

# *Proyecciones*

Volumen 5

Número 2

Octubre, 2007

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Director  
Dr. Isaac Marcos Cohen

Comité Editorial  
Lic. Gladys Esperanza, Facultad Regional Buenos Aires  
Lic. Juan Miguel Languasco, Facultad Regional Buenos Aires  
Dr. Isaac Marcos Cohen, Facultad Regional Buenos Aires

Colaboración Técnica  
Ing. Marisa Arrondo, Comisión Nacional de Energía Atómica

Diseño y Diagramación  
Luciana Acuña Elias, Facultad Regional Buenos Aires

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

ISSN 1667-8400  
Registro de la  
Propiedad  
Intelectual  
No. 587516

 Universidad Tecnológica Nacional



# Índice

## 5. Editorial

Sr. Decano de la Facultad Regional Buenos Aires  
Arq. Luis A. De Marco

## 7. Presentación

Sr. Secretario Académico y de Planeamiento de la Facultad Regional Buenos Aires  
Ing. Ricardo Bosco

## 9. Modelo de gestión de calidad en proyectos de investigación y desarrollo en el ámbito de la Universidad Tecnológica Nacional acorde con la Norma Internacional ISO 10006:2003

L. G. Giménez

## 21. Clases universitarias de matemática: configuraciones e implicancias educativas

M. Pochulu

## 33. Calidad del aire en ciudades intermedias

S. E. Puliafito, D. Allende

## 53. Velocidad de la onda del pulso medida con un prototipo experimental: bases para un estudio longitudinal

S. Graf, F. Pessana, D. Craiem, C. Galli, R. Armentano

## 61. Diseño curricular por competencias: una oportunidad de mejoras para la carrera Ingeniería Química

G. C. Celma, M. C. Gutiérrez, L. Tulic

## 69. Antioxidantes naturales adicionados al aceite de maíz y sus emulsiones en agua para retardar su oxidación

Y. Maureira Gómez, L. Janczuk, P. Della Rocca

## 76. Instrucciones para la presentación de artículos

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

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



## Editorial

La aceptación generalizada del sistema decimal ha representado la adopción de usos y costumbres y su empleo es automático y casi inadvertido. Tendemos al redondeo, es decir a la conversión de números cualesquiera en sus múltiplos de diez más cercanos, aun en la vida profesional y toda vez que sea posible y, por supuesto, expresamos órdenes de magnitud en potencias de diez. También en la vida cotidiana el sistema decimal marca una huella particular: por ejemplo, festejamos de manera especial los cumpleaños que implican el acceso a una edad numéricamente expresada en múltiplos de diez y convertimos al acontecimiento en momentos de reflexión y revisión.

El párrafo anterior hace las veces de introducción a un hecho que se convierte en relevante para todos nosotros: con esta edición de *Proyecciones* completamos la publicación de diez números y, siguiendo la reconocida costumbre, sentimos que estamos en condiciones de hacer un balance.

Decíamos en nuestro primer número: *El objetivo de Proyecciones es la difusión de trabajos originados en las tesis presentadas en los ámbitos correspondientes a las carreras de postgrado que se dictan en la Facultad Regional Buenos Aires, así como de otros trabajos originales de investigación en el campo de la ingeniería, en todas sus ramas, y de las ciencias conexas.* Con el tiempo, nos pareció oportuno incluir además, la mención a la enseñanza de la ingeniería, que desde nuestra actividad en la Universidad Tecnológica Nacional ocupa un rol trascendente.

Repasando los contenidos de nuestras ediciones, el lector podrá encontrar la medida en la que hemos cumplido con las pautas que nos habíamos trazado. Tecnología de Alimentos, Gestión de la Calidad, Administración de Negocios, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Electrónica, Docencia Universitaria, Reactores Nucleares, Radioquímica, Ingeniería Civil y Planeamiento Urbano, Estudios sobre Medio Ambiente, Tecnología de Materiales, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química, son algunos de los campos enfocados en las contribuciones a *Proyecciones*. Se han vuelto en ellos diferentes muestras de la actividad de posgrado e investigación que se realiza en esta Facultad Regional, con el sostén permanente de la labor de grado.

Me permito expresar mi satisfacción por estos logros y acompañar una reflexión final: este décimo número de *Proyecciones* es un hito en la marcha de nuestra publicación y como tal reconocemos su relevancia. No obstante, será menos significativo que el undécimo número, y éste tendrá menor importancia que el siguiente. Hemos pensado, y mucho, en un comienzo para *Proyecciones*; no imaginamos un final, y por eso apreciamos el valor de la continuidad.

Arq. Luis Ángel De Marco  
Decano



## Presentación

Para este número aniversario el Comité Editorial ha seleccionado seis trabajos que reflejan un amplio espectro de contenidos académicos y de investigación. Un material de rigurosa elaboración que pone de manifiesto una vez más el trabajo y el compromiso de quienes de un modo u otro, están vinculados con esta casa de estudios.

El primer trabajo, basado en la tesis de L. G. