para la producción de ácido L(+)-láctico en Pergamino, Provincia de Buenos Aires, República Argentina..

## Referencias

- DUNNING, J.W., LATHROP, E.C. (1945) *The saccharification of agricultural residues*. Industrial and Engineering Chemistry, 37, 1, 24-29.
- FILACHIONE, E. ., FISHER, C. . (1944) *Lactic acid condensation polymers preparation by batch and continuous methods*. Industrial and Engineering Chemistry 36, 3, 223-228.
- FILACHIONE, E. ., FISHER, C. H. (1946). *Purification of lactic acid. Production of methyl lactate from aqueous solutions of crude acid*. Industrial and Engineering Chemistry 38, 1, 228-232.
- FILACHIONE, E. M., LENGEL, J.H., FISHER C.H. (1945) *Preparation of methyl lactate*. Industrial and Engineering Chemistry 37, 4, 388-390.
- PECKHAM, G. T. 1944. *The commercial manufacture of lactic acid*. Industrial and Engineering Chemistry 22, 6, 440-443.
- PETERS, M., TIMMERHAUS. S. (1978). *Diseño de plantas y su evaluación económica para ingenieros químicos*. Ed. Géminis, Buenos Aires.
- REHBERG, C. E., FAUCETTE, W. A., FISHER, C. H. (1944). *Preparation of methyl acetoxypionate*. Industrial and Engineering Chemistry 36, 5, 469-472.
- TAYLOR, G.G., BREITZKE, C. (1952) *Lactic acid from corn sugar*. Industrial and Engineering Chemistry 44, num. 9, 1955 - 1966.
- TROUPE, R. A., KOBE, K. A. (1950). *Kinetics of methanol-lactic acid reaction*. Industrial and Engineering Chemistry 42, 5, 801-810.

## EFECTOS DEL VIENTO Y DE LAS EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO DE LOS PARTIDOS LIMÍTROFES SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

**Nicolás A. Mazzeo\***, Laura E. Venegas

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, Departamento de Ingeniería Química. Av Ramón Franco 5050 (1874) Villa Domínico, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

*\* Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida.*

*Correo electrónico: nmazzeo@fra.utn.edu.ar*

Recibido el 7 de junio de 2011; aceptado el 30 de junio de 2011

### Resumen

Los contaminantes emitidos en el entorno de una ciudad pueden afectar su calidad del aire. En ese sentido, es importante analizar la influencia de la dirección del viento sobre la contaminación del aire urbano. La Ciudad de Buenos Aires limita con el Río de la Plata y con algunos partidos del Gran Buenos Aires. En este trabajo, se estimaron las concentraciones horarias de fondo de  $\text{NO}_2$  en aire en el Área Metropolitana de Buenos Aires, aplicando el modelo de dispersión atmosférica urbana DAUMOD. Las mayores concentraciones se presentaron en el micro-centro de la ciudad, cerca de las autopistas y en zonas con alta densidad vehicular. Con viento proveniente del Río de la Plata, las concentraciones de  $\text{NO}_2$  en la zona costera urbana son bajas, aumentando con la distancia a sotavento. Mayores concentraciones se presentaron con vientos procedentes del sector NNW-W. Para vientos del NW, aire "contaminado" por las emisiones de los vehículos que circulan en la autopista Palazzo es transportado hacia la ciudad. Las concentraciones estimadas a la "hora pico" (20:00h) mostraron pequeñas variaciones en el centro geográfico de la ciudad para diferentes direcciones del viento. Las mayores fluctuaciones de las concentraciones de  $\text{NO}_2$  se encontraron en la zona costera.

**Palabras clave:** contaminación atmosférica urbana, dispersión atmosférica urbana, óxidos de nitrógeno, Buenos Aires, viento.

### Abstract

Air pollutants emitted in the surrounding areas of a city may affect its air quality. In this way, it is important to study the influence of wind direction on the air quality of the urban area. The city of Buenos Aires is bounded by the de la Plata River and by some districts of the Greater Buenos Aires. In this paper, hourly values of ground level background concentrations of  $\text{NO}_2$  in the Metropolitan Area of Buenos Aires were estimated using the urban atmospheric dispersion model DAUMOD. Greater concentration values were obtained at downtown, near the highways and in areas with dense traffic flow. For winds blowing from the river,  $\text{NO}_2$  concentrations were low near the coast of the city and they increased with downwind distance. The highest  $\text{NO}_2$  concentrations

were obtained for NNW-W winds. For NW winds, air "polluted" by vehicle emissions at Palazzo Highway is transported by the wind towards the city. Hourly NO<sub>2</sub> concentrations estimated at "rush hour" (20:00h) in the evening showed little variations with wind direction at the geographic centre of the city. The greatest variation of NO<sub>2</sub> concentrations with wind direction was found on the coast.

**Keywords:** urban air quality, urban atmospheric dispersion, nitrogen oxides, Buenos Aires, wind.

## Introducción

Los seres humanos se exponen continuamente a diferentes sustancias químicas. Algunas de ellas contribuyen a la contaminación del aire en las ciudades más grandes del mundo, superando frecuentemente los estándares de calidad del aire. La principal contribución a los niveles de contaminación en las calles urbanas es atribuible a las emisiones de contaminantes provenientes de los vehículos que circulan en ellas. Por otra parte, el impacto de la contaminación de fondo (contaminación detectable por encima de los edificios) sobre la calidad del aire urbano es apreciablemente menor. Esta situación se modifica sustancialmente en el caso de considerar contaminantes secundarios (por ejemplo, dióxido de nitrógeno y ozono). Las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en aire, aún en calles con alta densidad de tránsito automotor, dependen marcadamente de las concentraciones de fondo y de los niveles de ozono en aire.

Para evaluar la magnitud de la contaminación del aire en una zona urbana, es necesario conocer su distribución espacio-temporal. Debido a que no todas las áreas urbanas poseen redes de monitoreo de calidad del aire y a que mediante los monitores sólo se puede determinar la concentración de algunos contaminantes en aire en una cantidad limitada de lugares, con el objeto complementar los valores de la concentración de contaminantes en aire medida, se aplican modelos de dispersión atmosférica. Un modelo de dispersión atmosférica está compuesto por expresiones matemáticas que permiten relacionar las emisiones de sustancias a la atmósfera con la distribución espacial de la concentración de esos contaminantes en el aire ambiente. La finalidad de su aplicación es calcular la concentración de contaminantes en receptores ubicados en diferentes puntos, utilizando como datos de entrada información básica de las fuentes de emisión, de las condiciones atmosféricas y de la superficie del terreno. Las decisiones operacionales basadas en los valores calculados mediante modelos de dispersión atmosférica deben ser consideradas teniendo en cuenta las hipótesis involucradas y el rango de validez de aplicación de los mismos.

En general, los modelos de dispersión atmosférica pueden ser utilizados en las siguientes aplicaciones: a) estimación de la distribución espacio-temporal de las concentraciones de contaminantes en el aire; b) contribución al diseño de la altura ambientalmente óptima de una chimenea; c) diagramación y optimización de redes de monitoreo de calidad del aire en el entorno de fuentes puntuales (chimeneas) o en áreas urbanas; d) estudios de evaluación de impactos ambientales atmosféricos; e) estudios destinados a la ubicación de fuentes de emisión en relación con áreas sensibles; f) evaluación de riesgos ambientales originados por emisiones de sustancias tóxicas durante situaciones accidentales; g) planificación de contingencias debidas a emisiones accidentales de sustancias tóxicas a la atmósfera; h) estimación del aporte a la calidad del aire, de las emisiones de contaminantes procedentes de diferentes fuentes; i) determinación de la magnitud de la reducción de emisiones de contaminantes en un área; j) evaluación del impacto sobre la calidad del aire de las emisiones de contaminantes originados en incendios. Algunas de estas aplicaciones pueden ser utilizadas en la minimización del impacto sobre la calidad del aire que podría causar el funcionamiento de una nueva industria o la

expansión de una existente. Para ello, se aplican modelos de dispersión atmosférica con el objeto de evaluar el impacto sobre la calidad del aire de los contaminantes a emitir desde las fuentes de un determinado proyecto, antes de su construcción, en lugar de edificar, monitorear para evaluar el impacto y luego, si fuera necesario, establecer controles adicionales. Los modelos de dispersión atmosférica, también pueden integrarse a modelos ambientales, que se utilicen en la evaluación de las consecuencias ambientales que podría generar un proyecto o instalación de un emprendimiento industrial o urbano.

Los modelos de dispersión atmosférica, también, pueden ser utilizados para evaluar la contaminación atmosférica que, habiendo sido generada en su entorno, traspasa las fronteras de un área urbana e impacta en su calidad del aire. Asimismo, posibilitan estimar la influencia de las condiciones atmosféricas sobre los niveles de contaminación del aire en una región.

En una primera clasificación, los modelos de dispersión atmosférica, pueden dividirse en modelos de dispersión atmosférica aplicables a emisiones industriales (formulados para fuentes puntuales) y modelos de dispersión urbana (desarrollados para fuentes areales). Entre los modelos de dispersión atmosférica aplicables a emisiones industriales se pueden mencionar el UK-ADMS (Carruthers y colaboradores, 1994), el ISCST3 (U.S.EPA, 1995), el CALPUFF (Scire y colaboradores, 1999) y el AERMOD (U.S.EPA, 2004; Cimorelli y colaboradores, 2005). Existen diferentes tipos de modelos de dispersión atmosférica urbana destinados a estimar la contaminación de fondo (Gifford y Hanna, 1973; Ragland, 1973; Sharma, 1976; Benarie, 1980; Morris y Myers, 1990; Mazzeo y Venegas, 1991; Arya, 1999; Berkowicz, 2000; Karppinen y colaboradores, 2000; Hanna y colaboradores, 2002).

En este trabajo se evalúa la calidad del aire en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) aplicando el modelo de dispersión atmosférica urbano DAUMOD (Mazzeo y Venegas, 1991) considerando las emisiones de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) procedentes de fuentes areales. También se estudia la influencia de la dirección del viento y de las emisiones de  $\text{NO}_x$  provenientes de las fuentes localizadas en las áreas heterogéneas que circundan la Ciudad Autónoma de Buenos Aires sobre la calidad del aire de la ciudad. Se analizan las distribuciones espaciales de la concentración de  $\text{NO}_2$  en el aire a nivel del suelo en la Ciudad de Buenos Aires en relación con diferentes direcciones del viento.

## La Ciudad Autónoma de Buenos Aires

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires ( $34^{\circ}35'S$ ;  $58^{\circ}26'W$ ) es la capital de la República Argentina. Se encuentra localizada sobre la costa oeste del Río de la Plata. Tiene una extensión de  $203\text{km}^2$  y 2.891.082 habitantes (INDEC, 2010). La ciudad está rodeada por el Gran Buenos Aires, integrado por 24 partidos, con una superficie de  $3.627\text{ km}^2$  y una población de 9.910.282 habitantes (INDEC, 2010). El Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), formada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires, es considerada la tercera megaciudad de Latinoamérica, luego de la ciudad de México (México) y San Pablo (Brasil).

El terreno en el que está localizado el AMBA es llano con variaciones de altura inferiores a 30m. El Río de la Plata es un estuario poco profundo que cubre aproximadamente  $35.000\text{ km}^2$ , con una longitud de 320km y un ancho variable entre 38km en la región superior y 230km en la inferior. Frente a la Ciudad de Buenos Aires el ancho del río es aproximadamente 42km.

El clima de la planicie del Río de la Plata es templado. Durante el verano, la atmósfera de la ciudad es cálida y húmeda, con una temperatura media de  $24^{\circ}\text{C}$ . En otoño y primavera las condiciones atmosféricas son muy variables. Durante los meses de invierno la atmósfera es templada y húmeda, con una temperatura media de  $12^{\circ}\text{C}$ . La temperatura media anual de la atmósfera de la ciudad es  $18^{\circ}\text{C}$  y se encuentra entre  $15^{\circ}\text{C}$ - $16^{\circ}\text{C}$  en el Gran Buenos Aires. La precipitación anual en el área se encuentra entre 900mm y 1.600mm, influenciada por los vientos

que transportan humedad desde el Océano Atlántico. Las lluvias son más intensas en marzo. Los vientos, generalmente, son de baja intensidad, siendo su velocidad media 4,4 m/s, con una frecuencia anual de 2,7 % de calmas. Los vientos fuertes son más frecuentes entre septiembre y marzo. Los vientos que transportan aire "limpio" desde el Río de la Plata hacia la ciudad tienen una frecuencia anual del 58,9 % (Figura 1). Se han presentado situaciones de persistencia de la dirección del viento que pueden durar más de 6 horas en todas las direcciones (Mazzeo y Venegas, 2004).

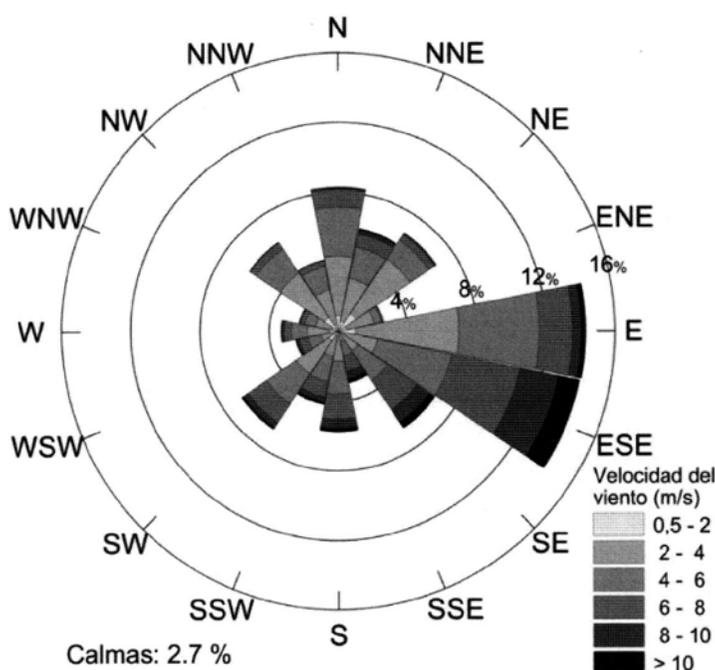


Figura 1. Rosa de viento en Aeroparque.

La calidad del aire en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires ha sido objeto de algunos estudios realizados en los últimos años aplicando distintas metodologías: el análisis de datos de concentración de contaminantes en aire medida durante algunas campañas realizadas en el área urbana (Bogo y colaboradores, 1999, 2001, 2003; Venegas y Mazzeo, 2000, 2003, 2010a; Mazzeo y Venegas, 2002, 2004; Mazzeo y colaboradores, 2005; Bocca y colaboradores, 2006; Arkouli y colaboradores, 2010) o la aplicación de modelos de dispersión atmosférica urbana (Venegas y Mazzeo, 2005, 2006a; Venegas y colaboradores, 2011). En el Gran Buenos Aires, las mediciones de calidad del aire realizadas son muy pocas (Fagundez y colaboradores, 2001; Agencia de Cooperación Internacional del Japón en Argentina y Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental, JICA-SAyDS, 2002).

### Breve descripción del modelo DAUMOD de dispersión atmosférica urbana

El modelo de dispersión atmosférica urbana DAUMOD permite estimar la concentración de fondo en aire de contaminantes emitidos desde fuentes areales, conociendo la distribución espacio-temporal de la intensidad de emisión de los contaminantes, las condiciones atmosféricas y las características de la superficie. El modelo DAUMOD ha sido desarrollado y aplicado en diferentes trabajos previos (Mazzeo y Venegas, 1991, 2008, 2010; Venegas y Mazzeo, 2002, 2005, 2006a, 2006b, 2010b; Mazzeo y colaboradores, 2010). A continuación, se presenta una breve descripción del mismo.

Este modelo está basado en la condición límite inferior de la ecuación semi-empírica de dispersión atmosférica e incorpora una expresión de la variación con la distancia de la altura del límite superior de la pluma de contaminantes. En el desarrollo del modelo DAUMOD (Mazzeo y Venegas, 1991), se consideró un volumen de aire semi-infinito limitado por los planos  $x=0$  y  $z=0$ , con el eje  $x$  en la dirección del viento y el eje  $z$  en la vertical. En condiciones estacionarias, suponiendo que la dispersión turbulenta en la dirección  $x$  es menor que la advección atmosférica en esa dirección y no considerando la dispersión turbulenta en la dirección transversal al viento, la concentración  $[C(x,z)]$  en aire de contaminantes emitidos desde una fuente areal ubicada en superficie, satisface la siguiente ecuación semi-empírica bidimensional de dispersión atmosférica (ver Arya, 1999):

$$u(z) \frac{\partial C(x, z)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(z) \frac{\partial C(x, z)}{\partial z} \right] \quad (1)$$

donde  $u$  es la velocidad del viento y  $K$  es la componente vertical de la difusividad turbulenta atmosférica.

Si el efluente es emitido continuamente desde una fuente areal ubicada en superficie, la condición límite inferior se puede expresar mediante:

$$K(z) \frac{\partial C(x, z)}{\partial z} = -Q \quad \text{en } z = 0 \quad (2)$$

donde  $Q$  es el flujo másico (expresado en masa por unidad de área y de tiempo) de contaminantes emitidos desde la fuente.

Otra suposición básica del modelo es que a una distancia ( $x$ ), el límite superior del modelo ( $h$ ) coincide con el límite superior de la pluma de contaminantes. De esta manera,

$$C(x, h(x)) = 0 \quad (3)$$

Por lo tanto, no existe transporte de masa de contaminantes a través del límite superior de la pluma, condición que puede ser expresada de la siguiente forma:

$$K(z) \frac{\partial C(x, z)}{\partial z} = 0 \quad \text{en } z = h \quad (4)$$

Las variaciones verticales de la velocidad del viento y de la componente vertical de la difusividad turbulenta en la capa de superficie atmosférica (también, denominada capa de flujos turbulentos verticales constantes de cantidad de movimiento, calor y vapor de agua, cuya altura es del orden del centenar de metros) pueden ser expresadas mediante las siguientes ecuaciones (ver Arya, 1999):

$$u(z) = \frac{u^*}{k} \left[ \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) + \psi \left( \frac{z}{L} \right) \right] \quad (5)$$

$$K(z) = \frac{ku^*(z+z_0)}{\phi \left( \frac{z}{L} \right)} \quad (6)$$

donde  $u^*$  es la velocidad de fricción,  $z_0$  es la longitud de rugosidad,  $k$  es la constante de von Kármán ( $k=0,41$ ),  $L$  es la longitud de Monin-Obukhov y las funciones  $\psi$  y  $\phi$  están dadas por (Wieringa, 1980; Gryning y colaboradores, 1987):

$$\phi \left( \frac{z}{L} \right) = \begin{cases} 1 + 6,9 \frac{z}{L} & \text{para } \frac{z}{L} \geq 0 \\ \left( 1 - 22 \frac{z}{L} \right)^{-1/4} & \text{para } \frac{z}{L} < 0 \end{cases} \quad (7)$$

$$\psi \left( \frac{z}{L} \right) = \begin{cases} 6,9 \frac{z}{L} & \text{para } \frac{z}{L} \geq 0 \\ 1 - \phi^{-1} \left( \frac{z}{L} \right) & \text{para } \frac{z}{L} < 0 \end{cases} \quad (8)$$

donde  $z/L$  es un parámetro adimensional que permite determinar el grado de estabilidad atmosférica.

La variación con  $x$  y  $z$  de la concentración de contaminantes en aire puede ser expresada por la siguiente función polinomial:

$$C(x, z) = C(x, 0) \sum_{j=0}^6 A_j \left( \frac{z}{h} \right)^j \quad (9)$$

los coeficientes  $A_j$  dependen de las condiciones de estabilidad atmosférica (Mazzeo y Venegas, 1991; Venegas y Mazzeo, 2002). Los coeficientes  $A_j$  fueron evaluados ajustando formas funcionales polinómicas (expresión (9)) a los valores obtenidos a partir de la siguiente expresión exponencial general (Pasquill y Smith, 1983; Arya, 1999):

$$C(x, z) = C(x, 0) \exp \left[ -4,605 \left( \frac{z}{z_m} \right)^s \right] \quad (10)$$

donde S es un factor "de forma" que depende de las condiciones de estabilidad atmosférica y de la rugosidad de la superficie (Gryning y colaboradores, 1987) y  $z_m$  es la altura a la cual se verifica  $C(z_m) = 0,01 C(0)$ . La altura  $z_m$  es generalmente considerada el límite superior de la pluma de contaminantes. Por lo tanto, puede suponerse que  $h=z_m$ . Considerando diferentes condiciones de estabilidad atmosférica, se obtuvieron los coeficientes ( $A_0, A_1, \dots, A_6$ ) correspondientes a los polinomios de grado 6 (ecuación (9)). En todos los casos, las curvas dadas por la ecuación (10) han sido ajustadas a formas polinómicas (ecuación (9)) con coeficientes de determinación  $\approx 1$  (detalles de estos ajustes se presentan en Mazzeo y Venegas, 1991, 2010).

Sustituyendo las expresiones (6) y (9) en (2) e integrando se obtiene la siguiente ecuación:

$$C(x,0) = \frac{Q h(x)}{|A_1| k u^* z_0} \quad (11)$$

Para obtener la variación de h con x, se considera la siguiente ecuación de continuidad de la masa de contaminantes (Pasquill y Smith, 1983):

$$\int_0^x Q dx = \int_{z_0}^h u(z) C(x, z) dz \quad (12)$$

Introduciendo las ecuaciones (5) y (9), conjuntamente con la condición límite superior de la pluma de contaminantes, en la expresión (12), teniendo en cuenta que la emisión Q se mantiene uniforme en el área, e integrando se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{x}{z_0} = \frac{1}{|A_1| k^2} \left( \frac{h}{z_0} \right)^2 F \left( \frac{z_0}{h}; \frac{h}{L} \right) \quad (13)$$

La forma de la función  $F(z_0/h; h/L)$  se presenta en Mazzeo y Venegas (1991). Los valores de  $(h/z_0)$  estimados a partir de la expresión (13) pueden ser ajustados (con coeficientes de determinación  $\approx 1$ ) a funciones potenciales de la forma (Mazzeo y Venegas, 1991):

$$\frac{h}{z_0} = a \left( \frac{x}{z_0} \right)^b \quad (14)$$

donde los coeficientes  $a$  y  $b$  son funciones del parámetro de estabilidad atmosférica  $z_0/L$  (Venegas y Mazzeo, 2002, 2006a, 2006b; Mazzeo y Venegas, 2010).

Reemplazando la expresión (14) en la (11), se obtiene:

$$C(x,0) = \frac{a Q}{|A_1| k u^*} \left( \frac{x}{z_0} \right)^b \quad (15)$$

La expresión (15) es aplicable a una fuente areal semi-infinita que emite continuamente contaminantes con flujo uniforme (Q). La expresión para evaluar C(x,0) para una fuente continua finita de intensidad Q, ubicada entre x=0 y x=x<sub>1</sub>, puede obtenerse restando de la ecuación (15) la que corresponde a la concentración de contaminantes aportada por otra fuente de emisión continua de contaminantes y semi-infinita cuyo flujo de emisión es Q, que se extiende para x>x<sub>1</sub>:

$$C(x,0) = \frac{a Q [x^b - (x - x_1)^b]}{|A_1| k z_0^b u^*} \quad (16)$$

En un área urbana, puede considerarse que existe una distribución horizontal de fuentes areales cuyo flujo másico de emisión Q(x) varía con la distancia (x) de acuerdo con un reticulado específico. Si el flujo másico de emisión de contaminantes es constante dentro de cada retículo y está dado por Q<sub>i</sub> con i=0, 1, 2,...N, la variación con la distancia x, de la concentración a nivel del suelo para x > x<sub>i</sub> (i=0, 1, 2,...N) puede obtenerse mediante:

$$C(x,0) = \frac{a \left[ Q_0 x^b + \sum_{i=1}^N (Q_i - Q_{i-1})(x - x_i)^b \right]}{\left( |A_1| k z_0^b u^* \right)} \quad (17)$$

Esta expresión es aplicable a la estimación de la concentración de contaminantes en aire a nivel del suelo.

Sustituyendo la ecuación (17) en la (9), se obtiene:

$$C(x, z) = \frac{a \left[ Q_0 x^b + \sum_{i=1}^N (Q_i - Q_{i-1})(x - x_i)^b \right]}{\left( |A_1| k z_0^b u^* \right)} \sum_{j=0}^6 A_j \left( \frac{z}{h} \right)^j \quad (18)$$

La ecuación (18) es la expresión general del modelo DAUMOD, que permite calcular la concentración de contaminantes en aire a distintas distancias x y a diferentes alturas z.

La concentración de fondo de contaminantes que pueden considerarse 'inertes' se estima mediante las expresiones (17) y (18), según corresponda. Las concentraciones de fondo de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo se obtienen a partir de las concentraciones de NO<sub>x</sub> estimadas por la ecuación (17) y la siguiente relación empírica entre la concentración de NO<sub>2</sub> y la de NO<sub>x</sub> para áreas urbanas (Derwent y Middleton, 1996; Dixon y colaboradores, 2001; CERC, 2003; Middleton y colaboradores, 2007):

$$[NO_2] = 2,166 - [NO_x] (1,236 - 3,348 A + 1,933 A^2 - 0,326 A^3) \quad (19)$$

donde A = log<sub>10</sub> ([NO<sub>x</sub>]) y las concentraciones horarias [NO<sub>x</sub>] y [NO<sub>2</sub>] están expresadas en ppb.

En la aplicación del DAUMOD se requiere un viento constante y estacionario durante el período de cálculo de la concentración. Generalmente, este tiempo es una hora. Los cálculos se

efectúan a lo largo de los retículos sucesivos dispuestos en la dirección del viento desde un extremo al otro del área urbana. A partir de las aplicaciones de las ecuaciones (17) y (18), se ha observado que las concentraciones estimadas en cualquier receptor tienen su origen principalmente en las fuentes ubicadas en el retículo donde se encuentra el receptor. Este resultado se debe principalmente a que las distribuciones de las fuentes areales en las ciudades varían generalmente en forma gradual y suave, y las contribuciones de las fuentes areales localizadas en los retículos ubicados en la dirección contraria al viento disminuyen marcadamente con la distancia al receptor. Esta suposición es denominada la "hipótesis de la pluma estrecha", soporta el no considerar la dispersión turbulenta lateral y ha sido utilizada en otros modelos de dispersión atmosférica urbana (Gifford y Hanna, 1973; Arya, 1999).

El modelo DAUMOD fue evaluado comparando los valores calculados de la concentración de contaminantes en aire a nivel del suelo (expresión (17)), con datos de concentración medidos en Bremen (Alemania), Frankfurt (Alemania) y Nashville (EE.UU.) (Mazzeo y Venegas, 1991), y en Copenhague (Dinamarca) (Venegas y Mazzeo, 2002). La validación del DAUMOD en la Ciudad de Buenos Aires se presenta en Mazzeo y Venegas (2004) y Venegas y Mazzeo (2006a). Algunas aplicaciones de diferentes versiones del DAUMOD a las emisiones de la Ciudad de Buenos Aires han sido presentadas en diferentes trabajos (Mazzeo y Venegas, 2004, 2008, 2010; Mazzeo y colaboradores, 2010; Pineda Rojas y Venegas, 2008, 2009, 2010; Venegas y Mazzeo, 2005, 2006a, 2006b; Venegas y colaboradores, 2011).

Los resultados de la evaluación muestran que las estimaciones del DAUMOD de las concentraciones correspondientes a períodos cortos de promedio (horario y diario) son buenas y mejoran cuando el período de promedio es más extendido (meses y años).

### **Estimación de las concentraciones de NO<sub>2</sub> en aire en el AMBA**

Las concentraciones de fondo de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) se estimaron aplicando el modelo de dispersión atmosférica urbana (DAUMOD) a las emisiones de óxidos de nitrógeno provenientes de las fuentes areales localizadas en el AMBA.

#### **Emisiones de NO<sub>x</sub> a la atmósfera en el AMBA**

Los datos de emisiones de NO<sub>x</sub> a la atmósfera en el Área Metropolitana de Buenos Aires, provienen del inventario de emisiones de NO<sub>x</sub> desde fuentes areales ubicadas en el AMBA (Venegas y colaboradores, 2011). La resolución espacial de este inventario es 1km x 1km. Se evaluaron las emisiones de NO<sub>x</sub> debidas a las residencias, comercios y pequeñas industrias en cada retículo, considerado como fuente areal. La contribución de las emisiones vehiculares fue adicionada a esas emisiones y el total fue considerado como la emisión areal de cada retículo. La variación espacio-temporal de las emisiones está principalmente relacionada con la variación temporal del flujo de vehículos. En el Área Metropolitana de Buenos Aires se concentran aproximadamente el 43 % de los automóviles privados, el 60 % de los taxis, el 50 % de los colectivos urbanos e interurbanos y el 29 % del transporte de carga del país. Cinco parámetros vinculados al tránsito automotor fueron considerados: flujo, composición, velocidad de los vehículos, su antigüedad y distancia de viaje en cada grilla. Se tuvo en cuenta la siguiente composición de la flota vehicular en toda el área: a) autopistas: 89.7 % de automóviles de pasajeros y 10.3 % de colectivos y camiones, b) rutas, avenidas y calles principales: 95 % de automóviles de pasajeros y 5 % de colectivos y camiones, y c) calles: 99 % de automóviles de pasajeros y 1 % de colectivos y camiones. Los factores de emisión utilizados para fuentes móviles de emisión están basados en mediciones realizadas en Buenos Aires (Rideout y colaboradores, 2005) y en valores presentados por la Agencia Ambiental Europea (European Environment Agency, 2001). Típicamente, durante los días hábiles las horas de máximo flujo

vehicular ("horas pico") se encuentran comprendidas entre las 08:00 y 09:00 horas y entre las 19:00 y 21:00 horas. Otras fuentes de emisión incluidas en el inventario, son los aviones que aterrizan, se desplazan y despegan en el Aeroparque Jorge Newbery (ubicado en la Ciudad de Buenos Aires) y en el Aeropuerto Ministro Pistarini (localizado en el Partido de Ezeiza). Las emisiones generadas por esta actividad, fueron incorporadas en los retículos correspondientes, considerando la variación horaria del número de aterrizajes y despegues de aeronaves en cada aeropuerto. En la Figura 2 se presenta el aporte relativo porcentual de cada actividad (residencial, comercial, pequeñas industrias, aviones, vehículos) a la emisión anual de  $\text{NO}_x$  en el Área Metropolitana de Buenos Aires.

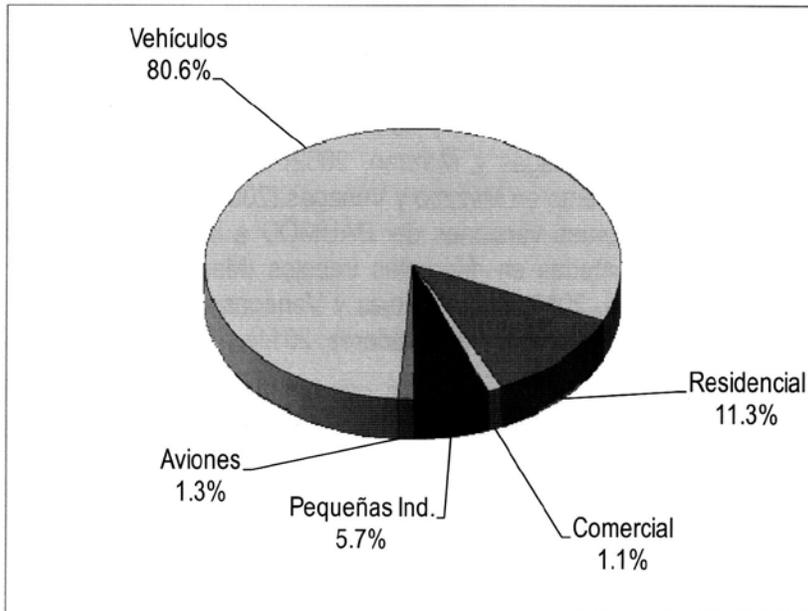
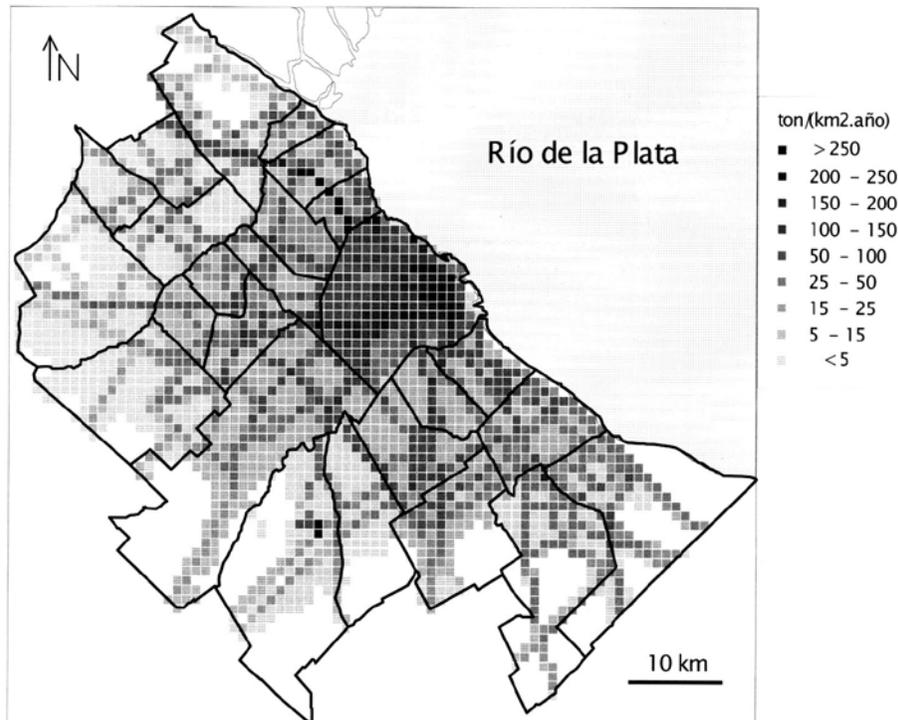


Figura 2. Aporte relativo porcentual de cada actividad (residencial, comercial, pequeñas industrias, aviones, vehículos) a la emisión anual de  $\text{NO}_x$  en el Área Metropolitana de Buenos Aires. (Vehículos: automóviles, taxis, buses y camiones)

A modo de ejemplo se incluye en la Figura 3 la distribución espacial de la intensidad de emisión anual de  $\text{NO}_x$  de las fuentes areales inventariadas en el AMBA utilizando un reticulado cuya resolución es 1km x 1km.



**Figura 3. Distribución espacial de la intensidad de emisión anual [tn/(km<sup>2</sup>año)] de NO<sub>x</sub> desde fuentes areales en el Área Metropolitana de Buenos Aires. Resolución espacial: 1km x 1km.**

#### Concentraciones de fondo estimadas de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo

Las concentraciones horarias de fondo de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo en el Área Metropolitana de Buenos Aires se estimaron aplicando el modelo DAUMOD, utilizando tres años de información meteorológica horaria registrada en las estaciones meteorológicas Aeroparque Aero y Ezeiza Aero del Servicio Meteorológico Nacional. Los mayores valores de la concentración de fondo de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo se obtuvieron en el micro-centro de la Ciudad de Buenos Aires y en las autopistas del Área Metropolitana de Buenos Aires. El máximo valor estimado de la concentración horaria de fondo de NO<sub>2</sub> fue 184 ppb en el micro-centro de la ciudad. Los valores estimados de la concentración horaria de fondo resultaron inferiores al estándar de calidad del aire cuyo valor es 200 ppb (Decreto 198/06 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Resolución 242/97 de la Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires). Los mayores valores de la concentración horaria de fondo de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo se obtuvieron a las 20:00h, como resultado del alto flujo vehicular en esa "hora pico" vespertina y las condiciones de estabilidad atmosférica (atmósfera neutral o levemente estable). La distribución espacial de los valores medios de la concentración horaria de fondo de NO<sub>2</sub> para las 20:00h, obtenidos para los tres años de información utilizados, se presenta en la Figura 4.

La distribución espacial de la concentración media anual de concentraciones de fondo de NO<sub>2</sub> en aire en el Área Metropolitana de Buenos Aires se presenta en la Figura 5. Esta Figura muestra la marcada variación espacial de la concentración media anual en el área, verificándose valores relativamente altos cerca de las autopistas, en áreas con alta densidad de tránsito y en los alrededores de los aeropuertos. La máxima concentración media anual de fondo de NO<sub>2</sub> en la zona es 28 ppb en el micro-centro de la ciudad. Todos los valores estimados son inferiores a 53 ppb (estándar de calidad del aire establecido por el Decreto 198/06 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Resolución 242/97 de la Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires).

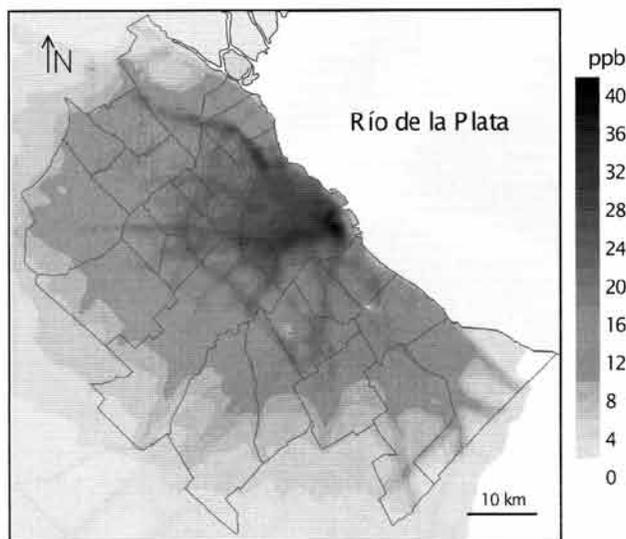


Figura 4. Valores horarios medios de la concentración de fondo de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo estimados para la "hora pico" vespertina (20:00h)

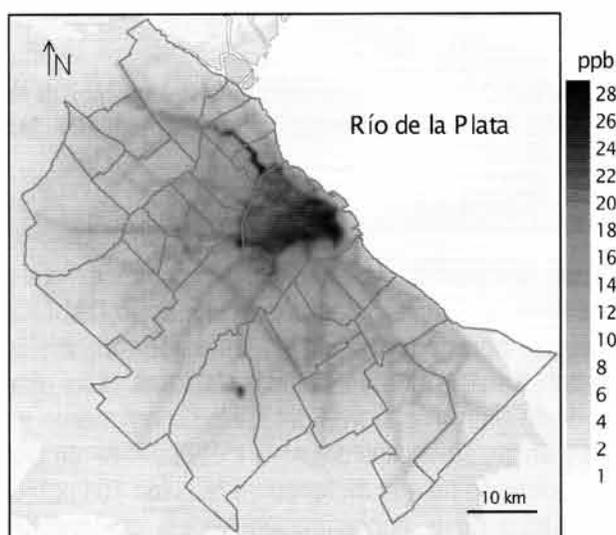


Figura 5. Distribución espacial de la concentración de fondo media anual de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo.

## Influencia del viento y de las emisiones de NO<sub>x</sub> en el Gran Buenos Aires sobre las concentraciones de NO<sub>2</sub> en aire, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Para estudiar la influencia de la dirección del viento y de las emisiones de NO<sub>x</sub> en el entorno de la ciudad sobre la calidad del aire en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se analizaron los valores horarios estimados para las 20:00h. Se seleccionó esta hora debido a que durante esta "hora pico" se presentaron los mayores valores de la concentración de fondo de NO<sub>2</sub> en la ciudad. Las concentraciones horarias de fondo de NO<sub>2</sub> estimadas por el DAUMOD para las 20:00h fueron mayores que 100 ppb en 48 km<sup>2</sup> de la ciudad. La distribución espacial del número de casos con valores horarios superiores a 100 ppb, obtenidos en los tres años, se presenta en la Figura 6. La mayor frecuencia de casos (N>12) ocurrió en 9 km<sup>2</sup> del macro-centro de la ciudad.

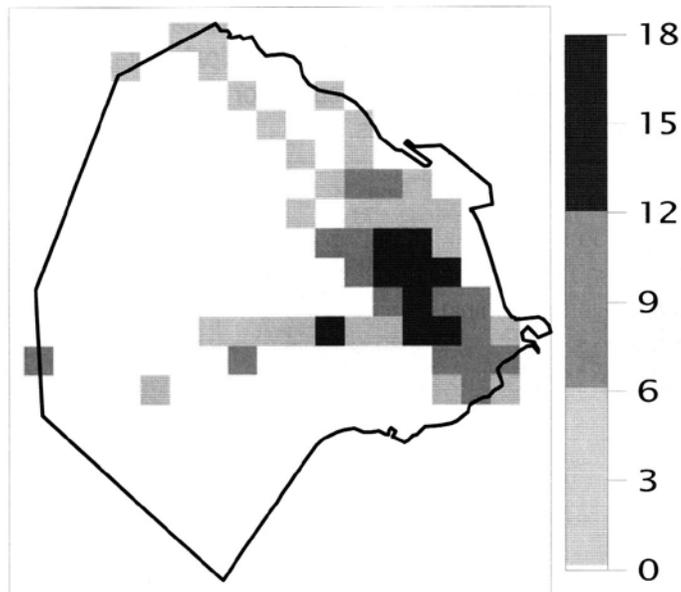


Figura 6. Distribución espacial del número casos de concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> para las 20:00h, mayores que 100 ppb, en tres años.

El efecto del viento sobre la distribución espacial de las concentraciones horarias de fondo de NO<sub>2</sub> en aire en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires puede estudiarse mediante el análisis de los valores estimados por el modelo DAUMOD para 16 direcciones del viento (cada 22,5°), considerando las emisiones de NO<sub>x</sub> correspondientes a la "hora pico" vespertina (20:00h), condiciones de atmósfera neutral y velocidad del viento de 4m/s, que es la velocidad más probable para esa hora (Figura 7).

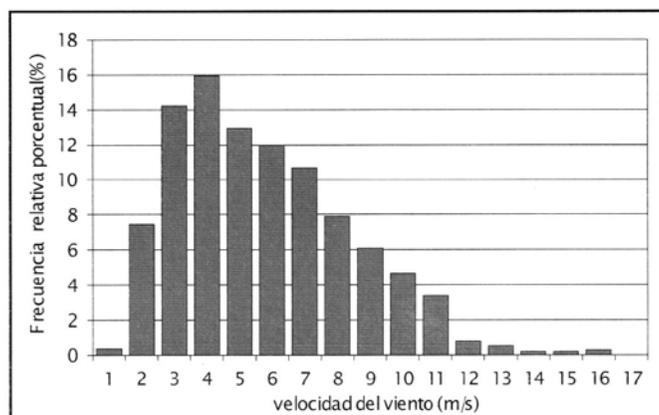


Figura 7. Distribución de frecuencia porcentual de velocidades del viento registradas en Aeroparque a las 20:00h

Las distribuciones espaciales de las concentraciones horarias de fondo de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires correspondientes a las 20:00h, obtenidas para diferentes direcciones del viento se presentan en la Figura 8. Los resultados muestran que, cuando el viento proviene desde el Río de la Plata (N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE), los niveles de la concentración en diferentes lugares de la ciudad no siempre disminuyen. Cuando se presentan vientos provenientes del NNE, NE, ENE, E y ESE, los valores de las concentraciones obtenidas en zonas costeras son bajos y se incrementan suavemente con la distancia en la dirección del viento. En los casos en que el viento provenga de los sectores SE y SSE, los valores de la concentración en la ciudad son más elevados que en los casos anteriores.

Los mayores valores de concentración en la ciudad se presentan con vientos procedentes del W, WNW, NW y NNW. El viento del NW transporta, principalmente, aire contaminado por los contaminantes emitidos por los vehículos que circulan por la Autopista Palazzo, cuyo flujo medio de tránsito supera los 250.000 vehículos diarios.

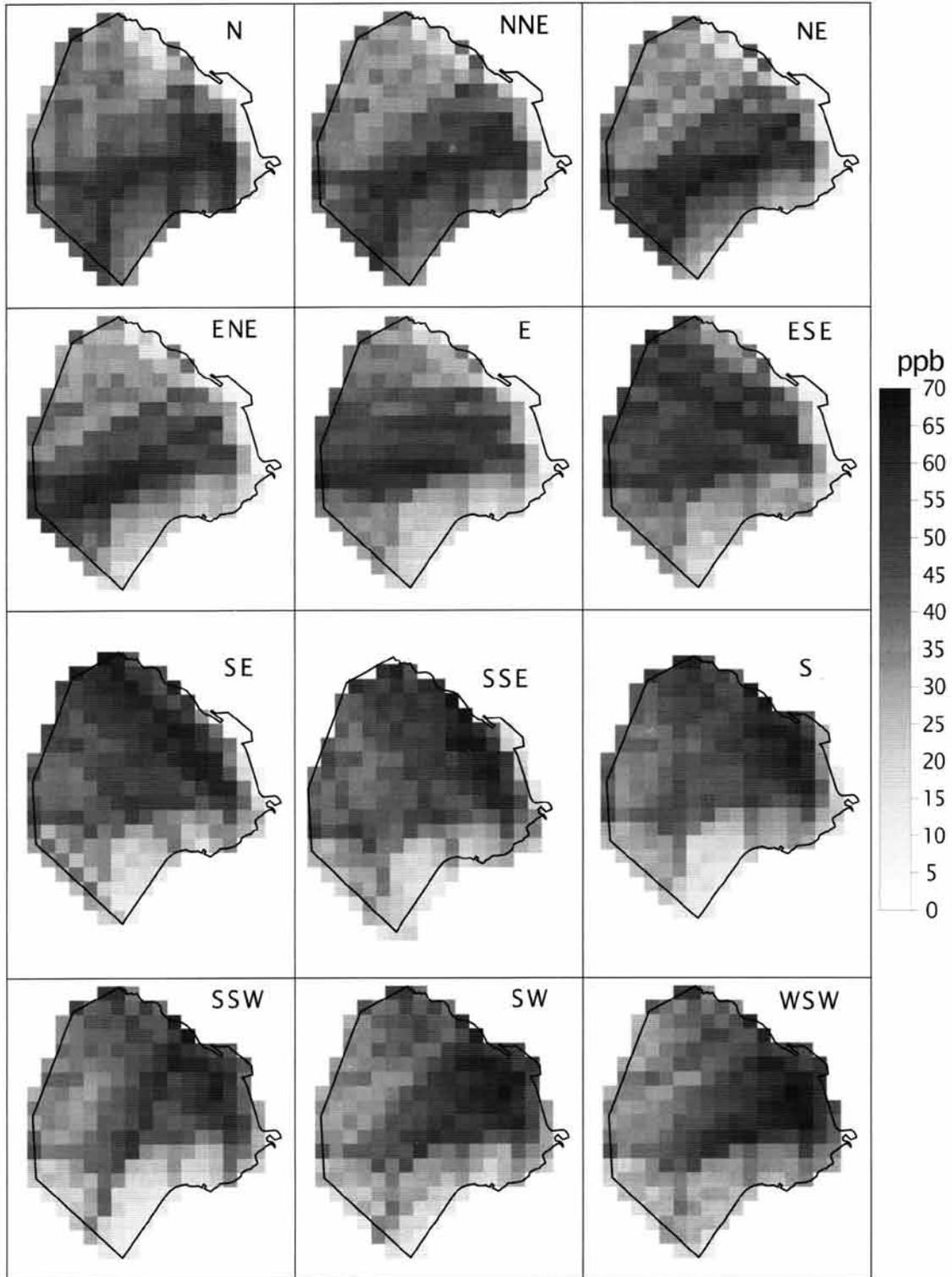


Figura 8. Concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> estimadas para la “hora pico” vespertina (20:00h), condiciones de neutralidad atmosférica, velocidad del viento de 4m/s y la dirección del viento indicada en cada caso.

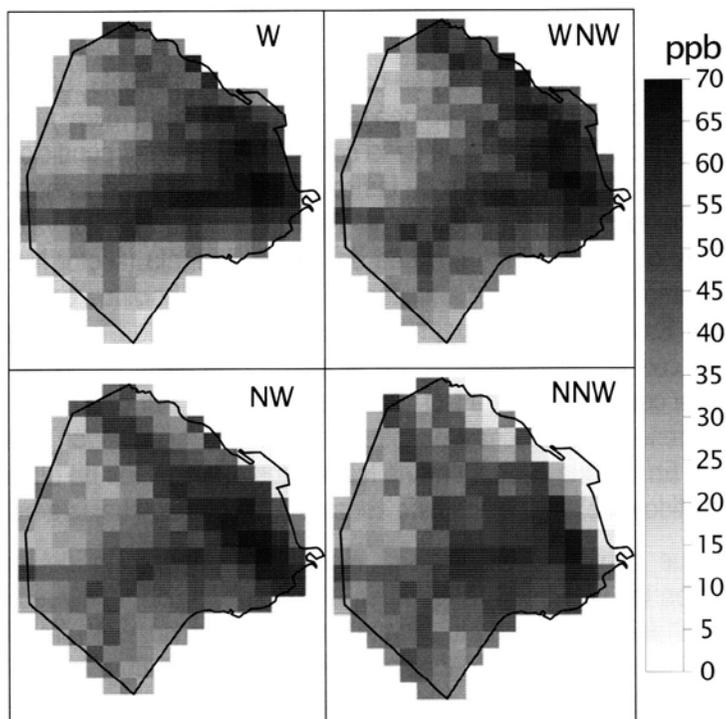


Figura 8 (continuación). Concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> estimadas para la “hora pico” vespertina (20:00h), condiciones de neutralidad atmosférica, velocidad del viento de 4m/s y la dirección del viento indicada en cada caso.

Como se observa en la Figura 8, valores relativamente altos de concentración pueden presentarse en la zona céntrica de la ciudad para todas las direcciones del viento. En la Figura 9 se presenta la distribución espacial correspondiente a las 20:00h de la amplitud ( $C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}}$ ) de los valores estimados de la concentración horaria de NO<sub>2</sub> en la ciudad. Esta Figura proporciona un esquema de la distribución espacial de la variabilidad de la concentración de fondo de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo en el área urbana influida por diferentes direcciones del viento.

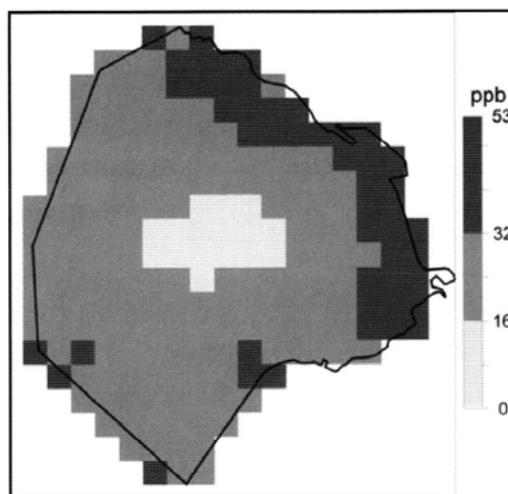


Figura 9. Valores de la amplitud ( $C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}}$ ) (ppb) de concentraciones horaria de NO<sub>2</sub> para las 20:00h, estimada considerando 16 direcciones del viento.

Las mayores amplitudes ( $> 32$  ppb) se presentan, principalmente, en la zona costera ( $41 \text{ km}^2$ ) y las menores ( $< 16$  ppb) en el centro geográfico de la ciudad ( $16 \text{ km}^2$ ). En el resto del área de la ciudad, las amplitudes de los valores de la concentración en las condiciones consideradas, se encuentran entre 16-32 ppb. El efecto de las relativamente altas concentraciones en la zona costera cuando el viento proviene del sector W-WNW contrasta con los valores menores que ocurren en los casos en que el viento procede del Río de la Plata (sector N-SE), verificándose altos valores de la amplitud. La mayor amplitud de los valores horarios de la concentración de  $\text{NO}_2$  resultó 53 ppb. Estos resultados permiten resaltar el marcado efecto que la dirección del viento (en conjunto con la heterogeneidad de la distribución espacial de las emisiones en el AMBA) tiene sobre la concentración de  $\text{NO}_2$  en la zona costera. Por otra parte, la variación de la dirección del viento tiene poca influencia en los valores de la concentración obtenidos en la zona central de la ciudad. En la zona central urbana los vientos procedentes de diferentes direcciones transportan  $\text{NO}_2$  emitido en el entorno de esta zona de relativamente bajas amplitudes.

Resultados que confirman lo obtenido mediante la aplicación del modelo DAUMOD pueden observarse en los valores registrados en las estaciones de monitoreo de la Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires localizadas en La Boca (Avenida Brasil al 100) (Figura 10) y frente al Parque Centenario (Figura 11). Un análisis de estos valores se encuentra en Venegas y Mazzeo (2010a). La estación La Boca está ubicada en una zona costera y la estación Parque Centenario se encuentra en la zona central de la ciudad. En las Figuras 12 y 13 se presentan las rosas de contaminación media para el dióxido de nitrógeno observada y calculada por el modelo, correspondientes a estas dos estaciones, respectivamente.



Figura 10. Ubicación de la estación de monitoreo La Boca (foto: Google Earth)



Figura 11. Estación de monitoreo Parque Centenario (foto: Google Earth)

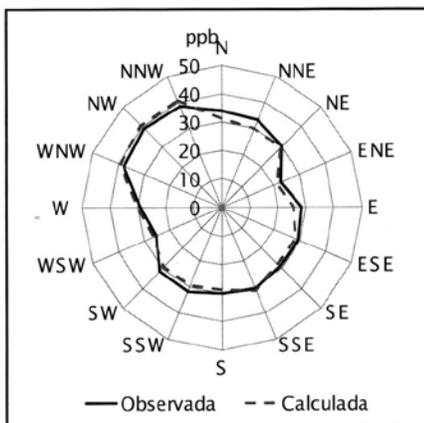


Figura 12. Rosa de contaminación media de NO<sub>2</sub>. Estación La Boca.

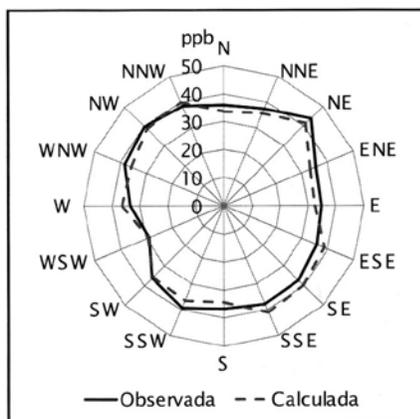


Figura 13. Rosa de contaminación media de NO<sub>2</sub>. Estación Parque Centenario.

En las Figuras 14 y 15 se incluyen los valores del t-Student obtenidos de la comparación entre las concentraciones medias calculada y estimada para cada dirección del viento, presentadas en las Figuras 12 y 13. En general, las rosas de viento calculadas por el modelo para ambos lugares no son significativamente diferentes de las observadas. En la Estación La Boca la concentración media estimada para la dirección norte puede considerarse diferente (al nivel de significancia del 5 %) de la observada y en la Estación Parque Centenario, el valor estimado y el observado para la dirección oeste son diferentes (al nivel de significancia del 5 %). Los valores medios calculados y observados para las otras direcciones del viento son estadísticamente iguales ya que esta semejanza no puede rechazarse (ni siquiera al nivel de significancia del 5 %).

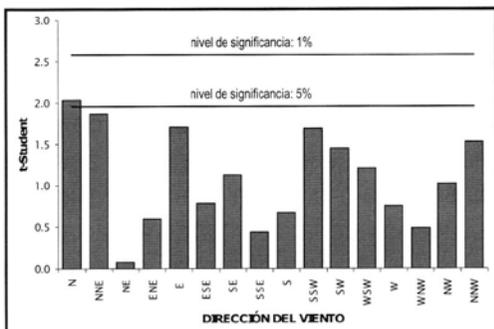


Figura 14. Valores de t-Student de la comparación entre los valores de las rosas de contaminación media de NO<sub>2</sub>. Estación La Boca.

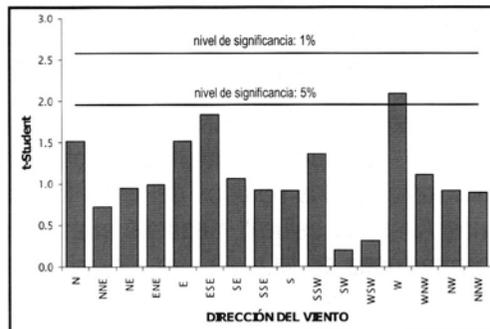


Figura 15. Valores de t-Student de la comparación entre los valores de las rosas de contaminación media de NO<sub>2</sub>. Estación Parque Centenario.

En la rosa de contaminación media obtenida utilizando las mediciones realizadas en la estación de monitoreo La Boca (Figura 12), se analizaron los valores medios de concentración de NO<sub>2</sub> correspondientes a los siguientes sectores NNE→ENE→SE (vientos desde el Río de la Plata) y SE→WSW→NNE (vientos procedentes del área urbana). El promedio de las concentraciones, para vientos procedentes del sector NNE→ENE→SE fue 29,2 ppb y para el sector SE→WSW→NNE fue 33,0 ppb. El valor medio de la concentración de NO<sub>2</sub> cuando el viento proviene del río (NNE→ENE→SE) resultó significativamente (al nivel de significancia del 1 %) menor que el que corresponde al sector de vientos provenientes de la ciudad

(SE→WSW→NNE). Estos resultados concuerdan cualitativamente con la relativamente alta amplitud de las concentraciones estimadas mediante del modelo DAUMOD (Figura 9).

Por otra parte, en el caso de los valores registrados en la estación Parque Centenario (Figura 13) ubicada en la zona central de la ciudad, inicialmente se dividió la circunferencia según la recta de dirección SSE-NNW en dos semicircunferencias que definen los sectores NNW→ENE→SSE y SSE→WSW→NNW. La concentración media de NO<sub>2</sub> en aire para los casos en que el viento provino del sector NNW→ENE→SSE fue 36,9 ppb y para vientos provenientes del sector SSE→WSW→NNW fue 35,9 ppb. Estos valores medios no son significativamente diferentes (al nivel de significancia del 1 %). Luego, se realizó una segunda división según la recta de dirección WSW-ENE con semicircunferencias que definen dos sectores ENE→SSE→WSW y WSW→NNW→ENE. La concentración media de NO<sub>2</sub> en aire para los casos en que el viento provino del sector ENE→SSE→WSW fue 36,3 ppb y para vientos provenientes del sector WSW→NNW→ENE fue 36,2 ppb. Estos valores medios tampoco resultaron significativamente diferentes (al nivel de significancia del 1 %). Estas comparaciones indicarían que, en esta estación de monitoreo las concentraciones de NO<sub>2</sub> en aire se encontrarían afectadas por aportes similares procedentes de las diferentes zonas circundantes, coincidentemente con las escasas amplitudes de las concentraciones estimadas por el DAUMOD para esta zona (Figura 9).

## Conclusiones

Se estimaron los valores horarios de la concentración de NO<sub>2</sub> en el Área Metropolitana de Buenos Aires, aplicando el modelo de dispersión atmosférica urbana DAUMOD a las emisiones de NO<sub>x</sub> en el Área Metropolitana de Buenos Aires, utilizando tres años de información meteorológica horaria. Los niveles más altos de la concentración horaria de NO<sub>2</sub> se presentaron en el micro-centro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en los alrededores de las principales arterias de tránsito (autopistas y zonas de alta densidad vehicular). La mayor concentración de NO<sub>2</sub> resultó 184 ppb y se presentó en la “hora pico” vespertina (20:00h). Los valores estimados para esta hora superaron los 100 ppb en el 24 % del área de la ciudad.

La influencia de la dirección del viento y del NO<sub>x</sub> proveniente de las fuentes de emisión (vehículos, actividad residencial, actividad comercial, pequeñas industrias, aeropuerto internacional) de los partidos del Gran Buenos Aires sobre la calidad del aire en la Ciudad de Buenos Aires, se estudió mediante el análisis de la variación de la distribución espacial de las concentraciones de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo a las 20:00h, para diferentes direcciones del viento. Para vientos provenientes del NNE, NE, ENE, E y ESE, las concentraciones de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo en la zona costera son bajas y aumentan suavemente con la distancia en la dirección del viento. Por otra parte, valores más altos de concentración se presentaron con vientos procedentes del sector W-NNW. Aire “contaminado” es transportado hacia la ciudad desde la autopista Palazzo ubicada al NW de la ciudad.

En el centro geográfico de la ciudad, las concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> en aire a nivel del suelo durante la “hora pico” vespertina mostraron variaciones pequeñas para diferentes direcciones del viento. Las mayores variaciones de estas concentraciones se encuentran en la zona costera, donde el rango de los valores estimados de las concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> supera los 32 ppb, pudiendo llegar a 53 ppb. Esto es el resultado del contraste entre el aire “limpio” procedente del Río de la Plata y el aire “contaminado” con las emisiones generadas por la ciudad. Los resultados del análisis de las rosas de contaminación media obtenidas para las estaciones de monitoreo ubicadas en las zonas costera y central de la ciudad, coinciden cualitativamente con la distribución espacial de las amplitudes de las concentraciones estimadas por el modelo DAUMOD.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen el apoyo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Proyecto CONICET PIP-0304 y al Servicio Meteorológico Nacional por la información meteorológica utilizada.

## Referencias

- ARKOULI, M.; ULKE, A. G.; ENDLICHER, W.; BAUMBACH, G.; SCHULTZ, E.; VOGT, U.; MÜLLER, M.; DAWIDOWSKI, L.; FAGGI, A.; WOLF-BENNING, U.; SCHEFFKNECHT, G. (2010). *Distribution and temporal behaviour of particulate matter over the urban area of Buenos Aires*. Atmospheric Pollution Research 1, 1-8.
- ARYA, S. P. (1999). *Air Pollution Meteorology*. Oxford University Press. New York.
- BENARIE, M. M. (1980). *Urban Air Pollution Modelling*, The MacMillan Press, Ltd.
- BERKOWICZ, R. (2000). *A simple model for urban background pollution*. Environmental Monitoring and Assessment 65, 259-267.
- BOCCA, B.; CAIMI, S.; SMICHOWSKI, P.; GÓMEZ, D.; CAIROLI, S. (2006) *Monitoring Pt and Rh in urban aerosols from Buenos Aires, Argentina*. The Science of the Total Environment 358, 255-264.
- BOGO, H.; NEGRI, R. M.; SAN ROMÁN, E. (1999). *Continuous measurement of gaseous pollutants in Buenos Aires City*. Atmospheric Environment 33, 2587-2598.
- BOGO, H.; GÓMEZ, D. R.; REICH, S. L.; NEGRI, R. M.; SAN ROMÁN, E. (2001). *Traffic pollution in downtown of Buenos Aires City*. Atmospheric Environment 35, 1717-1727.
- BOGO, H.; OTERO, M.; CASTRO, P.; OZAFRÁN, M. J., KREINER, A.; CALVO, E. J.; NEGRI, R. M. (2003). *Study of atmospheric particulate matter in Buenos Aires City*. Atmospheric Environment 37, 1135-1147.
- CARRUTHERS, D. J.; HOLROYD, R. J.; HUNT, J. C. R., WENG, W. S; ROBINS, A. G.; ASHLEY, D. D.; THOMPSON, D. J.; SMITH, F. B. (1994). *UK-ADMS: a new approach to modelling dispersion in the earth's boundary layer*. Journal of Wind Engineering 52, 139-153.
- CERC, (2003). *ADMS-Urban. An Urban Air Quality Management System. User Guide. Version 2.0*. Cambridge Environmental Research Consultants Ltd., Cambridge.
- CIMORELLI, A. J.; PERRY, S. G.; VENKATRAM, A.; WEIL, J. C.; PAINE, R. J.; WILSON, R. B.; LEE, R. F.; PETERS, W. D.; BRODE, R. W. (2005). *AERMOD: A dispersion model for industrial source applications Part I: General model formulation and boundary layer characterization*. Journal of Applied Meteorology 44, 682-693.
- DERWENT, R. G; MIDDLETON, D. R. (1996). *An empirical function for the ratio NO<sub>2</sub>:NO<sub>x</sub>*. Clean Air 26, 57-62.
- DIXON, J.; MIDDLETON, D. R.; DERWENT, R. G. (2001). *Sensitivity of nitrogen dioxide concentrations to oxides of nitrogen controls in the United Kingdom*. Atmospheric Environment 35, 3715-3728.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2001). *Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook*. Third Edition, Copenhagen.

FAGUNDEZ, L. A.; FERNÁNDEZ, V. L.; MARINO, T. H.; MARTÍN, I.; PERSANO, D. A.; RIVAROLA Y BENÍTEZ M.; SADAÑIOWSKI I.V.; CODNIA J.; ZALTS A. (2001). *Preliminary air pollution monitoring in San Miguel, Buenos Aires*. Environmental Monitoring and Assessment 71, 61-70.

GIFFORD, F. A.; HANNA, S. R. (1973). *Modelling urban air pollution*. Atmospheric Environment, 7, 131-136.

GRYNING, S. E.; FOOTSLAG, A. A. M.; IRWIN, J. S.; SIVERTSEN, B. (1987). *Applied dispersion modelling based on meteorological scaling parameters*. Atmospheric Environment 21, 79-89.

Hanna, S.; Britter, R.; Franzese, P. (2002). *Simple screening models for urban dispersion*. Proceedings of the 8th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Sofia, Bulgaria, October 2002.

INDEC. (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010: total del país, resultados provisionales*. 1a Edición. Buenos Aires. Instituto Nacional de Estadística y Censos.

JICA-SAyDS (2002). *Estudio o línea de base de concentración de gases contaminantes en atmósfera en el área de Dock Sud en Argentina*. Agencia de Cooperación Internacional del Japón en Argentina-Sec. de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Informe Final.

KARPPINEN, A.; KUKKONEN, J.; ELOLÄHDE, T.; KONTTINEN, M.; KOSKENTALO, T.; RANTAKRANS, E. (2000). *A modelling system for predicting urban air pollution: model description and applications in the Helsinki metropolitan area*. Atmospheric Environment 34, 3723-3733

MAZZEO, N. A.; VENEGAS, L. E. (1991). *Air pollution model for an urban area*. Atmospheric Research 26, 165-179.

MAZZEO, N. A.; VENEGAS, L. E. (2002). *Estimation of cumulative frequency distribution for carbon monoxide concentration from wind-speed data in Buenos Aires (Argentina)*. Water, Air and Soil Pollution: Focus 2, 419-432.

MAZZEO, N. A.; VENEGAS, L. E. 2004). *Some aspects of air pollution in Buenos Aires City (Argentina)*. International Journal of Environment & Pollution 22(4), 365-378.

MAZZEO, N. A.; VENEGAS, L. E. (2008). *Design of an air quality surveillance system for Buenos Aires city integrated by a NO<sub>x</sub> monitoring network and atmospheric dispersion models*. Environmental Modelling & Assessment 13, 349-356.

MAZZEO, N. A.; VENEGAS, L. E. (2010). Chapter 2: *Development and application of a methodology for designing a multi-objective and multi-pollutant air quality monitoring network for urban areas*. En: *Air Quality*. A. Kumar (Ed.), (23-47), Sciyo, Rijeka, Croatia. www.sciyo.com

MAZZEO, N. A., VENEGAS, L. E.; CHOREN, H. (2005). *Analysis of NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub> concentrations measured at a green area of Buenos Aires City during wintertime*. Atmospheric Environment 39, 3055-3068.

- MIDDLETON, D. R.; SOKHI, R. S.; FISHER, B. E. A. (2007). *Simple curves for estimating nitrogen dioxide in industrial plumes*. En: Sokhi, R.S. and Neophytou, M. (eds), 6<sup>th</sup> Int. Conference on Urban Air Quality, Univ. of Hertfordshire, UK.
- MORRIS, R. E.; MYERS, T. C. (1990). *User's Guide to the Urban Airshed Model*, Vol. I-V. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- PASQUILL, F.; SMITH, F. B. (1983). *Atmospheric Diffusion*. John Wiley & Sons, New York.
- PINEDA ROJAS, A. L.; VENEGAS, L. E. (2008). *Dry and wet deposition of nitrogen emitted in Buenos Aires city to waters of de la Plata River*. Water, Air and Soil Pollution, 193, 175-188.
- PINEDA ROJAS, A. L.; VENEGAS, L. E. (2009). *Atmospheric deposition of nitrogen emitted in the Metropolitan Area of Buenos Aires to coastal waters of de La Plata River*. Atmospheric Environment 43, 1339-1348.
- PINEDA ROJAS, A. L.; VENEGAS, L. E. (2010). *Interannual variability of estimated monthly nitrogen deposition to coastal waters due to variations of atmospheric variables model input*. Atmospheric Research 96, 88-102.
- RAGLAND, K. W. (1973). *Multiple box model for dispersion of air pollutants from area sources*. Atmospheric Environment 7, 1007-1032.
- RIDEOUT, G.; GOURLEY, D; WALKER, J. (2005). *Measurement of in service vehicle emissions in Sao Paulo, Santiago and Buenos Aires*. ARPEL Environmental Report #25. Ottawa. ESAA. Canada.
- SCIRE, J. S., STRIMAITIS, D. G.; YAMARTINO, R. J. (1999). *A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model*. Tech. Rep. Earth Tech. Inc., Concord, MA, 521pp.
- SHARMA, V. (1976). *An area-source model for urban air pollution applications*. Atmospheric Environment 10, 1027-1032.
- U.S.EPA. (1995). *User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models*. Volume II. Description of Model Algorithms. EPA-454/B-95-003b.
- U.S.EPA. (2004). *User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model-AERMOD*, EPA-454/B-03-001. United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
- VENEGAS, L. E.; MAZZEO, N. A. (2000). *Carbon monoxide concentrations in a street canyon at Buenos Aires City (Argentina)*. Environmental Monitoring & Assessment 65, 417-424.
- VENEGAS, L. E.; MAZZEO, N. A. (2002). *An evaluation of DAUMOD model in estimating urban background concentrations*. Water, Air & Soil Pollution: Focus 2, 433-443.
- VENEGAS, L. E.; MAZZEO, N. A. (2003). *Air quality in an area of Buenos Aires City (Argentina)*. Proceedings of the III Congresso Interamericano de Qualidade do Ar, Canoas, Brasil, July 2003.
- VENEGAS, L. E.; MAZZEO, N. A. (2005). *Application of atmospheric dispersion models to evaluate population exposure to NO<sub>2</sub> concentration in Buenos Aires*. International Journal of Environment and Pollution 25, 224-238

VENEGAS, L. E.; MAZZEO, N. A. (2006a). *Modelling of urban background pollution in Buenos Aires City (Argentina)*. *Environmental Modelling & Software* 21, 577-586.

VENEGAS, L. E.; MAZZEO, N. A. (2006b). *Air Quality Monitoring Network Design to Control PM<sub>10</sub> in Buenos Aires*. *International Journal of Latin American Applied Research* 36, 241-247.

VENEGAS, L. E.; MAZZEO, N. A. (2010a). *Air quality at different sites in the city of Buenos Aires*. *Proceedings of the A&WMA International Specialty Conference. Leapfrogging Opportunities for Air Quality Improvement*, Xi'an, China, May 2010, 175-180.

VENEGAS, L. E.; MAZZEO, N. A. (2010b). "An ambient air quality monitoring network for Buenos Aires city". *International Journal of Environment and Pollution*, 40, 184-194.

VENEGAS, L. E.; MAZZEO, N. A.; PINEDA ROJAS, A. L. (2011). *Evaluation of an emission inventory and air pollution in the Metropolitan Area of Buenos Aires*. En: *Air Quality Book I*. In Tech Pub. (en prensa).

WIERINGA, J. A. (1980). *Revaluation of the Kansas mast influence on measurements of stress*



## ENTORNOS VIRTUALES COMO COMPLEMENTO AL AULA PRESENCIAL EN EL NIVEL UNIVERSITARIO: APORTES DE UNA EXPERIENCIA EN PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA<sup>1</sup>

**María Cristina Kanobel\***, **Andrea Virginia Alvarez**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, Departamento de Matemática, Av. Ramón Franco 5050, Villa Domínico (1870), Buenos Aires, Argentina.

*\*Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*

*Correo electrónico: mkanobel@fra.utn.edu.ar*

Recibido el 11 de junio de 2011; aceptado el 23 de junio de 2011

### Resumen

Se describe una experiencia de aprendizaje colaborativo mediada por el entorno Moodle, aplicado como apoyo a la enseñanza presencial en un curso de probabilidad y estadística de la Facultad Regional Avellaneda de la Universidad Tecnológica Nacional durante el primer cuatrimestre del ciclo lectivo 2010, con el objetivo de superar algunas dificultades que presentan los alumnos en la construcción de algunos conceptos de difícil comprensión y favorecer la metacognición.

Los resultados de la experiencia fueron altamente promisorios, en comparación con el rendimiento académico de otros cursos donde no se utilizaron dichas herramientas. Aunque aún no es posible generalizar conclusiones al respecto, a partir de la muestra observada, los primeros resultados y la buena recepción de los estudiantes nos alentaron a seguir trabajando en esta línea de acción durante el resto del 2010 y actualmente en todos los cursos de la cátedra.

**Palabras clave:** metacognición, plataformas virtuales, Moodle, matemática, pensamiento estocástico

### Abstract

A collaborative learning experience using Moodle platform, applied to support a probability and statistics course at Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional, during the first semester of 2010, is described. The objective was to overcome some difficulties that students presented in the construction of some concepts that are hard to learn, as well as to favour the metacognition.

The results of the experience were highly promising, in comparison with the academic performance of other courses where these tools were not applied. Although it is still not possible to generalise conclusions in this respect, the first results and the good predisposition of the students encouraged us to keep working through this line of action during the rest of 2010 and, nowadays, in all the courses of the chair.

---

<sup>1</sup> Trabajo basado en la ponencia presentada en XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática CIAEM-IACME Recife, Brasil, Junio 2011.

**Key Words:** metacognition, b-learning, moodle, mathematics, stochastic thinking

## Introducción

Esta experiencia se inserta en el marco del proyecto que la cátedra de Probabilidad y Estadística viene desarrollando desde hace algunos años, a partir de la problemática del bajo rendimiento de los alumnos que cursan la asignatura; se generó entonces un espacio de reflexión docente para el estudio y la posterior acción, con el objetivo de lograr revertir esa tendencia y satisfacer la necesidad de incrementar el rendimiento académico de los alumnos.

Desde ese momento nos propusimos indagar sobre la problemática que presentan los alumnos en la construcción del pensamiento estocástico y, en consecuencia, elaborar diversas estrategias para abordar conceptos de la Teoría de Probabilidades, de difícil comprensión.

Partimos del diagnóstico obtenido de nuestra experiencia docente sobre las dificultades que aparecen año a año en los procesos de enseñanza y aprendizaje en los cursos de nuestra cátedra.

## Marco teórico

Son conocidas las problemáticas en la construcción del pensamiento estocástico en los distintos niveles de la enseñanza. Diversas investigaciones, provenientes del campo de la psicología y de la didáctica en el ámbito internacional (Shaughnessy, 1992; Agnelli y Peparelli, 2006), reconocen que existen dichas dificultades.

Adicionalmente, existen variados estudios que indican el carácter exclusivamente determinista que el programa de matemática ha tenido hasta hace algunos años y, en contraposición, la necesidad de mostrar al alumno una imagen más equilibrada de la realidad. Se debe mencionar a Fischbein, cuyas obras son un lazo entre psicología y enseñanza. Además de la construcción de conceptos formales, el citado autor se interesa por la aparición de intuiciones parciales sobre conceptos estocásticos, y el efecto de la instrucción sobre la psicología de aprender conceptos probabilísticos. Pensamos que, tal como afirma Fischbein (1975): *“En el mundo contemporáneo, la educación científica no puede reducirse a una interpretación unívoca y determinista de los sucesos. Una cultura científica eficiente reclama una educación en el pensamiento estadístico y probabilístico.”*

Es importante señalar también que hubo una influencia tan fuerte de la investigación en el razonamiento estocástico en psicología que esa revolución probabilística fue comparada con la influencia de estudios cognitivos. Según afirma Shaughnessy (1992) *“esa nueva perspectiva, así como el interés en el desarrollo evolutivo de las ideas estocásticas de la niñez hasta la madurez, han producido numerosas investigaciones psicológicas”*

Sobre la base de nuestra experiencia docente, podemos afirmar que aprender Probabilidad y Estadística es mucho más que recibir información. Los estudiantes necesitan relacionar los nuevos contenidos con sus propios conceptos, acciones y experiencias previas.

Esta investigación se fundamenta también en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, Novak, y Gowin (A-N-G)<sup>1</sup>, que toma el punto de vista cognitivo de la psicología educativa y su relación con el aprendizaje significativo. Concuerdar, además, con una

---

<sup>1</sup> Teoría A-N-G: es la teoría del aprendizaje significativo basada en la teoría de asimilación de Ausubel, en la teoría de educación de Novak y en la teoría heurística de Gowin.

epistemología constructivista, al afirmar que el conocimiento es una producción del ser humano, con las búsquedas, intuiciones, aciertos y desaciertos, y rectificaciones que esto implica. Además, esta teoría indica, entre otras afirmaciones, que el aprendizaje significativo necesita una predisposición al aprendizaje significativo, requiere materiales de aprendizaje significativos y conocimientos previos que resulten relevantes para el concepto que se pretende aprender. Postula, además, que las estrategias de aprendizaje cooperativo son efectivas.

Para que esto ocurra el alumno debe ser consciente de que deberá relacionar el nuevo concepto a aprender, con los aspectos relevantes de su estructura cognoscitiva. Es por esta razón que debemos tener en cuenta que:

- el material a ser aprendido debe ser potencialmente significativo;
- el estudiante que está aprendiendo debe poseer, en su estructura cognitiva, conceptos y proposiciones relevantes capaces de actuar como anclaje para las nuevas ideas a ser asimiladas;
- el sujeto que está aprendiendo debe poder relacionar intencionadamente el material potencialmente significativo, en forma no arbitraria y sustancial, con la estructura cognoscitiva que ya posee. Si alguna de estas condiciones falla, el aprendizaje también se verá afectado.

En la República Argentina, las carreras de Ingeniería se consideran prioritarias para el país. Tanto es así que, en el año 2004, la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología implementó el *Programa de Calidad Universitaria para el mejoramiento de la formación de ingenieros (PROME)*. En los fundamentos de dicho programa se recomendaba que: *“Se deben desplegar estrategias pedagógicas inclusivas, que permitan no sólo la adquisición de los contenidos y habilidades que la carrera requiere, sino también de los modos de abordaje que las distintas disciplinas exigen y de las prácticas propias de la cultura universitaria. Se propone recurrir a estrategias innovadoras, incluso de educación no presencial, como refuerzo y como recurso para procesar la masividad”*.

Partiendo de estas afirmaciones teóricas nos planteamos como problema de investigación el siguiente interrogante: ¿Un entorno virtual puede favorecer la enseñanza y solucionar algunas dificultades en el aprendizaje de conceptos probabilísticos en alumnos de los primeros años del nivel universitario?

Esta pregunta nos sirvió como punto de partida para planteamos un objetivo: evaluar el impacto del uso de la plataforma Moodle como herramienta en los procesos de enseñanza y aprendizaje en los cursos de Probabilidad y Estadística de las carreras de Ingeniería de la Facultad Regional Avellaneda (FRA) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

## Metodología

Una de las estrategias propuestas durante el año 2009 fue la elaboración de un plan de instrucción para la enseñanza de la asignatura con apoyo de la plataforma Moodle<sup>1</sup>, entorno virtual de aprendizaje que se sustenta en el principio de aprendizaje colaborativo y promueve una pedagogía constructivista social (colaboración, actividades, reflexión crítica, etc.). Fue necesario entonces reflexionar adecuadamente sobre nuestra práctica docente, como condición previa para garantizar el éxito de nuestro proyecto.

A partir de este escenario se comenzó a delinear un plan instruccional línea de trabajo relacionada con la metacognición y autorregulación de los aprendizajes para favorecer la

---

<sup>1</sup> Moodle: Plataforma virtual de aprendizaje cuyo nombre significa Modular object oriented dynamic learning environment. Es un *sistema de gestión de cursos* (CMS) diseñado para ayudar al profesor a crear cursos en línea.

construcción del pensamiento estocástico en los estudiantes que cursan Probabilidad y Estadística en la Regional que promoviera el aprendizaje colaborativo<sup>1</sup>. Pensamos que, tal como afirma Pérez, (2003) en Coll y Blasco Blasco (2009) “*el material multimedia es una excelente herramienta educativa, tanto por su flexibilidad como por su atractivo y sus posibilidades de acceso*”. Por otro lado, acordamos con Cano (1994) en que la utilización de diversos canales para mostrar una información influye positivamente en la efectividad del proceso de aprendizaje (en Coll Serrano, V., Blasco Blasco, O., 2009).

Para el trabajo de campo se abrió un aula virtual en el Campus Virtual de la FRA asociado a una plataforma MOODLE, en relación con el curso que intervendrían en la investigación. Luego de la implementación del plan se realizaría un estudio comparativo para analizar si el uso de dicha herramienta fomentaba el aprendizaje significativo (Ausubel, 1991; Novak, J., Gowin, D. B. 1998) y mejoraba el rendimiento académico de los alumnos. Procuramos utilizar las diversas funciones que ofrece un entorno virtual de aprendizaje como lo es Moodle: colaboración, interacción, comunicación y transmisión, aprovechando especialmente los recursos que permiten la comunicación sincrónica y asincrónica con el objetivo de complementar la enseñanza presencial. Pensamos que la implementación de este recurso nos permitiría potenciar nuestro trabajo de enseñanza en el aula, de modo de “estar presentes” aun fuera del horario de clases, promoviendo así el encuentro virtual entre los distintos participantes del curso.

Estábamos conscientes, antes del comenzar a utilizar este recurso, de la necesidad que manifestaban los alumnos de encontrar espacios fuera del aula para resolver algunas consultas relacionadas con el aprendizaje de la asignatura. Esto se manifestaba por la cantidad de mensajes de correo electrónico que los docentes recibían semanalmente para responder dudas y consultas sobre la ejercitación propuesta.

También se debe puntualizar que, a pesar de la institución de espacios presenciales de consulta fuera del horario de clases, eran pocos los alumnos que podían aprovecharlos, debido a incompatibilidades horarias y a las características de población de estudiantes, quienes en gran mayoría trabajan.

La puesta en línea de un aula virtual en la plataforma Moodle disponible en la Facultad Regional Avellaneda propicia el aprendizaje significativo y colaborativo; en consecuencia, esperábamos con nuestra propuesta mejorar el rendimiento académico de los alumnos.

La plataforma de enseñanza a distancia Moodle en la web de la Facultad Regional Avellaneda representa un logro gracias al cual se multiplican las posibilidades de acceso a la información y a la tecnología puestas a disposición de los alumnos y, en nuestro caso, espacios virtuales y reales de formación docente.

Sin embargo, cabe señalar que, entre las dificultades que se presentan al momento de poner en marcha un proyecto como éste, nos encontramos con varios inconvenientes: la falta de una formación adecuada de parte de los docentes en cuanto al uso de estas herramientas tecnológicas, problemas técnicos relacionados con la Plataforma Moodle como aplicación relativamente nueva (y en consecuencia, desconocida) y por último, la falta de reflexión sobre la aplicación de estas herramientas en la práctica docente. Por estas cuestiones decidimos llevar a cabo el plan con docentes con experiencia previa como administradores, tutores y alumnos en plataformas virtuales

Para realizar la experiencia se seleccionó un curso durante el ciclo lectivo 2009, cuyos alumnos fueron provistos del aula virtual. En contraposición se usó, como grupo control, otro

---

<sup>1</sup> Metodología de enseñanza basada en la creencia de que el aprendizaje se incrementa cuando los estudiantes desarrollan destrezas cooperativas para aprender, solucionar problemas y realizar actividades significativas (Cabero, 2003; Cabero y Lorente, 2007).

curso sin el suministro de dicha herramienta. Los cursos seleccionados pertenecían al mismo turno y con el mismo docente a cargo. También se tuvieron en cuenta otras variables para controlar posibles sesgos en la información: proporción de estudiantes que trabajaban, proporción de recursantes y proporción de alumnos provenientes de escuelas técnicas. Mediante un test de hipótesis para muestras pequeñas pudimos inferir, con un nivel de significación del 5%, que no existían diferencias significativas entre ambos grupos en las categorías de análisis tomadas en cuenta.

La Tabla 1 resume la información que se utilizó para comparar algunas de las características de los alumnos en ambos grupos.

Tabla 1. Comparación de grupos

Grupo	Control	Experimental
Cursantes	28	26
Recursantes	5	4

Es importante destacar que los cursos de la cátedra de Probabilidad y Estadística no son numerosos: en general hay entre 25 y 35 inscriptos. En nuestro caso, en el curso que llamaremos experimental se trabajó con 30 alumnos, mientras que en el grupo control, los participantes fueron 33.

Debemos remarcar que, en el sentido de pensar nuestra práctica docente con apoyo del aula virtual, el trabajo de campo desarrollado con la plataforma Moodle no se limitó a la publicación de material teórico y guías de ejercitación en formato electrónico, ya que el plan no consistía en trasladar las prácticas tradicionales al aula virtual pues además, de este modo, no serían aprovechadas las funciones de un entorno virtual de aprendizaje: *colaboración, interacción, comunicación y transmisión*.

Utilizamos los diversos recursos de comunicación que ofrece el entorno. Haciendo una primera clasificación, analizamos dos tipos de comunicación:

- *Sincrónica* (chat, tareas en línea, simulaciones, autoevaluaciones en línea con calificación y comentarios al momento de la resolución)
- *Asincrónica* (mensajería, wiki, foros de consulta y módulos de lección y tareas) como así también el seguimiento individual de la entradas de los alumnos al aula virtual.

En una segunda clasificación observamos algunas posibilidades que favorecían para nuestro plan. Una de ellas es la *comunicación unilateral*, donde los alumnos tienen a su disposición material teórico, videos, guías de ejercitación, autoevaluaciones domiciliarias, que complementan la instancia presencial. Otra opción es la *comunicación bilateral*, que posibilita que los participantes del aula utilicen:

- Foros para propiciar el trabajo colaborativo entre alumnos. Se sugería que las dudas se publicaran en dichos foros para que, no sólo se compartieran sino también para que se discutieran diversos caminos de solución a través del trabajo en conjunto. De esa forma, el docente actuaba orientando y acompañando al aprendizaje que los estudiantes construían por sí mismos.
- Mensajería individual instantánea, para la comunicación alumno-alumno y alumno-docente.

- Chat en línea: este último tipo de comunicación sincrónica permitió el intercambio de opiniones entre alumnos y profesores en tiempo real.

También se utilizó el módulo cuestionario, como forma de autoevaluación en línea. Esta actividad provee una serie de preguntas con respuesta de selección múltiple, que el sistema toma al azar de una base de datos, elaboradas por los docentes de la cátedra, a las que el alumno accede al final de cada tema. Consideramos que, de esta forma, cada estudiante podría comprobar su propio aprendizaje.

Previo a la instancia de examen parcial se implementaron autoevaluaciones en línea para que los estudiantes pudieran comprobar sus propios conocimientos, promoviendo de esta forma la metacognición y la autorregulación de los aprendizajes. La resolución de esta instancia era de carácter obligatorio pero no así la condición de aprobación. Se pudo comprobar que un 70% de los estudiantes aprobó dichas autoevaluaciones y, entre ellos, un 67% pasó satisfactoriamente la instancia de parcial.

En la experiencia se pudo observar que el módulo de comunicación más utilizado fue la mensajería instantánea: el 70 % de los usuarios del campus realizó sus consultas por esta vía. Para relevar esta información se recurrió a la herramienta de reportes que provee la plataforma Moodle.

Se debe destacar también que el uso de recursos, como son las simulaciones y videos, propició el posterior debate y la discusión en la clase y, en consecuencia, la construcción de nuevos conocimientos.

Uno de los espacios mencionados que poco a poco fue creciendo en importancia es el foro. Se utilizó esta herramienta como medio para instalar situaciones problemáticas que pudieran generar controversia y discusiones entre los alumnos. Al principio fue un recurso resistido por la mayoría, pero a medida que los usuarios fueron familiarizándose con el campus, permitió promover también el aprendizaje colaborativo. Logramos que los estudiantes no sólo discutieran problemas propuestos, sino que también instalaran sus propios temas de discusión, especialmente en épocas cercanas a los parciales: ellos mismos exponían las resoluciones de algunos problemas para compartir y comparar con sus compañeros.

Luego de la experiencia del primer cuatrimestre, nos propusimos analizar el rendimiento académico de los alumnos en cada instancia de examen. Para ello se compararon los resultados de las calificaciones obtenidas en los exámenes parciales tomados en ambos cursos. Se utilizó un test de diferencia de proporciones cuyos resultados ratificaron nuestra presunción. La Tabla 2 muestra la proporción de alumnos que rindieron el primer parcial en cada curso:

**Tabla 2. Presentismo en el primer parcial**

Grupo	Control	Experimental
Presentes	0,51	0,84
Ausentes	0,49	0,16

Mediante un test de independencia se pudo inferir que, con un nivel de significación del 5%, la asistencia al examen fue superior en el grupo experimental.

La Tabla 3 resume la información sobre el rendimiento académico de los alumnos presentes en el examen:

**Tabla 3. Rendimiento académico en el primer parcial**

Grupo	Control	Experimental
Aprobados	0,47	0,68
Desaprobados	0,53	0,32

En este caso se planteó un test de igualdad de proporciones. Los resultados obtenidos permiten concluir, con un nivel de significación del 5%, que la proporción de aprobados en el curso experimental resultó significativamente mayor que en el grupo control.

Este último test nos permitió inferir que el diseño utilizado con apoyo de entornos virtuales en el grupo experimental favorecería el aprendizaje significativo.

Durante el segundo cuatrimestre se continuó la experiencia y luego se recolectó la misma información que la relevada en la primera parte del año. En el segundo parcial, la proporción de alumnos presentes en el curso experimental fue de 90%, superando al porcentaje de asistencia al primer examen.

Los resultados obtenidos se orientaron en el mismo sentido. Según se observa en la Tabla 4, aunque el rendimiento académico mejoró en ambos cursos, se observa una mayor diferencia en el caso del grupo experimental, de modo que el 82% de los estudiantes del dicho curso aprobó al menos uno de los dos parciales; en cambio, para el curso control el valor fue de 39%.

**Tabla 4. Rendimiento académico en el segundo parcial**

Grupo	Control	Experimental
Aprobados	0,57	0,92
Desaprobados	0,43	0,08

## Conclusiones y acciones futuras

Luego de la exitosa experiencia realizada, y en razón de la buena recepción del alumnado, este proyecto se extendió en el ciclo lectivo 2010 a todos los cursos de la cátedra y en la cohorte de docentes de Matemática que cursan Probabilidad I y II en el Ciclo de Licenciatura de la Enseñanza de la Matemática de la FRA. Advertimos entonces que la Plataforma Moodle tuvo muy buena recepción entre ellos, quienes en su mayoría (más de un 90%) aprovecharon las utilidades del aula virtual, familiarizándose con esta tecnología desde el rol del alumno. Esto les permitió experimentar el proceso de aprendizaje colaborativo con apoyo de la plataforma Moodle.

Los resultados de la exitosa experiencia llevada a cabo durante el año 2010 están en proceso de clasificación y análisis, pero las primeras apreciaciones sobre el rendimiento académico en dichos cursos son muy alentadoras y nos permiten afirmar que las plataformas virtuales en el aula de Probabilidad y Estadística son recursos que, tanto por su fácil manejo en cualquiera de los roles, como por la promoción del encuentro alumno - alumno y docentes - alumnos, influyen positivamente en el aprendizaje y, en consecuencia, en el rendimiento académico de los alumnos.

Entornos virtuales como complemento al aula presencial en el nivel universitario:  
aportes de una experiencia en probabilidad y estadística

Consideramos que esta investigación resulta importante para la cátedra por su contribución al mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Probabilidad y Estadística en las carreras de Ingeniería. Se espera además que los resultados de este trabajo no sólo influyan positivamente en el rendimiento académico de estudiantes de Ingeniería en esta asignatura, sino que también sirvan como incentivo en otras cátedras para aplicar dichos métodos en la enseñanza de otras ramas de las Ciencias Básicas.

## Referencias

- AGNELLI, H., PEPARELLI, S. (2006). *La probabilidad y la resolución de problemas*. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- AUSUBEL, D. (1991). *Psicología educativa, un punto de vista cognitivo*, 2ª edición. Trillas, México.
- CABERO, J. (2002): *La Aplicación De Las Tics, ¿Esnobismo O Necesidad Educativa?* Revista Red Digital, disponible en <http://tecnologiaedu.us.es/bibliovir/pdf/red1.pdf>. Consultado el 30 de noviembre de 2009.
- CABERO J., LLORENTE, M. (2002). La Interacción en el Aprendizaje en Red: Uso de Herramientas, Elementos de Análisis y Posibilidades Educativas, Revista RIED v. 10: pp 97-123. Disponible en el <http://tecnologiaedu.us.es/cuestionario/bibliovir/jca18.pdf>. Consultado el 10 de enero de 2010
- CHROBAK, R. (2006). *La metacognición y las herramientas didácticas*. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue.
- CASANOVA, M. O., ÁLVAREZ, I. M., ALEMANY, I. (2009). *Propuesta de indicadores para evaluar y promover el aprendizaje cooperativo en un debate virtual*. Revista EDUTEC N° 28, disponible en <http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec28/>. Última fecha de acceso : 10 de noviembre de 2009.
- COLL SERRANO, V., BLASCO BLASCO, O. (2009). *Aprendizaje de la Estadística económico-empresarial y uso de las Tics*. . Revista EDUTEC N° 28, disponible en <http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec28/>. Última fecha de acceso: 10 de marzo de 2010.
- FISCHBEIN, E. (1975). *The intuitive sources of probabilistic thinking in children*. Reidel, Dordrecht, Netherlands.
- GRANÉ MARIONA, M. (2008). *Web 2.0: Nuevas formas de aprender y de participar*. Laertes S.A., España:
- LITWIN, E. (2005) (Comp.). *Las nuevas tecnologías en tiempos de Internet*. Amorrortu, Buenos Aires.
- NOVAK, J. D., GOWIN, D.B., (1988). *Aprendiendo a aprender*. Ediciones Martínez Roca, Barcelona.
- PÉREZ, M. (2007). *Asignaturas virtuales en universidades presenciales: perspectivas y problemas*. En Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación 30, disponible en <http://www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n30/n30art/art309.htm>. Última fecha de acceso: 20 de octubre de 2007.
- RICE, W. (2007). *Moodle Teaching Techniques: Creative Ways to Use Moodle*, Packt Publishing
- SHAUGHNESSY, J. M. (1992). *Research in probability and statistics: reflections and directions*. En Grows, D. (editor) *Handbook of Research in Mathematical Education*. MacMillan, MacMillan Publishing Co, London.



## IMPORTANCIA DE LA TRAZABILIDAD DE DATOS NUCLEARES: APLICACIÓN A LA RENORMALIZACIÓN DE REACCIONES UMBRAL SOBRE ISÓTOPOS DEL GERMANIO.

María del Carmen Ali Santoro<sup>1</sup>, María Celeste Fornaciari Iljadica<sup>1</sup>, Juan Carlos Furnari<sup>1</sup>, Isaac Marcos Cohen<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Ezeiza, Presbítero González y Aragón N° 15 (B1802AYA) Ezeiza, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado, Av. Mitre 750 (1870), Avellaneda, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

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

*\*Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*

*Correo electrónico: icohen@fra.utn.edu.ar*

Recibido el 3 de junio de 2011; aceptado el 20 de julio de 2011.

### Resumen

Se discute el concepto de trazabilidad aplicado a los datos nucleares y se describe la metodología del proceso de renormalización para valores de secciones eficaces de reacciones nucleares inducidas con neutrones, determinadas con métodos relativos. El modelo propuesto se aplica a las reacciones:  $^{70}\text{Ge}(n,p)^{70}\text{Ga}$ ,  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$ ,  $^{74}\text{Ge}(n,p)^{74}\text{Ga}$ , producidas en reactores nucleares. Las variaciones observadas son del orden de 0,1 % al 3 %. Se analiza la discrepancia entre los valores publicados para la reacción  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$ . A partir de esta aplicación, se demuestra la importancia de renormalizar datos originales, como medio de asegurar su preservación y calidad.

**Palabras clave:** trazabilidad, renormalización, germanio, secciones eficaces, reacciones umbral.

### Abstract

The concept of traceability, applied to nuclear data, is discussed. The methodology of the renormalization process for cross sections values of neutron induced reactions, determined by relative methods, is described. The model proposed is applied to the reactions:  $^{70}\text{Ge}(n,p)^{70}\text{Ga}$ ,  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$ ,  $^{74}\text{Ge}(n,p)^{74}\text{Ga}$ , produced in nuclear reactors. The differences observed are of the order of 0.1 % to 3 %. The discrepancy between the values published for the  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$  reaction is analysed. On the basis of this application, the importance of renormalizing original data, as a tool to assure their preservation and quality, is demonstrated.

**Keywords:** traceability, renormalization, germanium, cross-sections, threshold reactions.

## Introducción

El concepto de trazabilidad de datos nucleares es relativamente reciente y fue introducido por Furnari y Cohen (1998). Después de un análisis exhaustivo, ellos propusieron analogías entre los estándares metrológicos y los datos nucleares, sean producidos por el propio investigador o compilados en tablas. Como consecuencia, propusieron clasificar a estos últimos en datos de primero, segundo y tercer orden, por analogía con los estándares metrológicos primarios, secundarios y de trabajo. Los datos de primer orden, corresponden a las constantes fundamentales, como el número de Avogadro. Los de segundo orden agrupan aquellos que resultan de determinaciones absolutas, o bien se calculan usando datos de primer orden; son un ejemplo de esto las abundancias isotópicas. En el último caso, los de tercer orden resultan de determinaciones relativas donde se emplean datos de primero y segundo orden, así como, eventualmente, otros de tercer orden.

Para esta última categoría es necesario considerar un aspecto que se desprende de la naturaleza del sistema de clasificación, y es la posibilidad de que sean susceptibles de renormalización, es decir que puedan ser recalculados a partir de valores más modernos de los datos de literatura empleados en su determinación.

Un requisito para efectuar el proceso de renormalización es que los valores publicados estén acompañados de aquellos empleados para su cálculo. Por ejemplo, al determinar un dato de sección eficaz de una reacción nuclear, es necesario usar valores de abundancias isotópicas que, si son consignados adecuadamente, aseguran la futura actualización de los primeros a partir de nuevas mediciones de los segundos. El concepto que sustenta esta metodología es el de trazabilidad, que aplicado a los datos nucleares significa el establecimiento de una cadena ininterrumpida de relaciones entre datos de diferente jerarquía, para asegurar la consistencia total de un conjunto.

Se desprende de lo anterior que un dato trazable es esencialmente un dato renormalizable, y que la preservación de la trazabilidad de un dato asegura su propia preservación y calidad. En muchas oportunidades, los datos publicados son escasos o bien únicos, y su renormalización representa tanto la restitución del valor intrínseco, como también la recuperación del experimento original. Como resultado del proceso, los datos pueden ser agrupados, en función de su renormalización según todos, algunos o ninguno de los parámetros elegidos, como totalmente renormalizables, parcialmente renormalizables o no renormalizables. Desde un punto de vista estricto, sólo los datos totalmente renormalizables deberían ser conservados y recopilados en tablas; sin embargo, muchas veces es necesario optar por una solución de compromiso que contempla la conservación de aquellos que no cumplen este requisito debido a la escasez o la ausencia de mejores valores.

A lo largo de varios años se ha trabajado en la determinación de las constantes nucleares de los isótopos del germanio, y se lo ha propuesto como monitor multi-isotópico integral del flujo neutrónico (Furnari y Cohen, 1994). Los comparadores multi-isotópicos tienen la ventaja de permitir medir simultáneamente las distintas componentes del flujo neutrónico por irradiación de un solo elemento. La propuesta del germanio como monitor integral se sustenta en la calidad de los datos disponibles de sus parámetros de activación, en especial de las secciones eficaces involucradas. Las reacciones nucleares de interés son:  $^{74}\text{Ge}(n,\text{I})^{75}\text{Ge}$ ,  $^{76}\text{Ge}(n,\text{I})^{77}\text{Ge}$  y  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$ . Para las dos primeras existen datos sobre integrales de resonancia y secciones eficaces que pueden considerarse aceptables; en el caso de la última, para la cual existía una sola determinación experimental, Furnari y colaboradores (1994) determinaron un nuevo valor.

Continuando con las determinaciones de las constantes nucleares del germanio, Cohen y colaboradores (1996) determinaron las secciones eficaces de dos reacciones nucleares umbral:  $^{70}\text{Ge}(n,p)^{70}\text{Ga}$  y  $^{74}\text{Ge}(n,p)^{74}\text{Ga}$ , hasta el día de hoy los únicos valores existentes en la literatura.

En el presente trabajo se efectúa el análisis de la validez del concepto de trazabilidad y la posibilidad de la renormalización de valores de secciones eficaces publicados de tres reacciones nucleares umbral sobre isótopos del germanio:  $^{70}\text{Ge}(n,p)^{70}\text{Ga}$ ,  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$ ,  $^{74}\text{Ge}(n,p)^{74}\text{Ga}$ .

## La renormalización de datos nucleares

El proceso de renormalización desarrollado por los autores del presente trabajo, cuyo esquema general para la renormalización de secciones eficaces de reacción se indica en la Figura 1, comienza con la recopilación de los valores originales publicados. En el ámbito de los datos nucleares, el Organismo Internacional de Energía Atómica ha generado la base de datos Exfor, que recopila los valores experimentales de diversas magnitudes (International Atomic Energy Agency, 2011), entregando un informe de cada publicación, que permite disponer de los datos más relevantes. Esta base de datos se encuentra en continua actualización, aunque es necesario también realizar búsquedas externas a ella, ya que suele haber omisiones.

Una vez obtenido el conjunto de valores originales, cada uno debe ser analizado con el objeto de decidir su aceptación o no para el tratamiento. El criterio que se emplea en esta etapa es rechazar los valores que no informan incertidumbre y aquellos que tienen errores metodológicos; datos obtenidos mediante métodos no compatibles con los contemplados en este trabajo, a los que se hará referencia más adelante, resultan, sólo desde ese punto de vista, no renormalizables y son también excluidos. Para el conjunto resultante se calcula su promedio y su desvío estándar.

La actualización a partir del proceso de renormalización se lleva a cabo teniendo en cuenta las fórmulas que debieron emplearse para la obtención del dato original, de tal manera que sean contemplados los valores nuevos de los parámetros de cálculo seleccionados y cancelados los previos. Cuando el flujo neutrónico es determinado empleando más de un monitor, o más de una radiación es medida para un mismo radionucleido, se calculan factores de renormalización promedio para cada magnitud. El conjunto resultante, que contiene sólo los datos totalmente renormalizados y eventualmente los que permitieron una renormalización parcial, es analizado mediante los tests estadísticos de Grubbs simple y doble, siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 5735-2 (International Organization for Standardization, 1994), para descartar valores (o pares de valores) aberrantes y detectar aquellos que son dudosos, susceptibles de ser rechazados. La coherencia intrínseca de los nuevos datos se mantiene a partir de asignarles la misma cantidad de cifras significativas que las consignadas en los valores de partida. Finalmente, los datos renormalizados y aceptados conforman el conjunto definitivo de valores para el cual se calcula su promedio y desvío estándar. Idealmente, este desvío estándar debería resultar menor que el calculado previamente, por remitir a un conjunto uniforme de valores de referencia; sin embargo, en muchos casos no resulta así. Entre las posibles razones que explicarían esta situación se encuentran los factores temporales, dependientes del período de semidesintegración y difícilmente renormalizables, el uso de diferentes tipos y generaciones de detectores, los distintos métodos de tratamiento de espectros empleados y, en algunos casos, el empleo de separaciones radioquímicas, por oposición a los métodos puramente instrumentales.

Más allá de lo expuesto, cabe mencionar que es prácticamente imposible operar sobre las incertidumbres de los valores originales, entre otros factores porque difícilmente se dividan los aportes aleatorios y sistemáticos involucrados en los cálculos iniciales de incertidumbres. Ante tal situación, una solución contingente, aún cuando no completamente rigurosa, es mantener para el nuevo valor el error relativo del dato histórico.

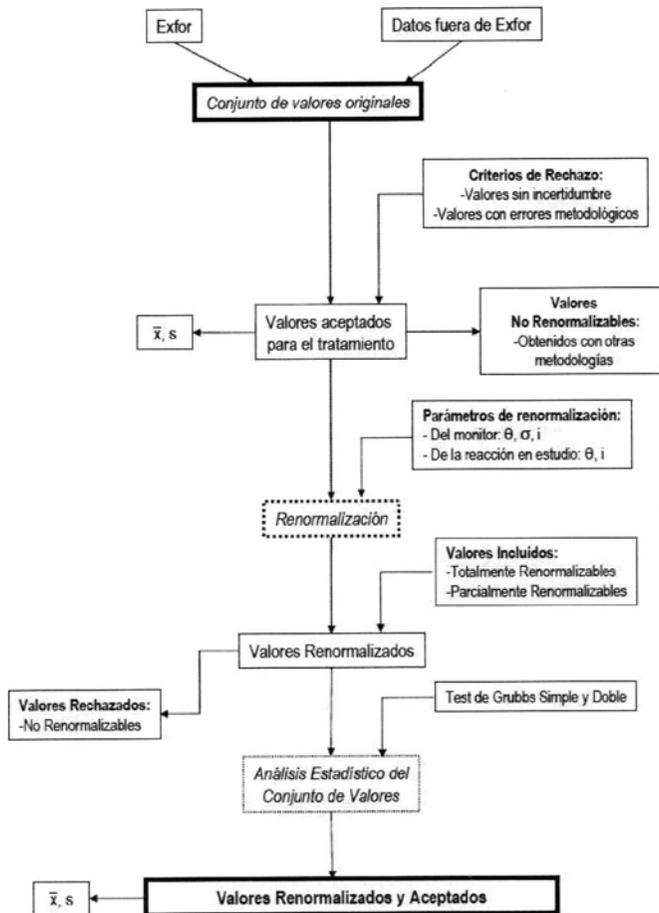


Figura 1. Esquema general del proceso de renormalización

## Aplicación a la renormalización de secciones eficaces de reacciones umbral sobre germanio

La metodología presentada contempla la renormalización de secciones eficaces determinadas por activación neutrónica y métodos relativos. La fórmula general que describe tal proceso es:

$$A = \frac{mN_a}{A_r} \theta \sigma \phi (1 - e^{-\lambda t_{irr}}) \quad (1)$$

donde:

A: Actividad del nucleido producido

m: masa del elemento irradiado

Na: Número de Avogadro

Ar: masa atómica relativa

ϕ: abundancia isotópica

σ: sección eficaz que se quiere determinar

- : flujo neutrónico
- $\Gamma$ : constante de desintegración
- $t_i$ : tiempo de irradiación

Debe considerarse además que la actividad como tal se determina a partir de la velocidad de conteo, según la fórmula:

$$A = \frac{C}{i \times \varepsilon} \quad (2)$$

donde:

- C: velocidad de conteo
- i: intensidad absoluta de la radiación medida
- $\varepsilon$ : eficiencia de medición para la misma radiación

De esta manera puede ser calculada la sección eficaz empleando datos de tablas y determinando la eficiencia de medición y el flujo neutrónico durante la irradiación. Para esto se irradia simultáneamente otra muestra, que actúa de monitor y permite calcular el flujo, mediante la ecuación (1).

Aplicando las ecuaciones (1) y (2), combinando y reordenando, resulta:

$$\sigma = \frac{C_p A_p i_m \varepsilon_m m_m \theta_m \sigma_m (1 - e^{-\lambda_m t_{irr}})}{i_p \varepsilon_p \theta_p m_p C_m A_m (1 - e^{-\lambda_p t_{irr}})} \quad (3)$$

donde los subíndices p y m se refieren respectivamente al producto de la reacción en estudio y al monitor empleado para la determinación del flujo.

La ecuación (3), que expresa la fórmula de cálculo necesaria para la determinación de una sección eficaz, establece también las magnitudes aplicables a la renormalización.

Cohen y colaboradores (2011) analizaron los parámetros de renormalización de importancia, relacionados con la determinación de secciones eficaces, y encontraron que son cinco las magnitudes de relevancia: abundancia isotópica e intensidad de la radiación medida, tanto del monitor como de la reacción en estudio, y la sección eficaz del monitor.

Sobre la base de esta caracterización se seleccionaron los parámetros para la realización del presente trabajo. Los datos de abundancias isotópicas fueron extraídos de la última versión de las tablas publicadas por IUPAC (Berglund y Wieser, 2011). Las intensidades de las radiaciones emitidas, toda vez que fue posible, fueron tomadas de los informados por el BIPM (Laboratoire National Henri Becquerel, 2011), en caso contrario, de la base de datos Nudat (National Nuclear Data Center, 2011). Las secciones eficaces de los monitores corresponden a las compiladas por Baard y colaboradores (1989), excepto en el caso de la reacción  $^{64}\text{Zn}(n,p)^{64}\text{Cu}$ , cuyo valor fue recientemente renormalizado por los autores (Cohen y colaboradores, 2011).

Los datos originales encontrados para las reacciones estudiadas figuran en la Tabla 1. Para el único valor de la sección eficaz de la reacción  $^{70}\text{Ge}(n,p)^{70}\text{Ga}$  Exfor informa (3,1+/-0,3) mb, truncando arbitrariamente la última cifra informada por los autores. Esta situación, sumada al hecho de que en algunas ocasiones datos informados no son incluidos en la base de datos (típicamente abundancias isotópicas, como también se da en el único valor de la reacción sobre  $^{74}\text{Ge}$ ), advierte sobre la importancia de consultar, siempre que sea posible, las publicaciones originales.

**Tabla 1. Valores Originales**

Reacción	Referencia	Valor (mb)	Incertidumbre (mb)
$^{70}\text{Ge}(n,p)^{70}\text{Ga}$	Cohen y colaboradores, 1996	3,10	0,30
$^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$	Rochlin, 1959	< 0,01	n/d
	De Neve y colaboradores, 1966	0,044	0,007
	Furnari y colaboradores, 1994	0,0959	0,0049
$^{74}\text{Ge}(n,p)^{74}\text{Ga}$	Cohen y colaboradores, 1996	0,00938	0,00059

n/d: *Dato no disponible*

En el caso de la reacción  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$  existen tres valores en la literatura. Rochlin (1959) informa un valor máximo sin incertidumbre, y de acuerdo a los criterios ya descritos no es aceptado para su tratamiento. El valor determinado por Furnari y colaboradores (1994) no aparece citado en Exfor.

La Tabla 2 muestra los valores originales de los parámetros de renormalización. En todos los casos fue posible consultar los trabajos publicados e incluir en el análisis los datos omitidos por Exfor.

Tabla 2. Valores originales de los parámetros de renormalización

Reacción	Referencia	Producto			Monitor				
		$E_\gamma$ [keV]	int. [%]	$\theta$ [%]	Reacción	$E_\gamma$ [keV]	int. [%]	$\theta$ [%]	$\sigma$ [mb]
$^{70}\text{Ge}(n,p)^{70}\text{Ga}$	Cohen y col., 1996	1039,3	0,65	21,23	$^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$	889,3	99,9840	8,0	11,8
						1120,5	99,9870		
					$^{47}\text{Ti}(n,p)^{47}\text{Sc}$	159,4	68,3	7,3	18,0
						983,5	100,0	73,8	0,307
					$^{48}\text{Ti}(n,p)^{48}\text{Sc}$	1037,5	97,5		
1312,1	100,0								
$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$	810,8	99,44	68,077	111					
$^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$	Furnari y col., 1994	834,088	95,63	27,66	$^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$	889,3	99,9840	8,0	11,8
						1120,5	99,9870		
					$^{47}\text{Ti}(n,p)^{47}\text{Sc}$	159,4	68,3	7,3	18,0
						983,5	100,0	73,8	0,307
					$^{48}\text{Ti}(n,p)^{48}\text{Sc}$	1037,5	97,5		
	1312,1	100,0							
	$^{55}\text{Mn}(n,2n)^{54}\text{Mn}$	834,8	99,975	100	0,258				
$^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$	834,8	99,975	5,8	81,7					
De Neve y col., 1966	630	n/d	27,37	$^{32}\text{S}(n,p)^{32}\text{P}$	*	*	95,1	65	
834	n/d								
$^{74}\text{Ge}(n,p)^{74}\text{Ga}$	Cohen y col., 1996	595,9	91,4	35,94	$^{46}\text{Ti}(n,p)^{46}\text{Sc}$	889,3	99,9840	8,0	11,8
						1120,5	99,9870		
					$^{47}\text{Ti}(n,p)^{47}\text{Sc}$	159,4	68,3	7,3	18,0
						983,5	100,0	73,8	0,307
					$^{48}\text{Ti}(n,p)^{48}\text{Sc}$	1037,5	97,5		
1312,1	100,0								
$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$	810,8	99,44	68,077	111					
		2353,6	44,5						

\* No aplicable

n/d: dato no disponible

## Resultados y Discusión

Los datos de secciones eficaces renormalizados se indican en la Tabla 3. La cantidad de datos existentes para cada reacción no permite la realización del análisis estadístico para rechazo de valores. Como puede observarse, los valores son totalmente renormalizables, con la única excepción del valor de De Neve y colaboradores, que lo es parcialmente.

Tabla 3. Valores Originales y Renormalizados

Reacción	Referencia	Valor Original		Valor Renormalizado	
		Valor (mb)	Incertidumbre (mb)	Valor (mb)	Categoría
$^{70}\text{Ge}(n,p)^{70}\text{Ga}$	Cohen y colaboradores, 1996	3,10	0,30	3,23	Total
$^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$	Furnari y colaboradores, 1994	0,0959	0,0049	0,0958	Total
	De Neve y colaboradores, 1966	0,044	0,007	0,044	Parcial
$^{74}\text{Ge}(n,p)^{74}\text{Ga}$	Cohen y colaboradores, 1996	0,00938	0,00059	0,00928	Total

En el caso de la reacción  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$ , puede observarse la considerable discrepancia entre los dos valores, que podría tal vez explicarse sobre la base de las diferencias metodológicas en la generación de cada uno de los datos. La determinación realizada por Furnari y colaboradores se llevó a cabo mediante una técnica puramente instrumental y empleando detectores de alta resolución. En cambio De Neve y colaboradores realizaron una separación radioquímica y usaron detectores de baja resolución. Con respecto a esta separación, los autores afirmaron que es cuantitativa aunque sin demostrarlo. Una recuperación insuficiente conduciría a un valor numérico menor. Esta situación tendería a sugerir que el valor de Furnari y colaboradores es más confiable.

Con respecto a las reacciones sobre  $^{70}\text{Ge}$  y  $^{74}\text{Ge}$ , la renormalización conduce a valores que difieren de los originales en aproximadamente 3 % y 1 %, respectivamente.

En conclusión, la aplicación descrita representa un modelo de tratamiento de datos tendientes a mantener su calidad y asegurar su perdurabilidad en el tiempo, más aún por cuanto refiere a valores muy escasos o únicos.

## Referencias

- BAARD, J. H.; ZIJP, W. L.; NOLTENIUS, H. J. (1989). *Nuclear Data Guide for Reactor Metrology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- BERGLUND, M.; WIESER, M. E. (2011). *Isotopic composition of the elements 2009 (IUPAC Technical Report)*. Pure Appl. Chem., 83, 397-410.
- COHEN, I. M.; FORNACIARI ILJADICA, M. C.; FURNARI, J. C.; ALI SANTORO, M. C. (2011). *The Consistency of the Data for Neutron Fission Averaged Cross-Sections of Threshold Reactions*. Enviado a Applied Radiation and Isotopes.
- COHEN, I. M.; KESTELMAN, A. J.; FURNARI, J. C.; ARRIBERE, M. A. (1996). *Determination of  $^{70}\text{Ge}(n,p)^{70}\text{Ga}$  reaction cross-section for a fission neutron spectrum*. J. Radioanal. Nucl. Chem. 212 (5), 353-359.
- DE NEVE, R.; DE SOETE, D.; HOSTE, J. (1966). *The  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$  and the  $^{72}\text{Ge}(n, \gamma)^{69m}\text{Zn}$  Reactor Cross-Sections*. Radiochim. Acta 5, 188-192.
- FURNARI, J. C.; COHEN, I. M. (1994). *Determination of Aluminium and Phosphorous in Biological Materials by Reactor Activation Analysis Using Germanium as Integral Flux Monitor and Comparator*. Biological Trace Element Research 43 – 5, 503-508.
- FURNARI, J. C.; COHEN, I. M. (1998). *Application of the Concept of Traceability to the Management of Nuclear Data*. Appl. Radiat. Isot. 49 (12), 1523-1527.
- FURNARI, J. C.; COHEN, I. M.; KESTELMAN, A. J. (1994). *The Fission Neutron Averaged Cross-section of the  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$  Reaction*. Appl. Radiat. Isot. 45 (5), 573-576.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2011). *Experimental nuclear reaction data (EXFOR)*, Vienna [en línea]. Zerkin, V. Disponible en: [www-nds.iaea.org/exfor/exfor.htm](http://www-nds.iaea.org/exfor/exfor.htm) [Última fecha de acceso Mayo de 2011].
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (1994). *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*. International Standard ISO 5725-2.
- LABORATOIRE NATIONAL HENRI BECQUEREL (2011). *Recommended Data*, Gif-sur-Yvette Cedex [en línea]. Disponible en: [http://www.nucleide.org/DDEP\\_WG/DDEPdata.htm](http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm) [Última fecha de acceso Mayo de 2011].
- NATIONAL NUCLEAR DATA CENTER (2011). *Nudat 2.5*, Brookhaven National Laboratory, U. S. A. [en línea]. Sonzogni, A. Disponible en: [www.nndc.bnl.gov/nudat2](http://www.nndc.bnl.gov/nudat2) [Última fecha de acceso Mayo de 2011].
- ROCHLIN, R. S. (1959). *Fission neutron cross sections for threshold reactions*. Nucleonics. 17 (1), 54-55.



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS CLIMÁTICO Y AMBIENTAL. DISEÑO DE ESTACIONES AGROMETEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS NIMBUS THP.

**Marcelo C. Belloni\*<sup>1</sup>, Mario D'Indio<sup>1</sup>, Rafael O. Rodríguez<sup>2</sup>, Norberto R. Fernández<sup>2</sup>, Andrés F. Moltoni<sup>3</sup>, Ángel D. Blasón<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda. Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Av. Mitre 750 (1870) Avellaneda, Bs. As., Argentina.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Clima y Agua. Las Cabañas y los Reseros s/n, (B1712WAA) Castelar, Bs. As., Argentina.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Ingeniería Rural. Las Cabañas y los Reseros s/n, (B1712WAA) Castelar, Bs. As., Argentina.

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ruta 4, Km. 2, (1836) Llavallol, Lomas de Zamora, Bs. As., Argentina.

*\* Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*

*Correo electrónico: mcbelloni@fra.utn.edu.ar*

Recibido el 16 de junio de 2011; aceptado el 3 de julio de 2011

### Resumen

En el marco del proyecto: *Desarrollo del Sistema de Observación y Análisis Climático y Ambiental*, que forma parte de la cartera de proyectos propios del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA): *"Variabilidad y cambio climático"* Red Recursos Naturales, se planteó la necesidad de incrementar el número de estaciones meteorológicas a partir del empleo de estaciones automáticas de medición. Se previó el diseño y la construcción de estaciones automáticas de medición de temperatura, humedad y precipitación, entre otras variables, a ser fabricadas por el INTA. El diseño de los prototipos y los modelos primarios de multiplicación para estas estaciones fue llevado a cabo por grupo perteneciente al Laboratorio de Ingeniería, Investigación e Innovación Tecnológica, con dependencia en la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional. Se efectúa la descripción general de las características principales de la Estación Agrometeorológica Automática NIMBUS THP, el alcance de su implementación y su integración al Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (SIGA), contemplado dentro del Proyecto marco citado.

**Palabras Clave:** agrometeorología, red agrometeorológica, variabilidad climática, estación meteorológica automática, servicios agrometeorológicos.

## Abstract

In the frame of the project: *Development of the Observation System and Environmental Climatic Analysis*, which is part of the National Institute of Agricultural Technology (INTA) programme: *Variability and climatic change*, Natural Resources Net, the need of increasing the number of meteorological stations through the use of automatic stations of measurement was outlined. The design of the prototypes and the primary models of multiplication for these stations was carried out by the group belonging to the Laboratory of Science, Technology and Technological Innovation, with dependence on the Secretariat of Science, Technology and Graduate Programmes of the Avellaneda Regional Faculty, National Technological University. A general description of the main characteristics of the Automatic Agro-Meteorological Station NIMBUS THP, the range of its implementation and its integration to the Ago-Meteorological Administration and Information System (SIGA), considered in the aforementioned project, is performed.

**Key words:** agro-meteorology, agro-meteorological net, climatic variability, automatic meteorological stations, agro-meteorological services.

## Introducción

### Motivos de diseño y ejecución del Proyecto

Uno de los motivos principales por el cual surge la necesidad de plantear el diseño y la construcción de este tipo de estaciones agrometeorológicas automáticas radica en la construcción y la ampliación de una nueva red de monitoreo, que incorpora a las estaciones automáticas ya existentes, estaciones propias a ser fabricadas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

El surgimiento del modelo definitivo de estación surge de la interacción y el intercambio de experiencias entre los grupos de trabajo participantes del Convenio entre el Instituto de Clima y Agua (CNIA) del INTA, y la Facultad Regional Avellaneda (FRA) de la Universidad Tecnológica Nacional cuyo grupo pertenece al Laboratorio de Ingeniería, Investigación e Innovación Tecnológica, dependiente de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado (INTA, 2010).

El planteo de construir estaciones propias, trae aparejadas varias ventajas:

- El diseño de estaciones se realiza acorde a especificaciones provistas por INTA.
- Las características propias adicionadas, dada la experiencia obtenida en el uso de otras estaciones automáticas. (Fallas, ajustes, funcionalidades no soportadas, etc.)
- La disponibilidad de herramientas necesarias para el mantenimiento y puesta en marcha, a realizarse por la propia Institución.
- El control de calidad del producto.
- La incorporación de materiales de mecanizado y montaje de origen nacional.
- La utilización de sensores de alta precisión y exactitud, de construcción robusta.
- Dada la modularidad de diseño, la posibilidad de llevar al modelo actual a nuevos tipos de configuraciones y evolución del sistema.
- La disponibilidad de toda la documentación necesaria para realizar cualquier tipo de modificación en el diseño primario, como también la fabricación y la construcción seriada de las unidades.
- El uso de sensores de alta precisión y exactitud.

## **Infraestructura. Instalaciones de los Laboratorios de FRA e INTA**

La Facultad Regional Avellaneda cuenta con diversos laboratorios especializados para las distintas ramas de estudio, especialmente equipados para ofrecer soluciones en el área específica de desarrollo. Para este proyecto en particular, las tareas fueron realizadas mediante los recursos humanos y la experiencia provista por el grupo perteneciente al Laboratorio de Ingeniería, Investigación e Innovación Tecnológica.

El Instituto de Clima y Agua (CNIA) del INTA, conjuntamente con el Instituto de Ingeniería Rural, están integrando el grupo humano y adecuando varias instalaciones e invirtiendo recursos, con el objeto de disponer del espacio necesario para llevar adelante este proyecto dentro de la Institución en lo que concierne a sus aspectos técnicos.

## **Características generales**

A continuación se describen las características principales de las Estaciones NIMBUS THP, estaciones agrometeorológicas automáticas::

- **Modularidad**

Las Estaciones NIMBUS THP, bajo la filosofía de diseño de modularidad, soportan distintas configuraciones de acuerdo con las necesidades de las variables agrometeorológicas a registrar. Puede utilizarse el mismo Módulo Central de Adquisición y Control (Datalogger) cualquiera sea la configuración de sensores elegida, con la ventaja de poder modificar la configuración de la estación sin necesidad de reemplazarla o reprogramarla.

- **Versatilidad en la recuperación y transmisión de los datos registrados**

Las Estaciones NIMBUS THP poseen internamente una tarjeta de memoria SD de capacidad de almacenamiento seleccionable, lo cual permite almacenar en forma segura los datos registrados durante grandes períodos. En el supuesto caso que la estación salga de funcionamiento, dicha tarjeta puede ser recuperada por el personal técnico capacitado.

Las estaciones cuentan con dos salidas externas de datos:

- **Puerto Serial RS232:** A través de un puerto serial RS232, puede enlazarse a cualquier dispositivo similar en tipo, sea una conexión directa a PC, módulo de comunicación punto a punto, módulos de comunicación GPRS (red de telefonía celular), WIFI, TCP IP, otros.
- **Puerto USB:** A través de un puerto USB puede accederse directamente a los datos almacenados en la tarjeta SD. Al ser conectado a PC o Notebook, cualquiera de ellas lo reconoce como un dispositivo de memoria extraíble, con la ventaja de no necesitar de ningún software específico para poder descargar los datos almacenados.

- **Sincronización horaria y registro de posición (Módulo GPS)**

Dado que las estaciones incorporan internamente un módulo GPS, las mismas sincronizan su reloj interno con la Hora UTC reportada por el módulo. Además se registra la posición en donde se encuentra la estación. Una vez por mes se produce la re-sincronización interna del reloj. La ventaja importante es que la estación no necesita ponerse en hora manualmente y que todas las estaciones se encuentran sincronizadas en hora.

- **Placas de sensores inteligentes (SI)**

La conexión de los diversos tipos de sensores y registradores es centralizada en lo que llamamos placas de sensores Inteligentes. Cada una de las mismas dispone de un microcontrolador dedicado, que se

Desarrollo de un sistema de observación y análisis climático y ambiental.

Diseño de estaciones agrometeorológicas automáticas Nimbus THP

encarga de procesar las señales analógicas y adecuar las curvas de transferencia desde cada uno de los sensores. Poseen las funciones de contadores y conversores A/D, entre otras.

Concentran una cantidad específica de sensores y envían la información procesada a la unidad principal de registro (Datalogger) en formato digital.

Esto se realiza a través de un único cable multipar, que presenta la ventaja de dar mayor confiabilidad a la medición registrada, dado que no se transmiten señales analógicas, evitando interferencias y permitiendo colocar los sensores a distintas distancias respecto al montaje principal de la Estación.

Es posible conectar hasta 32 placas de SI en forma simultánea.

- **Registro de alarmas**

Las estaciones poseen un registro de alarmas que permiten anticipar o detectar anomalías/alertas en su funcionamiento. Algunas de ellas son anunciadas por la intermitencia del indicador luminoso ubicado en el panel frontal.

Cabe citar las siguientes alarmas:

- Alarma por batería Baja y Crítica
- Alarma de caída de placas de Sensores Inteligentes
- Alarma por puerta abierta del gabinete Estanco
- Registro térmico de funcionamiento de los Microcontroladores
- Alarmas por error en la Tarjeta de Memoria SD
- Alarmas por error en Módulo GPS

- **Visualizador en panel frontal**

Las estaciones NIMBUS poseen en su panel frontal un módulo de visualización LCD retroiluminado, un pulsador de funciones de menú y un indicador luminoso tipo LED.

Mediante el menú se pueden visualizar principalmente las variables registradas en forma instantánea, registro de alarmas, cantidad y tipo de sensores inteligentes instalados, posición y hora UTC, tensión de batería.

- **Suministro de energía autónomo**

Respecto a la energía que necesitan las estaciones para su funcionamiento, es provista en estos momentos por un sistema basado en energía solar, compuesto por un panel de carga, regulador y batería. El dimensionamiento de las capacidades del sistema es acorde al tipo de configuración que se elija para cada estación y de acuerdo con el consumo/potencia del módulo de comunicación.

Otra de las alternativas que se dispone es realizar la integración entre el sistema de energía solar con uno de energía eólica.

- **Soporte técnico y asesoramiento propios de INTA para las estaciones**

Dado que el INTA posee toda la información para realizar el mantenimiento y la multiplicación de las unidades, se evita la necesidad de contratar servicios de mantenimiento externos para las propias estaciones.

## Diagrama general de conexionado de las Estaciones

A continuación se describen los módulos que integran el diagrama esquemático mostrado (Fig. 1), correspondiente al primer modelo de estaciones diseñadas NIMBUS-THP (Las tres últimas letras infieren los tipos de sensores configurados). En este caso la estación se encuentra configurada con un sensor de temperatura y humedad relativa ambiente, un sensor de temperatura de suelo, dos sensores de temperatura de intemperie y un sensor de precipitación.

La diferencia entre los distintos modelos de estaciones contemplados en el proyecto radica en la configuración que se realice con las placas de sensores inteligentes y los sensores.

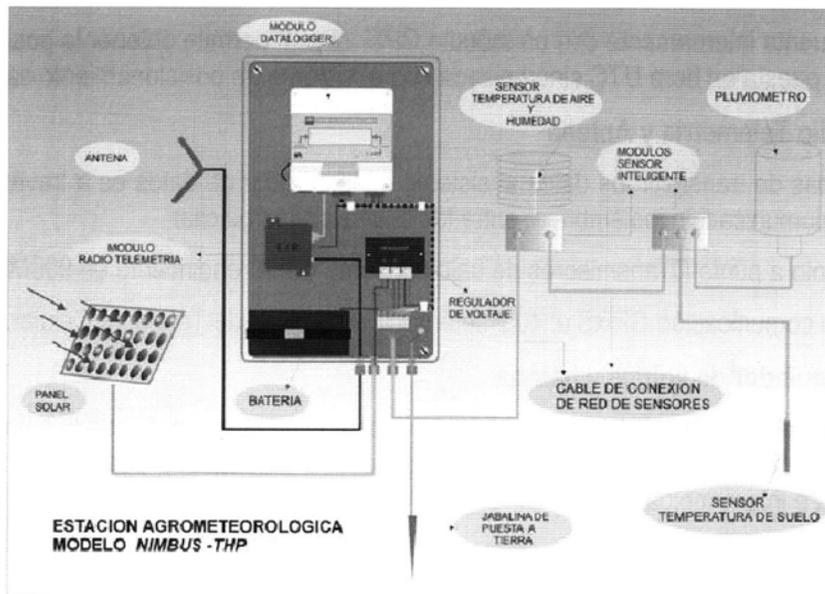


Figura 1. Diagrama general de conexionado de las estaciones

### • Módulo Datalogger

El módulo Datalogger va a ser el encargado de concentrar y almacenar toda la información de variables recibidas desde las placas de sensores inteligentes, estando cada una de las placas relacionada a uno o varios sensores.

Posee una pantalla LCD de visualización frontal que, junto a un control tipo botón e indicador luminoso, permite desplegar un menú de funciones dentro de las cuales podemos visualizar:

- El valor de las variables obtenidas en forma instantánea.
- Indicación de alarmas
- Registro de posición y Hora UTC
- Nivel de Batería
- Placas de Sensores conectadas al sistema

Posee una memoria de almacenamiento SD (tipo flash), al cual permite almacenar la información en forma segura y durante tiempo de registro prolongado.

Los datos almacenados pueden ser consultados a través de un puerto serial RS232 o a través de un puerto USB.

El reloj interno se encuentra sincronizado a través de un módulo GPS.

- **Módulos sensores inteligentes**

La descripción se encuentra en el apartado de Características generales/ Placas de sensores inteligentes (SI”)

- **Cable de conexión de red de sensores (Bus de datos RS485)**

La transmisión de datos entre el Datalogger y las placas de sensores inteligentes se realiza en forma digital a través de un único cable multipar, respetando la norma de transmisión RS485. A través del mismo se provee también la alimentación de tensión necesaria para el funcionamiento de las placas de sensores inteligentes y de los propios sensores.

- **Módulo GPS**

El Datalogger cuenta internamente con un módulo GPS, el cual permite obtener la posición geográfica de la estación, y la puesta en hora UTC sincronizada con el sistema de posicionamiento satelital.

- **Módulo de Radio Telemetría y Antena**

Una de las formas de transmitir los datos al sistema concentrador de datos es a través de distintos tipos de módulos de comunicación inalámbrica, entre los cuales podemos citar:

- Enlace punto a punto (Transmisores de bajo consumo y alto rendimiento en 900MHz y 2.4GHz).
- Módulo de comunicación GPRS el cual se enlaza con la Red de Telefonía Celular.

- **Panel solar, regulador de voltaje y batería**

Este sistema permite proveer de la energía necesaria para el funcionamiento de la estación a través de la energía obtenida por radiación solar, acompañado de una batería que permite su funcionamiento en forma autónoma e interrumpida.

- **Sensor de apertura de puerta**

Dentro de los distintos niveles de alarma de funcionamiento reportados por la estación, la alarma de puerta abierta indica que el compartimiento estanco en donde se aloja el equipo ha sido abierto.

- **Protección ante descargas atmosféricas: Jabalina de puesta a tierra y descargadores gaseosos**

Las estaciones agrometeorológicas poseen varios niveles de protección ante descargas atmosféricas. La primera etapa esta constituida por la puesta a potencial de tierra a través de una jabalina.

Internamente, tanto los módulos Datalogger como los módulos de placas de sensores inteligentes poseen dos niveles de protecciones adicionales, ubicados en las líneas de datos y suministro de alimentación:

- A través de descargadores gaseosos.
- A través de diodos de descarga de transitorios (TVS).

## **Evolución del diseño**

Desde las primeras pruebas llevadas a cabo con el modelo prototipo de estación, y antes de definir el modelo definitivo, se realizaron varias mejoras y ajustes en el diseño. Podemos citar:

- El ajuste y rediseño de algunas secciones de circuito, las cuales permitieron mejorar el consumo de energía de la estación.
- Sucesivos ajustes del firmware, tanto del Módulo Datalogger como de los módulos sensor inteligente, para:
  - soportar nuevas funcionalidades y optimizar su desempeño

- adecuar y optimizar las cadenas de transmisión de datos hacia el host/software centralizador, en donde se encuentra la base de datos.
- Ajustes de mecanizado y conexionado, optimizados por la utilización de materiales de fabricación nacional, y optimizado para la construcción y armado de estaciones en forma seriada.

## Formación e instrucción al personal de investigación y técnico del INTA

Una vez definidos y construidos los primeros modelos finales de la estación, se procedió a dar instrucción a investigadores y técnicos del Instituto de Clima y Agua, encargados de la programación y el ajuste de los distintos módulos involucrados, la puesta en marcha, la construcción, el ajuste y el montaje de las estaciones.

También se llevó a cabo una revisión del proceso y la metodología llevada a cabo en el ensamble y la construcción de las estaciones, en cuanto a despejar dudas e inquietudes.

## Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (SIGA)

Para integrar toda la información de la base de datos proveniente de todas las estaciones meteorológicas convencionales y automáticas del INTA se ha desarrollado un sistema operativo e informático montando sobre un servidor de datos local (Herrera y colaboradores, 2010). A este sistema ingresará permanentemente la nueva información colectada y se mantendrá la información histórica (data warehouse) que se alimentará continuamente de la primera (Fig. 2)

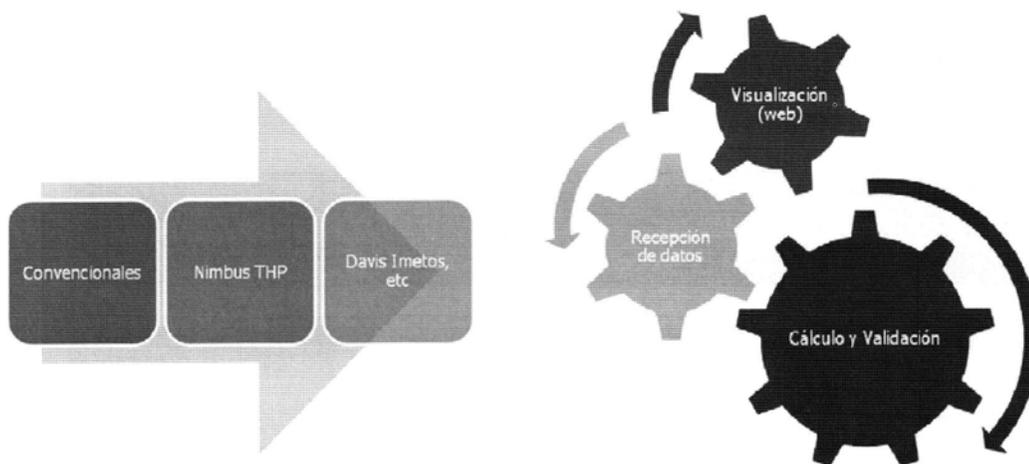


Figura 2. Esquema del funcionamiento del sistema SIGA

Este Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (SIGA) tiene la particularidad de ser abierto y flexible, preparado para ingresar a la base (en formatos de entrada disímiles) datos de estaciones provenientes de diferentes lugares y consistidos de diferentes modos, que luego adquieren homogeneidad en lo que respecta a la presentación de los datos.

La página de inicio (Fig. 3), presenta el mosaico satelital del mapa del territorio nacional, en la versión de Google Earth, ubicando y mostrando en el mismo la localización de las estaciones meteorológicas del INTA.



Figura 3. Página de inicio del SIGA

En el caso de las estaciones automáticas se puede visualizar la serie de los datos horarios actuales de la estación: temperatura del aire, temperatura del suelo, humedad relativa y precipitación acumulada en caso de lluvias (Fig. 4).

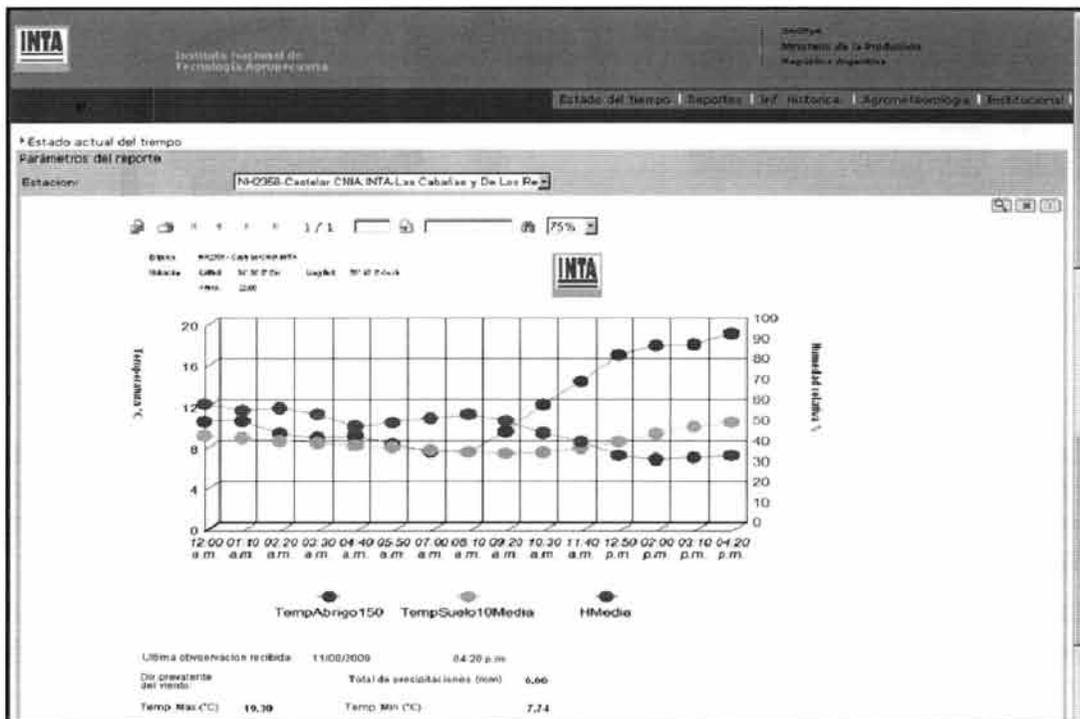


Figura 4. Serie horaria de distintas variables meteorológicas

En la parte superior de la página se encuentran cinco pestañas, cada una con una función específica respecto de la posibilidad de visualizar, analizar y exportar la información que se ha solicitado (Fig. 5).

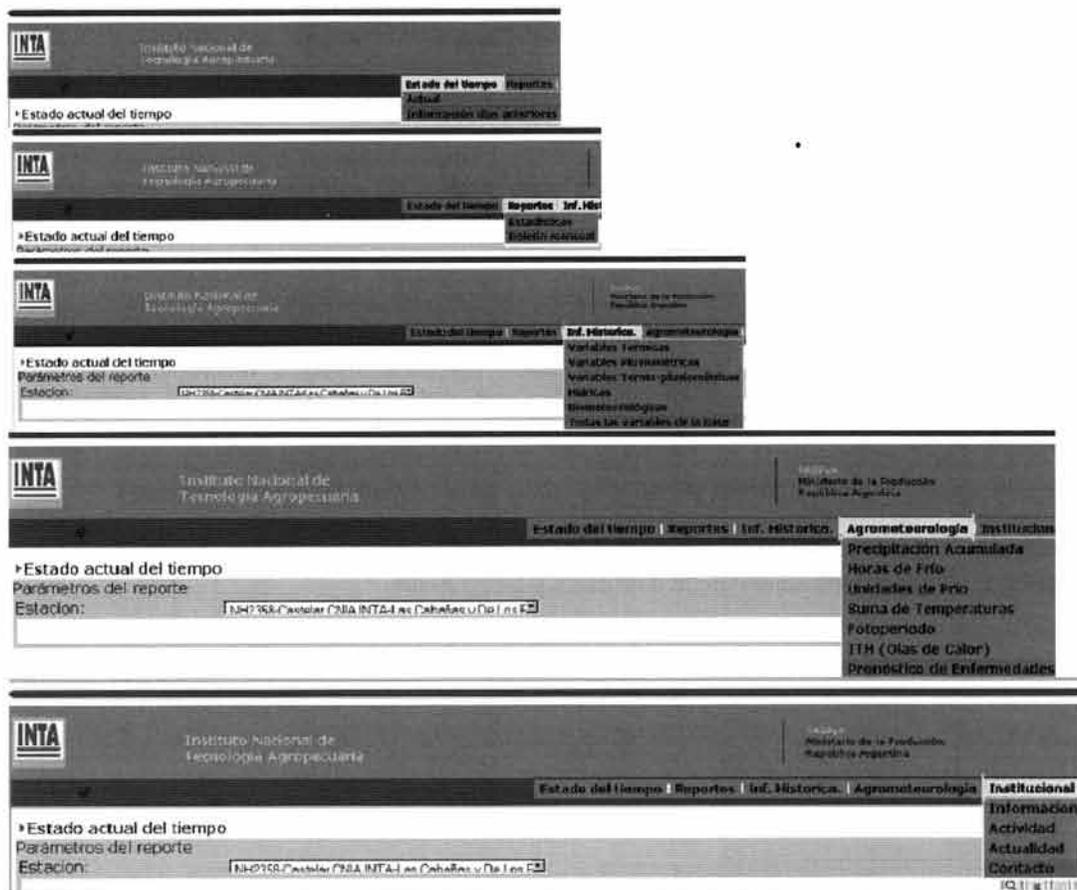


Figura 5. Diseño en bloques para llevar a cabo distintas consultas.

#### Listado funcional de las pestañas

- **1ra, Estado del tiempo:** se presenta la información actual y la información de días anteriores.
- **2da, Reportes:** se encuentran los menús de estadísticas y boletín mensual.
- **3ra, Información histórica:** se agrupan todas las variables disponibles de la base según tipo de variable, ya sean éstas térmicas, variables pluviométricas, variables termo pluviométricas, variables hídricas, variables biometeorológicas y todas las variables de la base.
- **4ta, Agrometeorología:** se muestran todos los menús correspondientes a los análisis agrometeorológicos que pueden efectuarse a partir de los datos disponibles de la base.

### Resultados y conclusiones

Las principales ventajas que genera la construcción de estaciones propias se pueden resumir en los siguientes puntos (Herrera, 2010 y colaboradores, Rodríguez, 2008):

- Se logró un diseño conceptual de acuerdo con la necesidad y la conveniencia del INTA.

Desarrollo de un sistema de observación y análisis climático y ambiental.

Diseño de estaciones agrometeorológicas automáticas Nimbus THP

- Las Estaciones NIMBUS THP soportan distintas configuraciones, según las necesidades de variables agrometeorológicas a registrar, dada la filosofía de diseño de Modularidad (Belloni y D'Indio, 2009)
- Se utiliza el mismo módulo central de adquisición y control (Datalogger) cualquiera sea la configuración de sensores elegida, con la ventaja de poder modificar la configuración de la estación sin necesidad de reemplazarla o reprogramarla.
- Se cuenta con las herramientas necesarias para el mantenimiento y la puesta en marcha, a realizarse por la propia Institución.
- Dado que el INTA posee toda la información para realizar el mantenimiento y multiplicación de las unidades, se evita la necesidad de contratar servicios de mantenimiento externos para las propias estaciones.

Los resultados esperados y en su mayoría logrados en esta etapa del proyecto están focalizados en:

- El aumento de la densidad de la red de medición agrometeorológica mediante la producción y la instalación de 150 equipos de medición automática correspondiente al prototipo de configuración termo-higro-pluviométrico.
- Un incremento significativo, tanto en la cantidad como en la calidad, de datos colectados
- Sistemas de monitoreo agrometeorológico y agroambiental estandarizados y normalizados a niveles regionales, e integrados en sistemas de información geográficos.

## Referencias

RODRÍGUEZ, R. (2008), *Informe de avance de Proyecto AERN3631. Desarrollo de un Sistema de Observación y Análisis Climático Ambiental.*, Instituto de Clima y Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Castelar.

BELLONI, M.; D'INDIO, M. (2009), *Manual de Uso / Técnico Estación Agrometeorológica Automática NIMBUS*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Clima y Agua, Castelar - Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda, p. 15.

HERRERA, M. G.: GATTINONI, N.: RODRÍGUEZ, R.: GALVANI, G. (2010), *Desarrollo de un Sistema de Observación y Análisis Climático Ambiental.* Instituto de Clima y Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Castelar.

INTA (2010) *La Política de Vinculación Tecnológica del INTA*, [en línea]. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/vincula/doc/politicavt.pdf> [Fecha de acceso: 08 de noviembre de 2010].



## ADICIÓN DE FRUCTANO NATURAL EN LA FORMULACIÓN DE UNA SALSA

**María de los Ángeles Borda, Maxiliano Argumedo Moix, Arturo Algueiro, Lucía de Rosa, Patricia Della Rocca\***

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

*\*Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*

*Correo electrónico: patriciadellarocca@hotmail.com*

Recibido el 10 de julio de 2011; aceptado el 2 de agosto de 2011

### Resumen

Se ha formulado una salsa para ensaladas con agregado de inulina como fuente de fibra alimentaria y de aceite de canola, que es uno de los aceites vegetales con mayor contenido de alfa linolénico, ácido graso esencial de la familia omega 3. El producto resultante se caracteriza por un alto contenido en fibra alimentaria, reducido en lípidos y en valor energético. En cuanto a los aspectos tecnológicos podemos afirmar que la inulina mejora considerablemente el sabor y la textura de los productos bajos en grasas, tal como lo confirman las pruebas de análisis sensorial. Adicionalmente, estabiliza físicamente al producto cuando se combina con gomas.

**Palabras claves:** inulina, ácido alfa-linolénico, aderezo con fibra, alimento funcional, salsa con fibra.

### Abstract

A sauce for salads was formulated, with addition of inulin as a source of dietary fiber and canola oil, which is one of the vegetable oils with higher content of alpha-linolenic acid, essential fatty acid of the omega 3 family. The resulting product is characterized by a high dietary fiber content and is reduced in lipids and energetic value. In connection with the technological aspects we can say that inulin significantly improves the taste and texture of products low in fats, as it is confirmed by tests for sensory analysis. In addition, inulin stabilizes physically the product when it is combined with gums.

**Key words:** inulin, alpha-linolenic acid, dressing with fiber, functional food, sauce with fiber.

## Introducción

Según el Código Alimentario Argentino (CAA), bajo la denominación de salsa, aderezo o aliño, *se entienden los productos elaborados que se utilizan para modificar el sabor y/o aroma de ciertos alimentos o preparaciones alimenticias o coquinarias*. (Capítulo XVI, Artículo 1279 - Dec 748, 18.03.77). El presente trabajo tuvo como objetivo formular una base para aderezo de ensaladas con alto contenido en fibra y reducido en grasas. Para ello, se efectuaron experiencias en las que se adicionó inulina, fructano natural y aceite de canola, que se caracteriza por poseer un alto porcentaje de alfa-linolénico (ácido graso de la familia omega 3) en su composición.

La presencia de inulina y aceite de canola posibilitan, en lo que a su formulación respecta, referirse al aderezo como un alimento funcional, ya que según Roberfroid, la presencia de ciertas cantidades de inulina o sus derivados en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como "alimento funcional" (Roberfroid, 2005).

La propiedad de la inulina más extensivamente estudiada es su comportamiento como prebiótico (Franck, 2006). Un prebiótico es un ingrediente alimenticio no digerible, que afecta de forma beneficiosa a quien lo consume mediante la estimulación selectiva del crecimiento o la actividad de una o un número limitado de bacterias en el colon, mejorando así la salud del hospedador (Gibson y Roberfroid, 1995). Para que un ingrediente alimenticio sea clasificado como prebiótico deber cumplir según Gibson (1999) los siguientes requisitos:

1. No debe ser hidrolizado ni absorbido en la parte anterior del tracto gastrointestinal.
2. Debe constituir un sustrato selectivo para una o un número limitado de bacterias comensales beneficiosas del colon, estimulando su crecimiento y/o metabolismo.
3. Debe modificar la composición de la flora del colon, facilitando el desarrollo de especies beneficiosas.
4. Debe inducir efectos en lumen o sistémicos que sean beneficiosos para la salud del individuo que lo consuma.

Este aderezo intenta satisfacer la demanda actual de alimentos funcionales, contribuyendo a la oferta en el mercado argentino con un aderezo de alto contenido en fibra funcional y reducido en grasas.

La inulina es un carbohidrato de almacenamiento presente en muchas plantas, vegetales, frutas y cereales, y por lo tanto forma parte de nuestra dieta diaria. A nivel industrial, generalmente se obtiene de la raíz de la achicoria o de la planta de agave. (Franck, 2006).

Entre otras propiedades beneficiosas de la inulina, se destacan el refuerzo de las funciones inmunológicas (ante cáncer o tumores) el aumento de la biodisponibilidad de minerales, la mejora en el metabolismo de las grasas y de la respuesta glucémica (Franck, 2006). Desde el punto de vista químico está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces  $\beta$ -(2-1) fructosil-fructosa, siendo el término "fructanos" usado para denominar este tipo de compuestos (Watherhouse y Chatterton, 1993). No es recomendable su uso en alimentos a pH menores de 4, porque puede hidrolizarse a fructosa (Franck, 2002).

La inulina es un polvo blanco que tiene sabor medianamente neutro y es moderadamente soluble en agua. Esto hace que el agregado de fibras a todo tipo de productos alimenticios resulte sencillo, mejorando la textura y logrando la estabilidad de una gran variedad de alimentos; actúa como agente espesante, retiene agua, estabiliza geles e imparte cremosidad a los productos reducidos en grasas (Kip y colaboradores, 2005). La capacidad de formar gel es determinante en su uso como sustituto de grasas en productos lácteos, untables, aderezos, salsas y otros productos en los que las propiedades funcionales que otorgan las grasas son

indispensables para lograr los efectos sensoriales deseados por los consumidores (Franck, 2002).

Otro de los ingredientes principales utilizados es el aceite de canola, que se obtiene de las semillas de *Brassica Napus* y *Brassica Rapa*. El motivo de la elección del aceite de canola como materia grasa se basa en el perfil de los ácidos grasos que lo componen, caracterizándose por el bajo nivel de ácidos grasos saturados, relativamente alto nivel de ácidos grasos monoinsaturados y un nivel intermedio de ácidos grasos poliinsaturados, con un buen balance entre los ácidos grasos de la serie omega 3 y omega 6. (Figura 1)

Los ácidos grasos linoleico (omega 6) y alfa-linolénico (omega 3) son ácidos grasos de carácter esencial, ya que nuestro organismo no puede sintetizarlos, y deben ser incorporado a través de los alimentos. Entre los principales beneficios derivados del consumo de alimentos ricos en omega 3 se destacan la reducción de la incidencia de enfermedades cardiovasculares e hipertensión y la mejora de los niveles de triglicéridos (Olagnero y colaboradores, 2007).

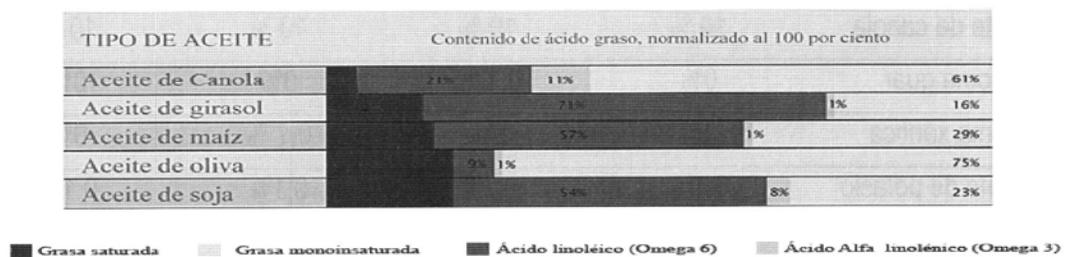


Figura 1. Distribución porcentual de ácidos grasos en aceites de consumo habitual

Fuente: Modificado de POS (Pilant Plant Corporation Sakatoon, Saskatchewan, Canada) Canola Council of Canada. Junio 1994.

## Materiales y Métodos

### Formulación de las Muestras

Las muestras se elaboraron a partir de los siguientes ingredientes: agua potable, aceite de canola (marca Krol), vinagre de alcohol (marca Menoyo), inulina (Beneo GR-ORAFIT Active Food Ingredients S.A – proveedor Saporitti S.A), fécula de mandioca modificada instantánea (marca National 75 - proveedor Gelfix S.A), azúcar blanca refinada (marca Ledesma), huevo entero en polvo (marca Tecnovo S.A), mostaza en polvo (marca Billi), sal fina (marca Dos Anclas), goma guar y goma xántica (marca Gelfix S.A). El pH final se ajustó a 4,0 a 20 °C. Las muestras se envasaron en frascos estériles y se conservaron en refrigeración a 4 °C hasta su análisis.

Para la medición de los ingredientes que conforman las muestras se utilizó una balanza granataria Mettler, Modelo P. 1220, y para la elaboración (mezclado de los ingredientes) se utilizó una minipimer Philips Hand Blender HR 1366, de 600 watt de potencia.

Se realizaron cuatro formulaciones, cuya composición se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulación de las muestras

Ingredientes	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Inulina	6 %	6 %	6 %	0%
Almidón	5,4%	5,4%	5,4%	5,4%
Agua	63,3%	63,3 %	63,3 %	69,3%
Vinagre	7%	7%	7%	7%
Huevo en polvo	2,2 %	2,2 %	2,2 %	2,2 %
Azúcar	3 %	3 %	3 %	3 %
Mostaza en polvo	1,5%	1,4%	1,4%	1,5%
Sal	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Aceite de canola	10 %	10 %	10 %	10 %
Goma guar	0%	0,1 %	0%	0%
Goma xántica	0%	0%	0,1 %	0%
Sorbato de potasio	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
TOTAL	100 %	100 %	100 %	100 %

### Preparación

Se reconstituyó el huevo según la indicación del proveedor. En recipiente aparte se mezclaron los ingredientes secos y luego se dispersaron en agua. Se incorporó el huevo hidratado y se batió durante 1 minuto. Posteriormente, se agregó el aceite y se batió la preparación durante 2 minutos. Por último se adicionó la mostaza, el vinagre y el sorbato de potasio.

### Composición centesimal y perfil de ácidos grasos

La composición centesimal se determinó de manera experimental utilizando la metodología establecida por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC 2000). En la Tabla 2 se presenta la información de la composición centesimal de la muestra N° 2. Ésta fue la muestra elegida por el panel de evaluación sensorial, dado que sus características y atributos son los más representativos para formular un aderezo.

Tabla 2. Composición centesimal por 100 g de producto, correspondiente a la muestra N° 2

Determinaciones	Metodología	Contenido cada 100 g de muestra
Contenido de agua (%H)	AOAC 925.09 (Indirecto, calor y presión reducida)	60 g
Cenizas (%C)	AOAC 923.03 (Calcinación en mufla a 550 °C)	1,7 g
Proteínas (%P)	AOAC 960.52 (Micro Kjeldahl f=6,25)	1,2 g
Grasas (%G)	AOAC 950.54 (Hidrólisis ácida)	10,1 g
Fibra Alimentaria Total (%FAT)		14,3 g
Fibra Alimentaria	AOAC 985.29 (enzimático-gravimétrico)	4,9 g
Inulina	HPLC (Zuleta y Sambucetti,2001)	9,4 g
Carbohidratos	Por diferencia, obtenidos como: $100 - (\%H + \%C + \%P + \%G + \%FAT)$	12,7 g
Contenido energético	Factores de Atwater	146,5 kcal

El perfil de ácidos grasos se determinó por cromatografía gaseosa; en la Tabla 3 se describen los valores obtenidos.

Tabla 3. Perfil de ácidos grasos por 100 g de producto , correspondiente a la muestra N° 2.

Ácidos grasos	g de ácidos grasos / 100 g de muestra
Ácidos grasos saturados	0,89 g
Ácidos grasos monoinsaturados	6,42 g
Ácidos grasos poliinsaturados:	2,72 g
Ácido linoleico	1,88 g
Ácido alfa linolénico	0,84 g
Ácidos grasos trans	0

### Información nutricional

De los valores resultantes de la determinación de la composición centesimal se obtuvo el valor energético y el contenido de nutrientes que aporta el producto, para proceder al diseño de

la información nutricional del rótulo nutricional obligatorio. Para tal fin fue necesaria la estimación teórica del contenido de sodio que aporta el producto, partiendo de la información del contenido de sodio en los rótulos de las materias primas, dado que es un nutriente de declaración obligatoria para el Código Alimentario Argentino.

Asimismo, del análisis del perfil de ácidos grasos también se obtuvieron cantidades de nutrientes de declaración obligatoria, tales como total de grasas saturadas y grasas trans.

Al rotulado nutricional de este producto se le incluirá, además de la información nutricional obligatoria, la información nutricional complementaria ("claims") ya que su formulación permite que se afirmen propiedades nutricionales particulares del producto y dado que entre los claims se hará referencia a los lípidos, el CAA establece que cuando se incluyan claims con respecto al tipo y/o cantidad de grasas y/o ácidos grasos y/o colesterol, se deberán indicar las cantidades de grasas saturadas, trans, monoinsaturadas, poliinsaturadas y colesterol (apartado 3.1.5 de Resolución GMC 46/03).

Para dar cumplimiento a lo citado anteriormente se procedió a estimar de manera teórica el contenido de colesterol del producto, partiendo del valor informado para huevo entero deshidratado de las Tablas de composición química del Handbook N° 8 USA ([www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search)), ya que es el único ingrediente de la formulación que contiene colesterol.

En la Tabla 4 se presenta la información nutricional correspondiente a la muestra N° 2.

**Tabla 4. Información nutricional por porción y por cada 100 g de producto correspondiente a la muestra N° 2**

Información nutricional			
	Por porción de 12 g (1 cucharada sopera)	% Valor diario (*)	Por 100 g de producto
Valor energético	17 kcal	1%	146 kcal
Carbohidratos	1,6 g	1 %	13 g
Proteínas	0,1 g	0	1,2 g
Grasas Totales	1,2 g	2%	10 g
Grasas saturadas	0,1 g	0%	0,9 g
Grasas trans	0	--	0
Ácidos grasos monoinsaturados	0,8 g	--	6,4 g
Ácidos grasos poliinsaturados	0,3 g	--	2,7 g
Ácido graso. linoleico	0,2 g	--	1,9 g
Ácido graso alfa linolénico	0,1 g	--	0,8 g
Fibra alimentaria	1,7 g	7%	14 g
Colesterol	4 mg		33 mg
Sodio	75 mg	3%	622 mg

(\*) Valores diarios con base en una dieta de 2000 kcal u 8400 kj. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.

### **Estudio del comportamiento reológico**

Para la caracterización reológica se utilizó un viscosímetro Brookfield LVT 230 v 50 Hz . Las muestras se termostataron a  $20 \pm 0,5$  °C. Cada muestra fue sometida a un ciclo de deformación (curva ascendente o ida y descendente o vuelta) incrementando la velocidad de rotación y de esta manera variando el gradiente de velocidad de deformación. Las medidas se llevaron a cabo por triplicado. Se midió el esfuerzo de corte ( $\tau$ ) para cada gradiente de velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ) y la viscosidad aparente se calculó en cada caso.

### **Ensayos microbiológicos**

Se procedió a la irradiación con una dosis de 5 kGy a la mostaza utilizada como condimento, a modo de garantizar la seguridad microbiológica del producto. Las determinaciones microbiológicas se realizaron sobre la muestra N° 1, a la que se le incorporó 0,1 % de sorbato de potasio, tal como lo especifica el Código Alimentario Argentino para aderezos. Los recuentos se llevaron a cabo según lo exigido por la legislación argentina para este tipo de productos (Artículo 1280 inc.6, CAA) y con la metodología descripta por la misma.

Para la determinación de coliformes se empleó el método del número más probable en caldo Mac Conkey y para la presencia / ausencia de *Escherichia coli*, se analizó el crecimiento en medio selectivo y diferencial para *E. coli* (Cromobrit, Britania). Asimismo, se llevó a cabo el recuento en placas de agar de bacterias aerobias mesófilas totales y el de mohos y levaduras en placas de agar YGC. La cantidad de muestra analizada en todos los casos fue de 1 g.

### **Determinación de la actividad de agua**

Se calculó la actividad de agua ( $a_w$ ), utilizando las ecuaciones de Norrish para la solución de sacarosa y agua y la de Bromley para la solución de sal y agua. El cálculo de la  $a_w$  final se obtuvo con la ecuación de Ross.

### **Estabilidad física**

La misma se determinó por observación directa durante el período de almacenamiento de las muestras en refrigeración a 4 °C. Las observaciones se realizaron a los 7, 15 y 30 días.

### **Análisis sensorial**

El análisis sensorial se llevó a cabo con un panel entrenado de 12 personas del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, CITIL. Se utilizó la técnica de Análisis Descriptivo Cuantitativo (ADC) siguiendo los lineamientos de las Normas IRAM 20012:1997 y 20013:2001 (perfil de flavor y perfil de textura, respectivamente).

Los objetivos del análisis sensorial del aderezo fueron:

*Obtención de descriptores para elaborar el perfil sensorial:* se trabajó en forma grupal siguiendo el método del consenso, con el fin de armar una lista de descriptores presentes en las muestras de aderezo. También se evaluaron los ingredientes: aceite de canola y solución de inulina al 6%.

*Determinación del perfil sensorial cualitativo para evaluar la forma de presentación más adecuada del aderezo:* se elaboraron perfiles cualitativos de textura y flavor de las 4 muestras presentadas: a) aderezo sólo en un recipiente de vidrio; b) mezcla de 20g de lechuga mantecosa picada con 20g de aderezo presentadas en un recipiente de vidrio; c) mezcla de 20g de lechuga mantecosa picada con 15g de aderezo presentadas sobre una porción de pan lactal de salvado sin sal agregada; d) mezcla de 20g de lechuga mantecosa picada con 20g de aderezo presentadas sobre una galletita de agua sin sal agregada. Además se saborizó la muestra N°1 con dos mezclas diferentes de especias: una compuesta por orégano y la otra por albahaca deshidratada, todas acompañadas con perejil deshidratado, pimienta blanca molida y ajo en polvo.

### **Análisis descriptivo cuantitativo de textura**

Se utilizó una escala estructurada de intensidad creciente de 1 a 7 puntos, utilizando referencias ancladas en diferentes sectores de ésta. Los datos se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5. Definición de descriptores de textura y su correspondiente escala**

<b>Descriptor</b>	<b>Definición</b>	<b>Referencias</b>
<b>Solubilidad</b>	Sensación que se manifiesta cuando la muestra funde muy rápidamente en la saliva	Yema de huevo cocido en punto 2 Merengue en el punto 7
<b>Microestructura</b>	Presencia de cristales o grumos durante la masticación	Cristales: duros y angulosos Grumos: granos redondeados, más o menos duros al diente
<b>Harinosidad</b>	Percepción al final de la masticación de partículas de harina	Presencia/ ausencia
<b>Untuosidad</b>	Atributo mecánico de textura relacionado con la resistencia a fluir	Yogur bebible punto 2 Miel en el punto 6
<b>Adherencia</b>	Trabajo que es necesario realizar con la lengua para despegar el producto pegado en el paladar y en los dientes.	Queso duro en el punto 2 Dulce de leche repostero en el punto 7

Fuente: elaborado por CITIL, INTI

## **Resultados y discusión**

### **Formulación e información nutricional**

La porción establecida por el Código Alimentario Argentino para aderezos es de 12 g, equivalente a 1 cucharada sopera. Considerando que para condimentar una ensalada se utilizan alrededor de 2 porciones, el producto cubre aproximadamente un 14 % del valor diario de referencia, establecido en 25 g de fibra alimentaria por día para una dieta de 2000 kcal (FAO/OMS,2003).

Dado que contiene 14,3 g de fibra alimentaria cada 100 g de producto, se puede afirmar que es un aderezo con alto contenido en fibra alimentaria (CAA, Capítulo V). Además, de acuerdo con estudios in vivo, se estableció que para que la inulina logre un efecto prebiótico se debe mantener una ingesta mínima de entre 5 y 8 g/día (Kolida y colaboradores, 2007, Kolida y Gibson, 2007). Dos porciones diarias de este aderezo estarían cubriendo aproximadamente un 35 % de la ingesta recomendada de inulina para lograr efecto prebiótico, estimando un valor promedio de ingesta en 6,5 g de inulina/ día.

En cuanto al contenido de grasas totales, el aderezo formulado es reducido en el contenido lipídico y bajo en grasas saturadas. En la Tabla 6 se presenta la comparación de los valores promedios de 3 aderezos comerciales (tal como lo establece el CAA para la declaración de contenido comparativo) con el aderezo con inulina. El aderezo propuesto posee un valor energético 28 % menor al de los aderezos comerciales tradicionales, y un 50 % menos de grasas totales.

**Tabla 6. Comparación del promedio de 3 aderezos comerciales tradicionales vs aderezo con inulina**

Cada 100 g	Aderezo propuesto	Promedio 3 aderezos tradicionales (*)
Valor Energético	146 kcal	203 kcal
Grasas Totales	10 g(**)	20 g
Fibra alimentaria	14 g	0 g

Fuente: elaboración propia. (\*) Se realizó un promedio del valor energético total y contenido de nutrientes a comparar de los aderezos Ranch, Caesar y Vinagreta Italiana.(\*\*) Contiene 0,9 g de grasas saturadas y 0 g de grasas trans.

De los resultados obtenidos en relación con el contenido de alfa-linolénico, el producto contiene un aporte de alfa- linolénico de 0.8 g %, cubriendo aproximadamente en 2 cucharadas soperas 0,2 g, lo que equivale al 4,5 % de la recomendación de ácidos grasos de la serie omega 3 (FAO/OMS,2008). Puesto que la legislación argentina aún no establece el contenido mínimo de omega 3 que debe tener un alimento para realizar una declaración nutricional complementaria, podemos agregar en el rótulo la leyenda..."con omega 3". En la Tabla 7 se resumen las declaraciones nutricionales complementarias (claims) que corresponden al producto, separadas en claims de contenido absoluto de nutrientes y claims de contenido comparativo.

**Tabla 7. Resumen de la información nutricional complementaria del producto**

Información Nutricional Complementaria "CLAIMS"	
Contenido absoluto	Contenido Comparativo
Alto contenido en fibra alimentaria	Reducido valor energético
Bajo contenido en grasas saturadas	Reducido contenido lipídico
Cero grasas trans	
Con omega 3	

Fuente: elaboración propia

## Reología

Las muestras mostraron un comportamiento no newtoniano de carácter pseudoplástico que se pudo describir con la ecuación de la ley de la potencia (Ostwald-de-Waele):  $\tau = m \gamma^n$  (donde  $\tau$  es el esfuerzo de corte,  $\gamma$  el gradiente de velocidad de deformación,  $m$  el índice de consistencia y  $n$  el índice de comportamiento de flujo).

En este tipo de fluidos la viscosidad aparente disminuye con el gradiente de velocidad de deformación. Los pares de muestras que presentan un comportamiento reológico similar son las 1 y 4, sin gomas y las 2 y 3, con gomas. La presencia de gomas en las muestras aumenta el índice de consistencia y disminuye el índice de comportamiento de flujo.

Las muestras sin gomas (1 y 4) presentaron tixotropía, ya que la viscosidad aparente no estaba relacionada exclusivamente con la velocidad de deformación sino también con el tiempo, como puede apreciarse en las curvas de ida y vuelta de la Figura 2. Este fenómeno se denomina histéresis. Cuando se agregaron gomas (xántica o guar) a las muestras la histéresis desaparecía, como se puede observar en la Figura 3.

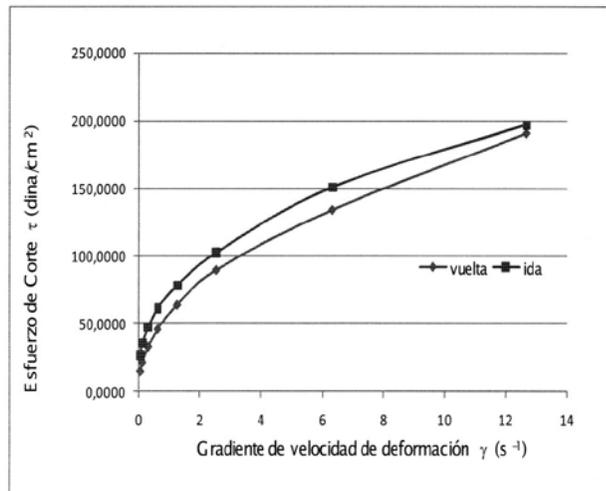


Figura 2. Esfuerzo de corte vs gradiente de velocidad de deformación (muestra 1, con inulina), curvas ascendente y descendente

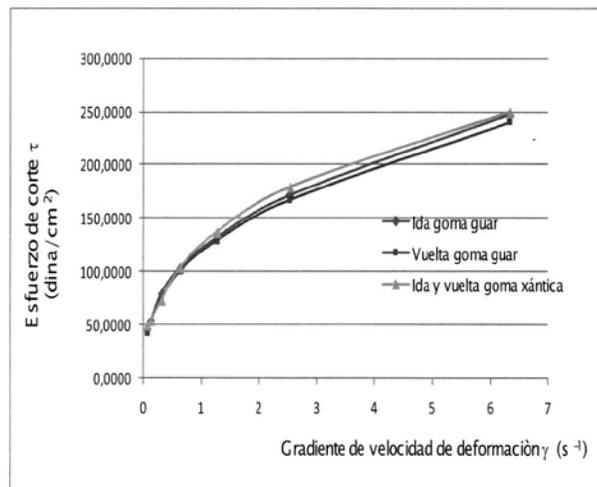


Figura 3. Esfuerzo de corte vs gradiente de velocidad de deformación (muestra 2 y 3, ambas con inulina y con goma guar y xántica, respectivamente), curvas ascendente y descendente

En la Tabla 8 se detallan los valores de los parámetros n y m, correspondientes a la ecuación de la Ley de la Potencia, empleada para describir el comportamiento de flujo del aderezo

**Tabla 8. Parámetros n y m de la ecuación de la Ley de la Potencia**

Muestra	Tramo de Curva	Índice de Comportamiento de Flujo (n)	Índice de Consistencia (m)	R <sup>2</sup>
Comercial	Ida	0,2406	142,27	0,9968
	Vuelta	0,2582	131,58	0,9934
N° 1 (con inulina)	Ida	0,3726	74,21	0,9982
	Vuelta	0,4723	57,13	0,9999
N°2 (con inulina y goma guar)	Ida	0,3715	122,04	0,9973
	Vuelta	0,3806	117,97	0,9991
N°3 (con inulina y goma xántica)	Ida	0,3707	123,54	0,9868
	Vuelta	0,4647	116,41	0,9892
N°4 (sin inulina)	Ida	0,4114	73,60	0,9982
	Vuelta	0,4841	60,05	0,9980

R<sup>2</sup> coeficiente de determinación correspondiente al ajuste de los datos experimentales con la ecuación de la Ley de la Potencia linealizada

Las muestras con el agregado de gomas, 2 (guar) y 3 (xántica) exhiben un comportamiento reológico más parecido al del aderezo comercial Caesar, marca Tau delta.

### Ensayos microbiológicos

La actividad de agua (aw) fue de 0,9829, valor que corresponde a un alimento fresco. El pH medido fue de 4.

En la Tabla 9 se presentan los resultados microbiológicos obtenidos y los valores establecidos en el artículo 1280, inc.6, CAA.

**Tabla 9. Resultados microbiológicos de la muestra N° 1, sobre una cantidad de 1 g**

	Establecido por CAA	Resultados
Bacterias aerobias mesófilas totales	Máx: 1000 UFC/g	3 .10 <sup>2</sup> UFC/ g
Bacterias coliformes	Máx: 10 UFC/g	Ausencia en 1 g
Mohos y/o levaduras	Máx: 20 UFC/g	Menos de 1 UFC/ g
Escherichia coli	Ausencia en 1g	Ausencia en 1 g

### Estabilidad física

La muestra conteniendo sólo almidón (N° 4) se desestabiliza a los 7 días de almacenamiento en refrigeración. La muestra con inulina (N°1) comienza a desestabilizarse en el día 15, pero al agitarse se homogeniza rápidamente y continúa estable durante los 15 días siguientes. La muestra con agregado de goma guar (N°2) a los 30 días presenta indicios de desestabilización, pero con la agitación se homogeniza como la anterior. La muestra con adición de goma xántica (N° 3) permanece estable durante el período analizado.

La desestabilización referida no alcanza a ser una separación de fases, sino que una leve sinéresis que ante la agitación se revierte. Teniendo en cuenta este comportamiento, se recomienda almacenar el producto en recipiente opaco y con la sugerencia de agitar antes de usar.

### Análisis sensorial

Los descriptores resultantes del perfil sensorial se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Descriptores del perfil sensorial

Olor	Flavor	Textura
Vinagre	Vinagre	Microestructura (grumos y cristales)
Mostaza	Acido	Cremosidad/untuosidad en boca
Huevo	Picante	Adherencia
	Salado	Solubilidad
	Persistencia	Harinosidad
	Espicias	

Fuente: elaborado por CITIL, INTI

### Evaluación de ingredientes

Aceite de canola: El olor se percibe con baja intensidad y el flavor no se detecta en el aderezo

Solución de inulina al 6%: La solución se encontró inodora, dulce y levemente astringente; no se identifica en el aderezo.

En la determinación del perfil sensorial cualitativo para evaluar la forma de presentación más adecuada del aderezo se descartó la muestra N° 3, ya que la consistencia lograda no se correspondía a la deseada para un aderezo de ensaladas.

Los descriptores se mencionan en orden de acuerdo a la intensidad de percepción. La percepción de cristales se debe a granos de mostaza distribuidos de manera no homogénea y la de grumos a la presencia de almidón.

a) Perfil cualitativo de los aderezos presentado en envase de vidrio. Los descriptores se indican en la Tabla 11.

Tabla 11. Descriptores de aderezo

Atributo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 4
<b>Olor</b>	Vinagre Mostaza Nota vegetal verde húmedo	Vinagre Mostaza	Vinagre Mostaza leve
<b>Flavor</b>	Mostaza Picante fuerte Acido Nota verde Persistencia de mostaza y picante	Mostaza Picante leve	Mostaza más fuerte Picante leve
<b>Textura</b>	Grumos pequeños Creмосa Consistencia de yogur bebible	Creмосa grumos pequeños Consistencia de yogur bebible	Grumos Cristales Más harinosa Mas consistente

Fuente: elaborado por CITIL, INTI

- b) Mezcla de 20g de lechuga mantecosa picada con 20g de aderezo presentadas en un recipiente de vidrio. (Tabla 12)

Tabla 12 Descriptores lechuga con aderezo

Atributo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 4
<b>Olor</b>	Lechuga No se percibe aderezo	Vinagre Lechuga Mostaza	Vinagre Lechuga
<b>Flavor</b>	Picante Mostaza Lechuga Persistencia de picante	Picante fuerte Se percibe el aderezo	Lechuga Amargo Picante
<b>Textura</b>	Untuosa No se perciben cristales	Untuosa No se perciben grumos	Untuosa

Fuente: elaborado por CITIL, INTI

- c) Perfil cualitativo de la mezcla lechuga/aderezo Sobre pan lactal sin sal.  
d)-Perfil cualitativo de la mezcla de lechuga/ aderezo sobre una galletita de agua sin sal.

*Observaciones:* No se percibe el aderezo, sólo las características del soporte pan/galletita sin sal. De los ensayos realizados surge que es conveniente analizar el aderezo sin

soporte de pan o galletita, ya que no permiten que se expresen sus atributos. Con respecto a las muestras saborizadas, la de Mix de orégano, fué la más aceptada.

El análisis descriptivo cuantitativo de textura del aderezo sólo se representa en la Figura 4, mientras que los descriptores de textura en las muestras se indican en la Tabla 13.

Tabla 13. Descriptores de textura de las muestras

Descriptor de Textura	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 4
Solubilidad	4,0	3,3	3,8
Microestructura (*)	1,7 <sup>a</sup>	3,4 <sup>b</sup>	3,6 <sup>b</sup>
Harinosidad (*)	1,9 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	2,7 <sup>b</sup>
Untuosidad (*)	3,2 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>	4,1 <sup>b</sup>
Adherencia	2,8	3,3	3,4

(\*)ANOVA: Para ese descriptor de textura, los valores que se presentan con la misma letra no son significativamente diferentes con  $\alpha = 0.05$ .

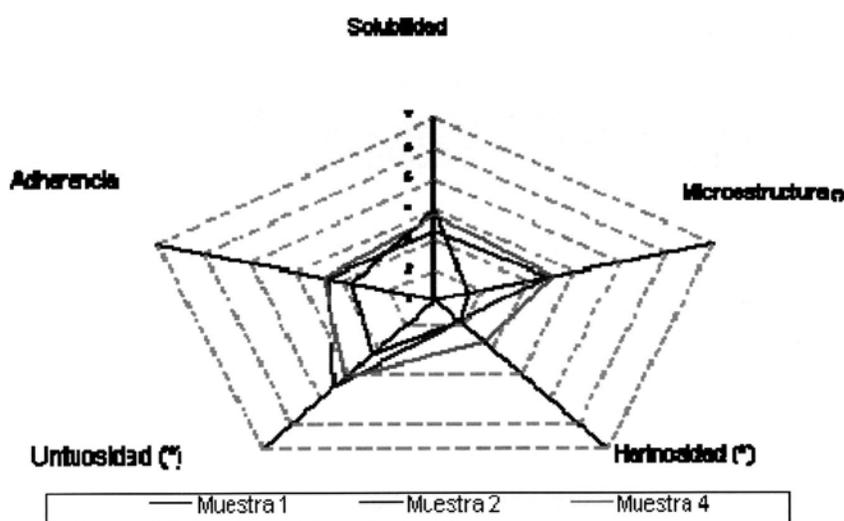


Figura 4. Perfil de textura de las muestras

De la Figura 4 se desprende que para el atributo adherencia no se observan diferencias significativas entre las tres muestras y en cuanto a la solubilidad, la muestra 2 presenta un menor valor, siendo más favorable ya que acompaña al soporte por más tiempo. Con respecto a la untuosidad, la muestra 1 es menos untuosa que la muestra 2 y 4 y presenta la menor microestructura. En relación con la harinosidad, no hay diferencias significativas entre las muestras 1 y 2, siendo la N°4 la más harinosa.

## Conclusiones

El producto obtenido entraría dentro de la categoría de un alimento funcional, en lo que a su formulación respecta (Roberfroid, 2005). Se reemplazó a uno de los componentes comúnmente utilizados en este tipo de productos: aceite de maíz, girasol, etc. por aceite de canola, cuyo perfil de ácidos grasos se aproxima a las recomendaciones de grasas establecidas por FAO/OMS 2008, para la prevención de las enfermedades cardiovasculares. Se ha añadido también inulina, con efecto prebiótico reconocido, definido por la capacidad selectiva de estimular el crecimiento de bifidobacterias y lactobacillus, además de reforzar el sistema inmunológico, incrementar la biodisponibilidad de minerales e intervenir en el metabolismo de lípidos y en el índice glucémico.

En cuanto a los aspectos tecnológicos, la inulina mejora considerablemente el sabor, la suavidad y la cremosidad de los productos bajos en grasas. Dichos efectos quedaron confirmados en las pruebas de análisis sensorial, percibiéndose aquellas muestras que no contenían inulina como grumosas y con sabor harinoso.

Asimismo, las muestras conteniendo inulina combinada con goma presentaron una mayor consistencia, tal como se determinó en los estudios reológicos y en el análisis sensorial. La goma guar permite que el aderezo se adhiera más al vegetal posibilitando que se perciba su sabor. El agregado de inulina junto con goma aumenta la estabilidad física de la emulsión en el tiempo de almacenamiento

La estabilidad microbiológica del producto está dada por su valor de pH y el agregado de sorbato de potasio, como antifúngico.

Por lo expuesto podemos afirmar que el producto posee características desde el punto de vista nutricional tales como alto contenido de fibra alimentaria, valor energético reducido, reducido en grasas totales, bajo en grasas saturadas, no contiene ácidos grasos trans y posee mayor cantidad de ácido graso alfa-linolénico, que los aderezos presentes en el mercado. Todos estos atributos posibilitan que el producto pueda ser utilizado dentro de una alimentación variada, además de poder indicarse en planes de alimentación en los cuales el objetivo sea reducir el contenido de lípidos o el valor energético.

## **Agradecimientos**

Agradecemos muy especialmente a R. Castañeda, H. Montero y al equipo del INTI LÁCTEOS, CITIL, por el desarrollo del análisis sensorial del producto. También agradecemos a GELFIX S.A.

## Referencias

- AOAC (2000) *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists, USA,
- FRANCK, A. (2002) *Technological functionality of inulin and oligofructose*. British J. Nutr. 87, 287-291.
- FRANCK, A. (2006) *Inulin*. En: *Food Polysaccharides and Their Applications* (733), segunda edición. Marcel Dekke, Nueva York, USA.
- FAO/OMS (2003) *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. WHO Technical Report Series 916, Geneva.
- FAO/OMS (2008) *Expert consultation on fats and fatty acids in human nutrition*, November 10-14, WHO HQ, Geneva.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. (1995) *Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics*. J. Nutr. 125,1401-1412.
- GIBSON, G.R. (1999) *Dietary modulation of the human gut microflora using the prebiotics oligofructose and inulin*. J. Nutr., 129, 1438S-1441S.
- KIP, P.; MEYER, D.; JELLEMA, R. (2005) *Inulin improve sensoric and textural properties of low fat yogurts*. Int Dairy J 16, 1098- 1103.
- KOLIDA, S.; GIBSON, R. (2007) *Prebiotic capacity of inulin type fructans*. The Journal of Nutrition. American Society for Nutrition, 137, 2503-2506.
- KOLIDA, S.; MEYER, D.; GIBSON, R. (2007) *A double-blind placebo controlled study to establish the bifidogenic dose of inulin in healthy humans*. European Journal of Clinical Nutrition 31, 1-7.
- OLAGNERO, G.; MARCENADO, J.; IREL, V. (2007) *Alimentos funcionales: Compuestos de naturaleza lipídica*. Diaeta 25, N°12, .31-42.
- .ROBERFROID, M. B. (2005) *Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients*. CRC Press. 370,Boca Raton, USA.
- WATHERHOUSE A.; CHATTERTON N. (1993) *Glossary of fructans terms*. En: Science and Technology of Fructans. M. Suzuki, N. Chatterton (Editores). CRC Press, Boca Raton, USA.
- ZULETA, A.; SAMBUCETTI, M. E. (2001) *Inulin determination for food labeling*. J. Agric. Food Chem, 49, 4570-4572.

## LA FORMACION EN TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN DEL ESTUDIANTE DE INGENIERIA CIVIL EN LA FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL<sup>1</sup>

**Adriana Beatriz García**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, Av. Ramón Franco 5050 (1874) Villa Domínico, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

*Correo electrónico:* [abgarcia@fra.utn.edu.ar](mailto:abgarcia@fra.utn.edu.ar)

Recibido el 11 de julio de 2011; aceptado el 28 de julio de 2011

### Resumen

La cátedra "Tecnología del Hormigón" tiene como propósitos la transmisión de conceptos, procedimientos y valores que colaboren en la formación del individuo en la temática y faciliten su interpretación, apropiación y transformación crítica. Se tratan temas relacionados con la calidad de materiales y procesos constructivos, tales como: los proyectos de mezclas, sus patologías, las acciones preventivas, la rehabilitación de estructuras y los nuevos materiales. Se propone una revisión de los contenidos puestos en práctica actualmente, su congruencia con el plan de estudios y el contexto institucional. La misma está destinada a ser utilizada en la asignatura como herramienta de análisis y reflexión para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje y como aporte para el Departamento de Ingeniería Civil.

**Palabras clave:** formación del ingeniero, enseñanza superior, tecnología del hormigón, formación por competencias.

### Abstract

The course Technology of Concrete aims the transmission of concepts, procedures and values that assist in the formation of the individual themes and facilitate their interpretation, appropriation and transformation criticism. It treats issues related to quality of materials and construction processes, such as projects mixtures, pathologies, preventive measures, rehabilitation of structures and new materials. A revision of the contents implemented at the present time, its consistency with the syllabus and the institutional context is proposed. It is intended to be used in the course as a tool for analysis and reflection, in order to improve the processes of teaching and learning, and also as a contribution to the Department of Civil Engineering.

**Key-words:** engineering education, higher education, concrete technology, competencies training.

---

<sup>1</sup> Artículo realizado sobre la base del trabajo final de integración presentado por la autora para optar al título de Especialista en Docencia Universitaria con Orientación en Educación Científica y Tecnológica. Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional.

## Introducción

La construcción ha desempeñado históricamente un papel definitorio en la evolución de las sociedades, no solo por la gran cantidad de personas que se requieren para concretar las actividades, sino también por el grado de especialización que deben poseer para ejecutarlas y aplicar los materiales adecuadamente en las obras.

En la actualidad, el hormigón es uno de los materiales compuestos más utilizado en las construcciones civiles. Se han generado en su entorno numerosas variantes y métodos especiales de colocación.

Los avances científicos y las innovaciones experimentadas en el campo específico de la tecnología del hormigón, a los que se agregan los requerimientos formulados por la sociedad, evidencian la necesidad de formar profesionales capaces de conferir nuevos valores a lo aprendido. De esta manera, se establecen relaciones significativas entre los conocimientos, las prácticas y su transferencia al mundo laboral.

Se trata no solo de integrar conceptos, sino de reflexionar sobre el proceso mismo del aprendizaje y, de esta manera, contribuir a la mejora de la calidad de las obras en el futuro. El estudiante, desde esta concepción, se instala como un actor generador de proyectos; en este caso particular, de obras civiles de hormigón.

El presente trabajo presenta un estudio sobre la asignatura “Tecnología del Hormigón”, que en la Facultad Regional Avellaneda (FRA), Universidad Tecnológica Nacional (UTN) los estudiantes cursan cuando están promediando la carrera de Ingeniería Civil. Los aspectos más relevantes son el análisis de sus contenidos y las prácticas actuales de enseñanza en la misma Facultad, así como sobre su inserción dentro el diseño curricular, su evolución histórica y su relación con el perfil del ingeniero civil que promueve la Universidad.

Se consideran para ello la estructura formal de la asignatura en el Plan de Estudio y la forma en que se transfieren actualmente los conocimientos a los estudiantes de Ingeniería Civil, señalando aquellos aspectos representativos que se han modificado en los últimos años. Asimismo, se incluyen consideraciones sobre el perfil del ingeniero tecnológico, las bases institucionales históricas y el encuadre de la asignatura en este contexto.

## Antecedentes históricos

En los párrafos que siguen se mencionarán algunos aspectos salientes de la historia de la Universidad Tecnológica Nacional, que pueden favorecer la comprensión de la idea del “perfil profesional del ingeniero” hacia donde se orienta la formación académica en la institución.

### La Universidad Obrera Nacional

El 26 de agosto de 1948 se promulgó la ley 13229 del Congreso de la Nación que creó la Universidad Obrera Nacional (UON) como una institución superior de enseñanza técnica (UTN, 2011a). La UON fue inaugurada el 17 de marzo de 1953, con la apertura de cinco Facultades Obreras Regionales; tres más fueron inauguradas al año siguiente (Dussel y Pineau, 1995).

En 1955 se fundó la sede Avellaneda, por Resolución 382/55 de la Comisión Nacional de Aprendizaje y Orientación Profesional.

La formación de ingenieros orientados a la construcción fue parte de la propuesta pedagógica de la Universidad desde sus inicios. Entre sus propósitos se enunciaba:

*“...la formación integral de profesionales de origen obrero destinados a satisfacer las necesidades de la industria nacional...”* (Dussel y Pineau, 1995).

El bosquejo de esta nueva propuesta de formación de ingenieros presentaba una postura diferenciada de la universidad tradicional: se buscaba generar “hombres que sepan hacer, no decir...”, tal como quedaba plasmado por aquella época en el discurso político de Juan D. Perón sobre el porqué de la universidad obrera (Dussel y Pineau, 1995).

La Universidad Obrera Nacional comenzó a funcionar dentro del régimen jurídico de autarquía con el nombre de Universidad Tecnológica Nacional (UTN, 2011b) a través de la Ley 14855, promulgada en 1959.

Los propósitos de la UTN, expresados en el artículo 2 de la mencionada ley, dan cuenta de una propuesta curricular que se fundamentaba en la formación tecnológica de profesionales para responder a necesidades de la industria, impulsando su mejora y desarrollo.

### **Evolución de la evaluación y acreditación en América Latina**

Hacia fines de la década de los 80, junto con otros cambios del contexto social y a partir de la diversificación de la enseñanza y el incremento de las demandas de formación, comienza un proceso de cambio en la educación superior en América Latina, que se orienta en torno a la calidad y su evaluación (Fernández Lamarra, 2003a).

En este sentido, Clark (1998) ha identificado en las organizaciones de educación superior dos formas de crecimiento: el “sustantivo”, función del conocimiento y forjado por la investigación, y el “reactivo”, función de la demanda de acceso y basado principalmente en la matriculación.

En la Tabla 1 se presenta una síntesis de los procesos de evaluación y acreditación en América Latina, que contiene los principales hitos de su evolución (Fernández Lamarra, 2003b).

Entre los efectos en la educación superior derivados de estos procesos, se pueden mencionar:

- Los cambios en la cultura de evaluación universitaria.
- La aplicación de técnicas de evaluación diagnóstica enfocadas en el mejoramiento de la calidad.
- Las prácticas que tienden a lograr la homogeneidad en los niveles de calidad.
- Los avances en materia de acreditación de carreras y títulos del MERCOSUR.

**Tabla 1. Procesos de evaluación y acreditación en América Latina, por año de creación y zona o país del organismo o sistema**

Año	Zona o país	Organismo o sistema
1989	México	CONAEVA, Comisión Nacional de Evaluación Educación Superior
1990	Chile	Consejo Superior de Educación
1992	Colombia	CNA, Consejo Nacional de Acreditación
1993	Brasil	PAIUB, Programa de Evaluación Institucional de las Universidades Brasileñas
1995-6	Argentina	CONEAU, Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria. Ley Nacional N° 24521 de Educación Superior
Fines de la década del 90	Uruguay, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Bolivia, Nicaragua.	Nuevos organismos y proyectos de evaluación y acreditación universitaria
1998	Centroamérica	SECEVAES, Sistema Centroamericano de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior
1998	MERCOSUR	Mecanismo Experimental de Acreditación de Carreras para el reconocimiento de Títulos de Grado Universitario
1999	Chile	CNAP, Comisión Nacional de Acreditación de Pregrado
2000	México	COPAES, Consejo para la Acreditación de la Educación Superior
2003	Paraguay	Agencia Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior

### **Situación en Argentina: Ley de Educación Superior y Creación de CONEAU**

En 1995 se sancionó, mediante Decreto 268/95, la Ley Nacional N° 24521 de Educación Superior, con el propósito de “proporcionar formación científica, profesional, humanística y técnica en el más alto nivel”. Los objetivos se detallan en el Artículo 4 de la mencionada ley. Se creó, a esos efectos, la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria – (CONEAU, 2011).

Las funciones de CONEAU le han dado un perfil diferenciado respecto de los organismos instalados en otros países, puesto que, en general, éstos se ocupan solo de algunas de las funciones que asume el organismo argentino. Entre otras actividades, CONEAU promueve la autoevaluación institucional y, posteriormente, realiza evaluaciones externas, las cuales se llevan a cabo a través de comisiones de pares integrados por especialistas y académicos.

Como resultado de las evaluaciones se emiten informes (Fernández Lamarra y Alonso Brá, 2004) que indican:

- El desempeño de la carrera en función de metas, objetivos, criterios y parámetros fijados.
- Los aspectos descriptivos y de análisis para cada carrera.
- El marco de referencia establecido (perfiles, recursos, proceso formativo).
- El grado de cumplimiento de parámetros establecidos.

Es de destacar que, en la elaboración de criterios e indicadores de acreditación de carrera (Fernández Lamarra, y Alonso Brá, 2004) se han considerado:

- El contexto institucional: características de la carrera, organización de gobierno, sistemas de evaluación de procesos y políticas de bienestar estudiantil.
- El proyecto académico:  
El plan de estudio, el proceso de enseñanza y aprendizaje, la investigación y desarrollo de tecnologías.
- La población: estudiantes, graduados, docentes y personal de apoyo.
- La infraestructura: recursos físicos y logísticos, biblioteca, instalaciones, accesos para población discapacitada.

### **Estatuto actual de la Universidad Tecnológica Nacional**

A partir de 2007, luego de la realización de la Asamblea Universitaria, se decidió la actualización del estatuto de UTN (UTN, 2007). Hasta entonces, estaba vigente el Estatuto Universitario aprobado en 1998 por Resolución de la Asamblea Universitaria N° 1/1998. (UTN, 2011c).

En el Artículo 2° del Título I. "Principios constitutivos y misión de la Universidad" se citan, como parte de los propósitos, la formación académica de profesionales capaces de generar, en el campo tecnológico, soluciones sustentables a problemáticas de la sociedad, promoviendo el desarrollo de investigaciones que aporten mejoras e innovaciones.

Vinculada con su misión, se estableció la Carrera Académica en el artículo 9 del Título II. "Enseñanza e Investigación", destinada a la "formación, desarrollo, perfeccionamiento y evaluación de los docentes", modificando lo que se indicaba la versión anterior como "formación y estímulo".

Otro aspecto para destacar es que se establece que los profesores y auxiliares docentes designados son los responsables de la conducción de los procesos de enseñanza.

Entre otras responsabilidades se indica más adelante, en el Capítulo I, Título III. "Personal Docente y de Investigación", que los profesores deben conservar una bibliografía actualizada, realizar investigaciones y asistir a reuniones científicas.

## **El perfil de ingeniero tecnológico y el diseño curricular de la carrera**

Los conocimientos y las aptitudes que acredita el título correspondiente a una determinada carrera universitaria identifican el perfil profesional del egresado. Complementan su significado los alcances e incumbencias, que abarcan aquellas actividades para las cuales ese profesional es competente y “cuyo ejercicio pudiera comprometer el interés público”.

Estas definiciones se consignan en el Decreto N° 256/94 del Poder Ejecutivo Nacional en relación con la validez legal de un título nacional. (CPIC, 2011).

El diseño curricular de la carrera de ingeniería civil fue establecido a través de la Ordenanza N° 769/94 del Consejo Superior Universitario de UTN, donde se señalan los conceptos expresados en el párrafo anterior.

El perfil del ingeniero tecnológico se define en dicho documento como el de un profesional que es “capaz de desarrollar sistemas de ingeniería, generar nuevas tecnologías y promover el cambio e innovación facilitando el crecimiento productivo y el desarrollo social” (UTN, 2011d).

En su fundamentación, la Ordenanza 769/94 plantea que el diseño curricular debe entenderse como un plan organizado para una carrera profesional en el que, luego de un estudio preliminar, se establecen los propósitos y los objetivos en concordancia con el perfil del egresado anhelado. Incluye, entre otros puntos, contenidos, procedimientos y recursos necesarios para el logro de esos fines.

El plan de estudio (1995) se funda en un diseño abierto y flexible, con una formación básica común y un tronco de materias integradoras. Se orienta hacia la resolución de problemas y la atención de los requisitos del entorno, procurando disminuir la brecha entre la formación del estudiante y el posterior ejercicio profesional.

## **Estado actual**

### **El diseño curricular actual de Ingeniería Civil.**

El diseño curricular actual de la carrera fue definido por la Ordenanza 1030/04 (UTN, 2004). Se instrumentó en 2005, siendo éste y el siguiente, años de transición para la adecuación de los estudiantes al nuevo diseño. Entre los antecedentes se mencionan las modificaciones de planes de carreras realizadas en los años 1985, 1988 y 1995.

Según enuncia dicho documento, esos cambios se corresponden con los estándares definidos para la acreditación de carreras universitarias establecidos por el Ministerio Educación, Ciencia y Tecnología.

Análogamente con lo señalado en el plan anterior, de 1995, se propone lograr un diseño curricular flexible y abierto que priorice las competencias laborales del profesional egresado en relación con las requeridas en el país. Extiende adicionalmente la presencia de la Universidad en la vida profesional a través de su formación continua.

Camillioni (2002) señala que la noción de “graduado” lleva implícita la idea de los conocimientos construidos en su conjunto y, complementariamente, aquello que no se sabe y se deberá aprender. El cambio de un diseño curricular, según la autora, se debe pensar “más allá de la competencia”, valorando la idea de una formación basada en la reflexión, la comunicación, el estudio de situaciones problemáticas desde diferentes enfoques, la transferencia y la flexibilidad para adaptarse a nuevas concepciones filosóficas, técnicas y sociales.

El plan de estudio actual subraya entre sus propósitos que el egresado obtenga *“...formación científico-técnica actualizada y adecuada a las necesidades de un medio que está en continua evolución y que se caracteriza por cambios rápidos”* (UTN, 2004).

Como se perfiló en el plan anterior, se pone énfasis en la resolución de problemas específicos de la profesión, complementándose la formación con conocimientos básicos comunes a todas las carreras de la ingeniería. De esta manera, se ha procurado establecer un plan de estudios que facilite el acercamiento entre las teorías y las experiencias acumuladas durante los estudios y el conocimiento práctico propio del ejercicio profesional. Allí se enfatiza sobre la importancia de la formación continua, posterior a la obtención del título, acompañando de esta manera desde la universidad el crecimiento profesional del egresado.

De acuerdo a lo que indica Menin (2002) puede considerarse que el diseño curricular actual responde a un modelo “semiestructurado”. No se trata de un diseño cerrado, sino uno más flexible que permite la adecuación de sus contenidos y posibilita su actualización.

### **La asignatura “Tecnología del Hormigón”.**

El resumen realizado del análisis de la asignatura incluye los siguientes aspectos:

- Programa actual.
- Fundamentación y sentido de la asignatura.
- Planteo de los objetivos y fundamentación del porqué de su elección.
- Selección de los contenidos y organización en unidades.
- Estrategias utilizadas históricamente.
- Selección y propuesta de nuevas estrategias, medios que utilizan y porqué de su elección.
- Selección de las formas de evaluación.
- Bibliografía y su actualización.

### **Fundamentación y sentido de la asignatura en el contexto del plan de estudios.**

Grundy (1991) defiende la idea de que el currículo es una construcción cultural en la que se ponen en juego las teorías, la técnica y la práctica. Existen allí intereses cognitivos básicos que son, según Habermas, los técnicos, los prácticos y los emancipadores (Grundy, 1991).

En esa construcción influyen las creencias y los valores de la institución, las personas que la componen y el medio en el que se inserta. Entre otras, la idea del perfil del egresado tecnológico, sus incumbencias y la situación actual del medio en el que se desarrollará se correlacionan con las expresiones de Grundy.

La asignatura se encuentra dentro de los lineamientos establecidos por la Universidad Tecnológica Nacional para la carrera de Ingeniería Civil, creada como una actividad que amplía y contribuye a la flexibilización en el campo laboral del egresado tecnológico, al mismo tiempo que se inscribe en el marco socio-económico de nuestro país.

De acuerdo con lo expresado en la planificación actual de la cátedra, se brinda a los estudiantes conocimientos y herramientas útiles para dar respuesta a las situaciones presentes en la trayectoria profesional. Entre otras, pueden citarse la introducción de innovaciones en el sistema productivo e investigaciones referidas a diferentes tipos de hormigones y a sus materiales componentes.

En este marco, la materia fortalece la formación del futuro ingeniero civil, en consonancia con el diseño curricular y el perfil del ingeniero tecnológico definido institucionalmente, puesto que, además de fomentar el desarrollo de sus conocimientos, se promueve el compromiso del egresado con el medio social y el crecimiento productivo.

Específicamente, el ingeniero civil, según se indica en el apartado 2.2. "Perfil del ingeniero civil de la UTN" del Diseño Curricular actual (UTN, 2004), está encargado de propuestas de infraestructuras destinadas a la producción de bienes y servicios, analizando los aspectos técnico-económicos de las problemáticas específicas que se presenten.

En ese sentido, la asignatura brinda un panorama amplio sobre las aplicaciones, los sistemas de control, la detección de patologías y el diseño de hormigones de características especiales.

En los últimos tres años se han incluido en los contenidos temas tales como, por ejemplo, el estudio de hormigones elaborados con materiales que pueden generar menor agresión hacia el medio ambiente, enfocados hacia la denominada "construcción sostenible".

En relación con las incumbencias del ingeniero civil aprobadas por la Resolución Ministerial N° 1232/01, la materia se enfoca específicamente en:

- El estudio, la factibilidad, el diseño, la inspección durante la construcción, el mantenimiento preventivo y posterior de obras de uso particular y público en las que se aplican morteros y hormigones.
- El estudio y el asesoramiento sobre tipos y calidades de hormigones utilizados a sistemas de transporte, obras viales e hidráulicas.
- Los arbitrajes y las pericias relacionados con los puntos mencionados anteriormente.

En cuanto a la estructura de la carrera de Ingeniería Civil, la misma cuenta con cinco niveles y un trabajo integrador final (un semestre).

El plan de estudio actual incluye, de acuerdo con las recomendaciones del CONFEDI<sup>1</sup> (2011) y otros organismos internacionales, cuatro grupos de asignaturas:

- Comunes básicas homogeneizadas.
- Comunes de la especialidad.
- Integradoras (troncales).
- Electivas.

De acuerdo al estudio realizado sobre la división del trabajo en las instituciones académicas por Clark (1991) la disciplina y el establecimiento tienen influencia sobre su organización y pueden diferenciarse jerarquías y sectores. Para este caso, la modalidad de organización establecida es una división por departamentos y, dentro de ellos, por áreas, lo que facilita la interrelación e integración de las disciplinas.

La materia está ubicada en el tercer año de la carrera. Su dictado se extiende a lo largo del año, con una carga horaria semanal de dos horas, las cuales equivalen a sesenta y cuatro horas anuales. Forma parte del grupo de "Asignaturas comunes de la especialidad", constituida por aquellas consideradas específicas e imprescindibles para la formación del futuro egresado.

---

<sup>1</sup> CONFEDI son las siglas que identifican el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina, organismo que nació en marzo de 1988.

La organización de la carrera se efectuó por áreas que involucran un mismo campo de conocimiento, favoreciendo así la relación interdisciplinar. En particular, "Tecnología del Hormigón" integra el Bloque de Tecnologías Básicas y el Área Conocimiento de los Materiales.

## La propuesta de formación

### Los objetivos.

La asignatura propone como objetivos, que el estudiante:

- Se interese por el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con el hormigón y sus materiales componentes.
- Adquiera los conocimientos necesarios para que pueda especificar, controlar la calidad e interpretar resultados de obras de hormigón.

Estos objetivos se han tomado como pautas válidas para el proceso de enseñanza y aprendizaje, debido a que están alineados con los objetivos generales de la carrera y el perfil del ingeniero tecnológico definido por UTN.

Algunas ideas que se han tenido en cuenta en relación con el perfil del ingeniero y los objetivos de la carrera han sido la formación de un ingeniero con capacidades para identificar, resolver problemas y generar innovaciones tecnológicas, respondiendo de manera responsable a los requisitos técnicos, económicos y sociales actuales.

La definición y la descripción de los objetivos es una expresión de los fines de la asignatura y evidencia la instrumentación de las prácticas fundadas en las teorías, en concordancia con las expresiones de Tyler (1973) sobre el análisis de la formación de los objetivos y su relación con las actividades prácticas que se realizan en el aula.

De la lectura de los objetivos puede desprenderse la secuencia de contenidos de la asignatura. A la vez, ésta se asocia a un proceso de aprendizaje y a un producto determinado.

La aplicación de las taxonomías<sup>1</sup> a los objetivos de enseñanza es un instrumento que posibilita una diferenciación entre aquellos de contenidos científicos y los psicológicos. La más conocida es la taxonomía de Bloom (Gimeno Sacristán, 1986); a partir de la misma se puede plantear un modelo tridimensional, que incluye:

1. Tipo de áreas científicas, por ejemplo: ciencias, lenguaje.
2. Tipo de conocimiento, por ejemplo: teorías, prácticas de trabajo, básico o específico.
3. Dimensión psicológica, por ejemplo: comprensión, aplicación, análisis o evaluación.

Estos conceptos, que detalla Gimeno Sacristán, se manifiestan en los objetivos de la asignatura. Entre los cambios implementados en su programación, se han incorporado los propósitos, además de los objetivos.

Algunos autores entienden que los propósitos revelan deseos o intenciones del docente y también pueden interpretarse como una responsabilidad o compromiso adoptada por la institución ante a la formación de los estudiantes (Feldman y Palamidessi, 2001).

---

<sup>1</sup> Taxonomía, según la Real Academia Española es la ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación.

La necesidad de acercar al estudiante la noción de prevención asociada a la calidad ha sido uno de los propósitos enunciados otorgando relevancia a la responsabilidad social del profesional.

Del mismo modo, se ha incorporado el interés por la investigación vista como una contribución al desarrollo de la sociedad, siguiendo los lineamientos del diseño curricular y las tendencias actuales en torno a los requisitos a cumplir para la acreditación de carreras universitarias (CONEAU).

### **Los contenidos: el programa actual de la asignatura**

La adopción de una estructura curricular lleva implícitas decisiones institucionales, relacionadas con su historia y con el perfil deseado del egresado. En este sentido, la definición del perfil de egresado tecnológico en cuanto a conocimientos, competencias y responsabilidad social, guarda relación con los objetivos del plan de carrera y con los planteados en la asignatura.

Los contenidos definidos en un programa de enseñanza expresan que “se debe enseñar” de acuerdo con el currículo establecido pero, también, introducen otras enseñanzas que forman parte del llamado currículo oculto (Apple, 1986). El currículo oculto surge como un complemento de las normas básicas; está vinculado con las suposiciones tácitas que se presentan en las actividades de enseñanza y aprendizaje, tanto como en los materiales curriculares. El profesor, en este sentido, aporta su propia interpretación de los contenidos a enseñar y su secuenciación en el aula.

Feldman y Palamidessi (2001) señalan que la estructura de los contenidos puede basarse en cinco dimensiones:

1. Conceptos o principios (“saber que”).
2. Metodologías o técnicas (“saber como”).
3. Competencias, relación con las capacidades cognitivas: analizar, jerarquizar, describir por ejemplo (“pensar sobre el pensamiento”).
4. Prácticas o experiencias (acciones).
5. Actitudes o comportamientos (más allá del conocimiento).

Desde el punto de vista de la práctica, los mencionados autores individualizan al conocimiento como: biblioteca, herramienta y práctica. En particular, los puntos 3, 4 y 5 se acentúan en la actividad en el aula (en las prácticas de la enseñanza), por ejemplo, a través del estudio de casos donde los estudiantes deben analizar situaciones reales o de la práctica profesional.

Desde otra perspectiva, Schön (1992) se enfoca en la práctica (“practicum”) e indica que en un ambiente preparado para el desarrollo de las prácticas se pueden diferenciar tres tipos: técnico, casuístico y reflexivo. El primero de ellos está asociado a la práctica profesional, en cuanto a sus reglas y procedimientos. En cuanto al segundo, está relacionado con el conocimiento específico de determinada profesión. El tercero pone énfasis en la búsqueda de respuestas a través de la reflexión.

## **Selección de los contenidos y organización en unidades.**

El programa sintético incluye los temas:

- Componentes del hormigón: agua, aglomerantes, agregados, aditivos.
- Dosificación de hormigones.
- Manejo del hormigón: preparación, transporte, colocación, curado.
- Comportamiento del hormigón: resistencia, elasticidad, fluencia, reología<sup>1</sup> y durabilidad.
- Control de calidad. Ensayos destructivos y no destructivos.
- Hormigones de alta performance.
- Hormigones especiales.

Los temas seleccionados se consideran de vital manejo para el ingeniero civil, puesto que se aplican en el diseño, la construcción y posterior mantenimiento o revisión de estructuras de hormigón.

Se ha modificado parte de los contenidos de las unidades, con el fin de actualizarlos:

- Unidad 1, "Introducción", en la que se explican conceptos básicos y reglamentaciones.
- Unidad 2, "Cemento Pórtland", en la cual se describen las características del material y los ensayos de control, además de presentar la normativa actualizada; se han incorporado los tipos de cementos con las adiciones que circulan en el mercado.
- Unidad 3, "Agregados", en la que, además de presentar la normativa actualizada, se plantea la reutilización de materiales como agregados en hormigones (por ejemplo, reciclado de hormigones demolidos) y el aprovechamiento de recursos naturales.
- Unidad 4, "Aditivos", donde se presentan las nuevas generaciones de productos destinados a la elaboración de hormigones de características especiales.
- Unidad 5, "Mezcla Fresca"; aquí se han incorporado nuevas metodologías de control para hormigones especiales.
- Unidades 6, "Hormigón Endurecido" y 9, "Elasticidad y Fluencia". En ellas se han incluido metodologías de ensayos actuales y tratamientos especiales con cuidado de la salud y el medio ambiente.
- Unidad 10, "Colocación del Hormigón en Obra"; esta Unidad se ha actualizado en función de los equipamientos y los tipos de hormigones que se utilizan actualmente.
- Unidad 11, "Control de Calidad", donde se presentan las actualizaciones reglamentarias en el tema y se incorpora la gestión de la calidad en la construcción.
- Unidades 13 y 14, "Hormigones de alta performance" y "Hormigones Especiales" respectivamente, se presentan los desarrollados en laboratorios de investigación en el mundo y aquellos que han llegado a la industria nacional.
- Unidades 7, "Dosificación de Hormigones", 8, "Durabilidad del Hormigón" y 12; "Ensayos Destructivos y No Destructivos"; ellas también presentan las actualizaciones correspondientes.

---

<sup>1</sup> Estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos. Diccionario de Real Academia Española.

Asimismo, se ha incorporado mayor cantidad de ejercicios, situaciones problemáticas y planteo de casos, destinados a preparar al futuro ingeniero para afrontar su resolución en la práctica profesional. Los cambios, como estrategias de enseñanza, se enfocan en lograr que el estudiante comprenda, reflexione y pruebe sus propias teorías.

### **Las prácticas de la enseñanza**

En reemplazo de las prácticas de la enseñanza que se utilizaban históricamente, se han seleccionado e introducido nuevas estrategias, cuyos medios y motivos se explican más adelante.

La cátedra entrega a los estudiantes apuntes diseñados por los docentes, en los que se desarrollan las catorce unidades didácticas y las guías de trabajos prácticos propuestas por la materia con ejercicios, situaciones problemáticas y guía de experiencias a realizar en laboratorio, que se resuelven mediante la aplicación de dinámica grupal. Algunas prácticas se realizan en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras (LEME), y otras, a través de ejercicios de aplicación resueltos en gabinete.

En los últimos años se han incluido además actividades en el aula, orientadas a generar en los estudiantes el interés por encontrar respuestas técnicas ante determinadas situaciones que se presentan en la práctica profesional. Para ello, se aplica el aprendizaje basado en problemas, como concepción de estrategia de la enseñanza (Torp y Sage, 1998).

Este tipo de trabajo facilita en algunas de las unidades la comprensión de tecnologías y procesos y la importancia de su aplicación, yendo desde el campo de la práctica al de la teoría. Antiguamente se aplicaba únicamente la metodología expositiva y se observaban dificultades a la hora de aplicar los conceptos en experiencias o prácticas.

También se utiliza como estrategia la clase dialogada donde se produce un intercambio docente-estudiante que contribuye a la comprensión de concepciones complejas.

Las actividades que se desarrollan y los problemas propuestos implican la necesidad de que el alumno instrumente la búsqueda de información en la bibliografía específica sobre la especialidad, que la cátedra pone a su disposición. Además pueden consultarse temas en documentos y libros en el Departamento de Ingeniería Civil y normativas disponibles en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras y en el área de Biblioteca de la Regional.

Adicionalmente, se instala en el aula un ámbito de discusión que induce a la formulación de soluciones que impliquen la aplicación de tecnologías de última generación, así como la incorporación de experiencias valiosas para la práctica profesional posterior.

El marco en el que se aplican estas metodologías se denomina "estudio de casos" (Wassermann, 1994) y requiere un cuidadoso trabajo de los docentes en el armado del argumento y un seguimiento personal posterior, tendiente a lograr que el trabajo en pequeños grupos sea exitoso.

La incorporación de herramientas informáticas, la proyección de material didáctico en el aula y las presentaciones digitales, así como imágenes con ejemplos de obras y videos sobre nuevos materiales y tecnologías, son algunos de los caminos transitados en la asignatura para lograr los objetivos.

Paralelamente, se consideran de fundamental importancia el contacto directo con los equipos e instrumentos utilizados para los ensayos y la observación del comportamiento del material durante las experiencias en el laboratorio, ya que de este modo se logra la integración teórico-práctica de los conocimientos.

En particular, en aquellas prácticas de control de calidad de materiales en pequeños grupos, los estudiantes desarrollan las mezclas y realizan los controles vinculando sus resultados con un caso de estudio a través del cual se desarrolla el trabajo integrador anual.

### **Estructura del trabajo integrador**

El trabajo integrador está dividido en cuatro bloques temáticos alrededor de actividades secuenciadas para la construcción de una especificación que contemple la calidad como eje.

Cada grupo de estudiantes tiene asignada una zona del país donde se indica emplazamiento y tipo de obra que se requiere. Los estudiantes analizan el caso en grupo, toman decisiones acerca del diseño del proyecto que les corresponde y fundamentan su elección.

### **La evaluación**

Con respecto a la evaluación, se aplican las pautas metodológicas indicadas en el diseño curricular. Los estudiantes que han cumplido con estos requisitos estarán en condiciones de rendir el examen final de la materia. La instancia de evaluación es una oportunidad de revisión de nociones y habilidades adquiridas, puesto que el estudiante debe reflexionar y aplicar los conocimientos incorporados en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Gimeno Sacristán, 1986).

Además del seguimiento durante el desarrollo de los trabajos prácticos, en el que se debaten los avances propuesto por cada equipo, se realiza un coloquio a modo de integración de los mismos.

Las comprobaciones de adquisición de conocimiento requieren de un compromiso del estudiante y el profesor con un profundo conocimiento de los contenidos y los objetivos previstos (Cabrera y La Nasa, 2002).

### **Selección de bibliografía y su actualización**

En la nómina de la bibliografía se puede apreciar la referencia a normas, reglamentos, códigos y especificaciones de origen nacional y a aquellas internacionales que son de uso habitual en la profesión, incorporando las actualizaciones anualmente. Se incluye bibliografía que trata diferentes temas de estudio.

Como ha sido mencionado, la asignatura cuenta además con catorce apuntes que abarcan las unidades mencionadas en el programa y guías de trabajos prácticos en las cuales se desarrollan conceptos que hacen a la ejecución de procesos de control y ensayos en obras.

Adicionalmente, en los últimos años se entrega a los estudiantes artículos sobre investigaciones e innovaciones desarrolladas en el mundo relacionadas con los diferentes temas tratados durante el período lectivo. También se coordina con la dirección del Departamento de Ingeniería Civil el dictado de charlas y conferencias de especialistas en temas relacionados.

### **Conclusiones**

Las estrategias aplicadas actualmente son comparables con el modelo constructivista, centrado en las personas, en sus experiencias previas, a partir de las que realizan nuevas construcciones mentales. La construcción (Baquero, 2001) se produce cuando:

- El sujeto interactúa con el objeto del conocimiento, según Piaget.

- Se produce la interacción con otros individuos, de acuerdo a la visión de Vigotsky.
- Es significativo para el sujeto, de acuerdo al análisis que realiza sobre el tema Ausubel.

La verdadera asimilación de conceptos, según Ausubel, exige un proceso de relación, diferenciación y reconciliación integradora con los conceptos que ya existan, es decir, critica el método por descubrimiento autónomo.

La organización de la asignatura es a través de unidades temáticas, con una secuenciación lógica que se evidencia especialmente en la presentación de contenidos sintéticos que, tanto desde el punto de vista epistemológico como psicológico, resulta coherente con su planificación.

La inclusión de la calidad asociada al bienestar de las personas se encuentra insertada como parte de los contenidos.

El aprovechamiento de recursos y la generación de nuevos materiales reutilizando otros se inserta en la materia sobre la base del aporte tecnológico que significa para la producción, considerando también la responsabilidad social del ingeniero.

La posibilidad de generar un proyecto, y que desde sus pautas iniciales el futuro ingeniero se plantee el problema de su calidad, es un aporte base para su formación, puesto que influirá en su accionar profesional.

En las actividades planteadas se considera el problema de la “práctica” como “contenido”, por una parte, de manera tal de transmitir conceptos que los estudiantes puedan incorporar al ejercicio profesional diario y, por otra, la problemática de “aprender a pensar” para lo cual se recurre a problemas concretos de la actividad específica de ingeniería civil.

Las acciones planteadas generan diferentes procesos cognitivos:

- Búsqueda de información: selección y evaluación.
- Debate y conclusiones en el grupo.
- Reflexión y análisis crítico del problema. (ético-técnico-económico).
- Toma de decisiones. Destreza en la construcción de documentos.

Desde la perspectiva de la formación basada en competencias, se procura que los estudiantes logren enfrentar situaciones con sus propias ideas, y reflexionen sobre ellas.

La reflexión crítica es una herramienta formativa profesional, mediante la cual se adoptan decisiones con creatividad e innovación, se exploran nuevas hipótesis, teorías o alternativas.

El aprendizaje es visto como un proceso gradual de cambio en el cual se adoptan nuevas estructuras conceptuales más avanzadas, en reemplazo de otras, logrando una mayor apertura del posible campo laboral.

Desde la perspectiva de Cabrera y La Nasa (2002) los estudiantes universitarios poseen diferentes maneras de adquirir los conocimientos (prácticos y teóricos), siendo el aprendizaje un fenómeno social y convirtiéndose la enseñanza en un impulsor del desarrollo del estudiante. Se considera que ha sido fundamental, como lo indican esos autores, el clima de acercamiento que se genera en el aula a través de debates sobre casos concretos.

Según lo estudiado, el proceso de “aprender-enseñar” (Menin, 2002) en general, ha evolucionado con la incorporación de actividades que estimulan el pensamiento elaborador y la reflexión crítica, interpretándose esto como un pequeño aporte a la mejora de la enseñanza.

Por último, las modificaciones introducidas que han sido expuestas han resultado positivas en la práctica de la enseñanza, se ha incrementado el interés de los alumnos por las temáticas

abordadas, han generado mayor interés en participar en proyectos de investigación y desarrollo, y han mejorado el desempeño en el aula, evidenciándose en los resultados de evaluaciones y de los trabajos presentados.

## Referencias

APPLE, M. (1986). *Ideología y Currículo*. Akal Universitaria, España.

BAQUERO, R (2001). Unidad I. Perspectivas teóricas sobre el aprendizaje escolar y Unidad II. Las controvertidas relaciones entre aprendizaje y desarrollo en *Introducción a la psicología del aprendizaje escolar (11-70)*. Cuadernos Universitarios N° 4. Universidad Nacional de Quilmes., Argentina.

CABRERA, A; LA NASA, S. (2002). Sobre métodos de enseñanza en la Universidad y sus efectos. Diez lecciones aprendidas. En *Nuevas miradas sobre la universidad* (63-88). Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina.

CAMILLONI, A. (2002). Volumen 2. *Sobre la Formación de los Profesionales en Estudios para la Reforma Curricular en la Universidad de Buenos Aires*, (7-12). Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina.

CLARK, B. R. (1991). *El sistema de educación superior. Una visión comparativa de la organización académica*. Editorial Nueva Imagen, México.

CLARK, B. R. (1998). Crecimiento Sustantivo y Organización Innovadora: Nuevas Categorías para la Investigación en Educación Superior en *Revista Perfiles educativos N° 81*, 30-34.

CPIC (2011). - *Educación, Títulos de Nivel Universitario Validez Nacional, Decreto 256/94. Versión CPIC 2003*. Disponible en [http://www.cpic.org.ar/pdf/5\\_EJ\\_PROF\\_25694.pdf](http://www.cpic.org.ar/pdf/5_EJ_PROF_25694.pdf) [Última fecha de acceso: 27 de junio de 2011].

CONEAU (2011). *Ley Nacional de Educación Superior N° 24521*, 1995. Disponible en: <http://www.coneau.edu.ar/archivos/447.pdf> [Última fecha de acceso: 27 de junio de 2011].

CONFEDI (2011). Disponible en: <http://www.confedi.org.ar>. [Última fecha de acceso: 27 de junio de 2011].

DUSSEL, I. Y PINEAU, P. (1995). De cuando la clase obrera entró al Paraíso: la educación técnica estatal en el primer peronismo. En *Discursos pedagógicos e imaginario social en el peronismo (1945-1955)*, (107-176). Ediciones Galerna, Argentina.

FELDMAN, D. Y PALAMIDESSI, M. (2001). *Programación de la enseñanza en la universidad. Problemas y enfoques*. Colección Universidad y Educación. Serie Formación Docente N°1. Universidad Nacional de General Sarmiento, Argentina.

FERNÁNDEZ LAMARRA, N. (2003a). *La Educación Superior Argentina en Debate. Situación, problemas y perspectivas*. Eudeba, Argentina.

FERNÁNDEZ LAMARRA, N. (2003b). *La evaluación de la calidad y su acreditación en la educación superior en América Latina y el MERCOSUR*. European Journal of Education 38, N° 3, 253-269.

FERNÁNDEZ LAMARRA, N. Y ALONSO BRÁ, M. (2004). *La gestión universitaria en la Argentina: Una aproximación a partir de la evaluación institucional externa*. Nova Editora, UFSC. Brasil.

GIMENO SACRISTÁN, J. (1986). Capítulo 4. Los componentes de la teoría del currículo. Análisis del modelo didáctico; en *Teoría de la Enseñanza y Desarrollo del Currículo*, (153-230). Ediciones Anaya, España.

GRUNDY, S. (1991). *Producto o praxis del curriculum*. Ed. Morata, España.

MENIN, O (2002). *Curriculum, didáctica y evaluación*, (127-164). Homo Sapiens Ediciones. Buenos Aires, Argentina.

SCHÖN, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos*. Ediciones Paidós, España..

TORP, L. Y SAGE S. (1998). *El aprendizaje basado en problemas*. Amorrortu Editores, Argentina.

TYLER, R. (1973). Principios básicos del currículo. Ediciones Troquel, Argentina.

UTN (2004). *Adecuación del diseño curricular de la carrera de ingeniería civil*. Ordenanza N° 1030/2004, Consejo Superior. Disponible en: <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=1030&anio=0&facultad=CSU>. [Última fecha de acceso: 27 de junio de 2011].

UTN (2007). *Estatuto de la UTN, Resolución Asamblea Universitaria N° 1/2007*. Editorial UTN. Disponible en: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/utn\\_documentos/utn\\_historia.html](http://www.edutecne.utn.edu.ar/utn_documentos/utn_historia.html). [Última fecha de acceso: 27 de junio de 2011].

UTN (2011a). *Creación de la Universidad Obrera Nacional, Ley 13229, 1948*. Editorial UTN. Disponible en: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/utn\\_documentos/utn\\_documentos.html](http://www.edutecne.utn.edu.ar/utn_documentos/utn_documentos.html) [Última fecha de acceso: 27 de junio de 2011].

UTN (2011b). *Ingreso de la UTN al Régimen de Autarquía Ley 14855, 1959*. Editorial UTN. Disponible en: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/utn\\_documentos/utn\\_documentos.html](http://www.edutecne.utn.edu.ar/utn_documentos/utn_documentos.html) [Última fecha de acceso: 27 de junio de 2011].

UTN (2011c). *Estatuto Universitario Boletín Oficial, 1998*. Editorial UTN. Disponible en: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/utn\\_documentos/utn\\_historia.html](http://www.edutecne.utn.edu.ar/utn_documentos/utn_historia.html) [Última fecha de acceso: 27 de junio de 2011].

UTN (2011d). *Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Civil, Ordenanza N° 769/94, 1994*. Consejo Superior Universitario. Disponible en: <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=769&anio=0&facultad=CSU> [Última fecha de acceso: 27 de junio de 2011].

WASSERMANN, S. (1994). *El estudio de casos como método de enseñanza*. Amorrortu Editores, Argentina.



## Instrucciones para la Presentación de Artículos

Rumbos Tecnológicos es una publicación periódica de la Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional, de carácter científico-tecnológico y destinada a un público con formación particular en diferentes campos del conocimiento.

Su propósito es la difusión de trabajos de investigación científica y tecnológica de la ingeniería, sus campos de aplicación, la enseñanza de la disciplina y otras ciencias relacionadas con su práctica. Asimismo son de interés artículos de reflexión o estudios de casos particulares producto de experiencias de los autores en la práctica de la investigación.

### Presentación de los trabajos

Los trabajos deberán ser dirigidos al Comité Editorial y enviados por correo electrónico a la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado:

cienciaytecnologia@fra.utn.edu.ar

El servidor se encuentra en condiciones de recibir archivos de hasta 6 MB. Si la extensión del trabajo fuera mayor, es aconsejable remitir separadamente el texto y las ilustraciones.

### Categoría de artículos

1. Las contribuciones previstas podrán ser:

- a) Artículos de Investigación Científica y Tecnológica: documentos que presentan, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación.
- b) Reportes de Caso: documentos que presentan los resultados de estudios sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluyen revisión sistemática y comentada de la literatura sobre casos análogos.
- c) Notas Técnicas: trabajos de naturaleza técnico-tecnológica destinados a la descripción de procesos, dispositivos o equipos desarrollados por los autores.
- d) Cartas al Editor: documentos breves que presentan resultados originales, preliminares o parciales, de investigaciones científicas o tecnológicas, que por lo general requieren de una pronta difusión.
- e) Artículos de revisión: documentos de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracterizan por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica.

2. Artículos de difusión: trabajos destinados a ilustrar acerca de las características de un tema particular y sus aplicaciones.

Todas las categorías serán sometidas a arbitraje excepto los artículos de difusión, que serán seleccionados por el comité editor de acuerdo a la temática propuesta.

### Estructura de los contenidos y edición

Se deberán contemplar las siguientes pautas:

La extensión del trabajo no podrá ser mayor que 20 páginas.

La presentación debe realizarse en formato de hoja 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, 1,5 cm.

La fuente a utilizar en los trabajos es Arial Narrow.

La presentación deberá seguir los siguientes lineamientos:

- a) Nombre del trabajo: tamaño 14, negrita, en mayúscula y centrado.
- b) Autores: a continuación, sobre margen izquierdo, dejando interlineado doble, tamaño 12, en negrita, nombre y apellido del (de los) autor(es). En tamaño 12, el nombre y la dirección postal de la(s) institución(es) a la(s) que pertenece(n). Se deberá indicar, usando asterisco luego del apellido, al autor a quien la correspondencia deba ser dirigida y, en cursiva, su dirección de correo electrónico.

## EJEMPLO DE FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DEL TÍTULO

**Nombre Completo Primer Autor<sup>1,2</sup>, Nombre Completo Segundo Autor<sup>2</sup>, Nombre Completo Tercer Autor<sup>\*3,4</sup>**

<sup>1</sup> Institución 1, Dependencia 1, Dirección (Código Postal) Localidad, Provincia, País.

<sup>2</sup> Institución 2, Dependencia 2, Dirección (Código Postal) Localidad, Provincia, País.

<sup>3</sup> Institución 3, Dependencia 3, Dirección (Código Postal) Localidad, Provincia, País.

<sup>4</sup> Institución 4, Dependencia 4, Dirección (Código Postal) Localidad, Provincia, País

*\* Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*

*Correo electrónico: tercerautor@servidor.ar*

El texto del trabajo contemplará las instrucciones que siguen:

- a) Títulos: margen izquierdo, tamaño 14 y en negrita.
- b) Subtítulos: margen izquierdo, tamaño 12 y en negrita.
- c) Formato de textos: justificado, tamaño 12, en espacio simple.
- d) Sangría: 1 cm, en primera línea, salvo Resumen y Abstract.
- e) Títulos de tablas y figuras: en negrita, alineación centrada y tamaño 11.

En cuanto a los contenidos se sugiere:

El *Resumen* debe ser lo más informativo posible, para orientar al lector en la identificación del contenido básico del artículo en forma rápida y exacta. Debe expresar clara y brevemente los objetivos y el alcance del estudio, los procedimientos básicos, los métodos analíticos, los principales hallazgos y las conclusiones y presentar resultados numéricos precisos. Debe emplearse tercera persona y tiempo pasado, excepto en la frase concluyente;

excluir abreviaturas y referencias bibliográficas. Su redacción será en castellano y en inglés (en este caso bajo el título *Abstract*) con una extensión máxima de 200 palabras, dejando interlineado doble luego del bloque "Autores".

Luego del resumen, deberán consignarse palabras clave (en el *Abstract*, key-words) 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.

Para el resto del texto, se aconseja ordenar el cuerpo de trabajo en distintas secciones:

- *Introducción:* se expone en forma concisa el problema, el propósito del trabajo y se resume el fundamento del estudio. Se mencionan sólo las referencias estrictamente pertinentes, sin incluir datos ni conclusiones.
- *Desarrollo (Materiales y Métodos o Parte Experimental):* aquí se describe el diseño de la investigación o el trabajo y se explica cómo se llevó a la práctica, las especificaciones técnicas de los materiales, la cantidad y los métodos de preparación. Etc.
- *Resultados:* esta sección presenta la información pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos, en una secuencia lógica, es decir, presentando didácticamente el conocimiento que se trata de comunicar y no la estructura histórico secuencial de cómo fueron descubiertos o enunciados esos conocimientos.
- *Discusión:* es el lugar donde se examinan e interpretan los resultados y se sacan las conclusiones derivadas de esos resultados.
- *Conclusiones:* expresan en forma resumida, sin los argumentos que la sustentan, las consecuencias extraídas en la Discusión de los Resultados.
- *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:* agregar al final del texto, en una lista, las referencias bibliográficas y documentales con los autores y las obras citadas, ordenada alfabéticamente. La lista bibliográfica guarda una relación exacta con las citas que aparecen en el texto: solamente incluye aquellos recursos que se utilizaron para llevar a cabo la investigación y la preparación del trabajo.

Conjuntamente con el artículo completo, deben enviarse en archivos separados e identificados claramente, imágenes y gráficos con el formato final indicado.

## Elementos generales de citación y elaboración de las referencias

### Citación

1. Ejemplos para citar en el texto una obra por un autor(a):

- a. Rivera (1994) comparó los tiempos de reacción...
- b. En un estudio reciente sobre tiempos de reacción (Rivera, 1994)...
- c. En 1994, Rivera comparó los tiempos de reacción...

2. Obras con múltiples autores(as):

- a. Cuando un trabajo tiene dos autores(as), se deben citar ambos cada vez que la referencia ocurre en el texto.
- b. Cuando un trabajo tiene tres o más autores, se cita el apellido del(a) primer(a) autor(a) seguido de la frase et al. y el año de publicación.

Ejemplo: Ramírez et al. (1985) concluyeron que...

3. En el caso de que se citen dos o más obras por diferentes autores(as) en una misma referencia, se escriben los apellidos y respectivos años de publicación separados por un punto y coma dentro de un mismo paréntesis. Ejemplo:

En varias investigaciones (Ayala et al., 1984; Conde, 1986; López y Muñoz, 1994) concluyeron que...

### Referencias

No deberán incluirse en Referencias citas bibliográficas no mencionadas específicamente en el texto del trabajo. La elaboración de la lista debe cumplir la siguiente norma:

Elementos de referencia de un libro completo

Autor (año de publicación). *Título del libro*. Editor, lugar de publicación. Ejemplo:

LUENBERGER, D. (1989). *Programación lineal y no lineal*. Addison-Wesley, México.

Para un artículo o capítulo dentro de un libro editado

Autor (año de publicación). Título del artículo o capítulo. En *Título de la obra*. Editor, lugar de publicación. Ejemplo:

HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, P. (1998). Recolección de los datos. En *Metodología de la investigación* (233-339). McGraw-Hill, México.

Artículo de revista científica

Autor (año de publicación) Título del artículo. Título de la revista y volumen (número de la edición), números de páginas. Ejemplos:

1. Artículo de revista, un autor

BEKERIAN, D. A. (1992) *Un estudio sobre movimiento ondulatorio*. Revista Americana de Física 48, 574-576.

2. Artículo de revista, tres o más autores

BORMAN, W. C.; HANSON, M. A.; OPPLER, S. H.; PULAKOS, E. D.; WHITE, L. A. (1993). *Role of early supervisory experience in supervisor performance*. Journal of Applied Administration 78, 443-449.

#### Ejemplos de referencias a documentos electrónicos

##### Documento en línea

HERNÁNDEZ, M. E. (2008) *Energía eólica y sustentabilidad* [en línea]. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <http://cenamb.rect.uba.ar/siamaz/dicciona/nahuelhuapi/huapi.htm> [Última fecha de acceso: 3 de junio de 2008].

##### Documento en línea, con responsable

ORGANISMO AUTÓNOMO DE MUSEOS Y CENTROS (2002). *Museo de la Ciencia y el Cosmos*, Tenerife [en línea]. Trujillo, W. M. Disponible en: <http://www.mcc.rcanaria.es> [Última fecha de acceso: 22 de diciembre de 2007].

##### Documento en línea, sin autor

AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION (1999) *Electronic reference formats recommended by the American Psychological Association*. Washington, DC [en línea]. Disponible en: <http://www.apa.org/journals/webref.html> [Última fecha de acceso: 2 de febrero de 2009].

##### Artículo de diario en línea

DE BENITO, E. (2000, 5 de junio). *Bariloche es la primera región de Sudamérica que planifica un desarrollo ecológico y sostenible*. Pagina 12 [en línea], N° 494. Disponible en: <http://www.pagina12.ar/p/d/20000605/sociedad/bariloche.htm> [Última fecha de acceso, 5 de junio de 2003].

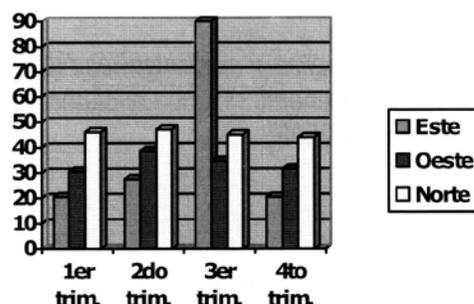
## Tablas y figuras

Toda tabla, cuadro o figura debe estar referida y explicada en el texto (Por ejemplo: "Ver Figura 1") aunque sus leyendas tienen que ser lo suficientemente explícitas como para permitir su comprensión independiente. Toda vez que sea posible, se recomienda usar gráficos cuando haya más de 10 datos, para dar un panorama general, presentar patrones visuales, permitir que los datos guíen la presentación y evitar la saturación.

Tablas y Figuras (o gráficos): se incluirán en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos consecutivos y acompañadas con un título auto-explicativo siguiendo los próximos ejemplos según corresponda.

**Tabla 1. Ejemplo de formato para tabla y título (nótese que la fuente del título es 11)**

	1er trim.	2do trim.	3er trim.	4to trim.
Este	20,4	27,4	90	20,4
Oeste	30,6	38,6	34,6	31,6
Norte	45,9	46,9	45	43,9



**Figura 1. Ejemplo de ubicación de la figura y su leyenda explicativa (nótese que la fuente de la leyenda es 11)**

Imágenes, gráficos o dibujos deben ser clasificados como Figuras. Las imágenes fotográficas deberán estar al tamaño 1.1 a 300 ppi, en formato jpg. 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.

### **Fórmulas matemáticas**

Las fórmulas deberán conservar la fuente del texto (Arial narrow, normal) y presentarse en negrita.

### *Recomendaciones generales*

Se recomienda a los autores:

- Preservar la pureza y la claridad idiomática de sus textos, evitando el uso de vocablos de uso corriente en disciplinas particulares, pero no conocidos o con distinto significado en otros ámbitos.
- No emplear palabras derivadas de traducciones incorrectas o pertenecientes a otros idiomas, excepto cuando no existan equivalencias válidas en castellano, o se refieran a prácticas, metodologías o procesos conocidos por su denominación en la lengua original.
- Evitar el uso excesivo 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.

## **Mecanismos de aceptación**

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, los trabajos serán enviados a los autores. Cuando se trate de cumplir con modificaciones sugeridas por los árbitros, los trabajos serán sometidos a una nueva evaluación.

El envío de una contribución 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, la correspondiente fuente debe ser mencionada.

FE DE ERRATAS. RUMBOS TECNOLÓGICOS. VOLUMEN 3.

ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO A PARTIR DE MARLO

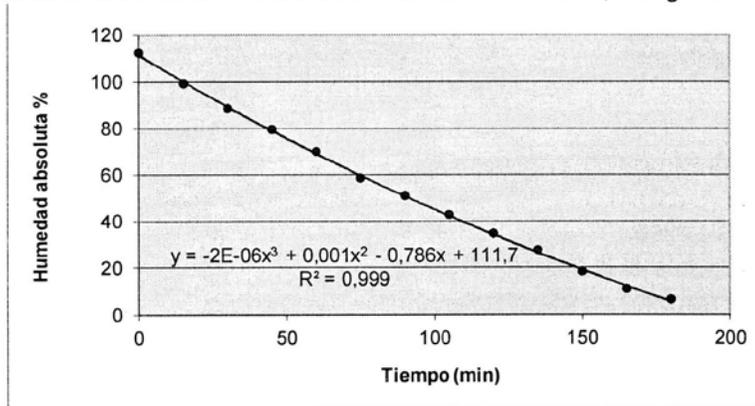
Pag. 36: Donde figura el modelo cinético para la hidrólisis del marlo, debe leerse:

$$-r_{(cel)} = 0,1429 \times (C_{(cel)}^{0,99} + C_{(ag)}^{1,4} - 0,4)$$

El cálculo del volumen de reacción debe ser:

$$V = \frac{382,23 \text{kg}_{(dext)}/\text{h} \times (0,125 + 1,67)\text{h}}{0,08725 \text{kg}_{(cel)}/\text{l}_{(sc)} \times 0,89 \text{kg}_{(dext)}/\text{kg}_{(cel)}} = 8.835,6\text{l}$$

Pag. 39: Figura 8. En ordenadas se debe leer: Humedad absoluta %, -ver gráfico-.



Pag. 45: Las fórmulas debajo de donde dice aplicando Kirchoff, debe leerse:

$$Q_{(sc)} = \int_{130^{\circ}\text{C}}^{80^{\circ}\text{C}} C_P dt$$

$$Q_{(sc)} = \int_{130^{\circ}\text{C}}^{80^{\circ}\text{C}} 0,0014t + 0,9114 dt$$

$$Q_{(sc)} = \left[ \frac{0,0014t^2}{2} + 0,9114t \right]_{130^{\circ}\text{C}}^{80^{\circ}\text{C}}$$

$$Q_{(sc)} = (68,43 - 106,65) \text{kcal/kg} = -38,22 \text{kcal/kg}$$

## IMPORTANCIA DE LA TRAZABILIDAD DE DATOS NUCLEARES: APLICACIÓN A LA RENORMALIZACIÓN DE REACCIONES UMBRAL SOBRE ISÓTOPOS DEL GERMANIO.

**Pag. 86:** Donde se indica cuales son las reacciones nucleares de interés, debe leerse:

Las reacciones nucleares de interés son:  $^{74}\text{Ge}(n,\gamma)^{75}\text{Ge}$ ,  $^{76}\text{Ge}(n,\gamma)^{77}\text{Ge}$  y  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$ .

**Pags. 88 y 89:** Para la fórmula (1), debe leerse:

A: Actividad del nucleido producido  
m: masa del elemento irradiado  
Na: Número de Avogadro  
Ar: masa atómica relativa  
 $\theta$ : abundancia isotópica  
 $\sigma$ : sección eficaz que se quiere determinar  
 $\Phi$ : flujo neutrónico  
 $\lambda$ : constante de desintegración  
ti: tiempo de irradiación

**Pag. 89:** Para la fórmula (2), debe leerse:

C: velocidad de conteo  
i: intensidad absoluta de la radiación medida  
 $\epsilon$ : eficiencia de medición para la misma radiación

**Pag. 90:** Donde dice  $^{74}\text{Ge}$ , debe leerse:

$^{74}\text{Ge}$

**Pag. 93:** En la referencia correspondiente a DE NEVE, R.; DE SOETE, D.; HOSTE, J. (1966), debe leerse:

*The  $^{72}\text{Ge}(n,p)^{72}\text{Ga}$  and the  $^{72}\text{Ge}(n,\alpha)^{69m}\text{Zn}$  Reactor Cross-Sections.*



Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda  
Av. Ramón Franco 5050 - Código Postal: 1874  
- Villa Domingo - Buenos Aires - Argentina  
Tel: (54-11) 4353-0220 int. 105 - Fax: (54-11) 4353-0221  
[www.fra.utn.edu.ar](http://www.fra.utn.edu.ar) - [cienciaytecnologia@fra.utn.edu.ar](mailto:cienciaytecnologia@fra.utn.edu.ar)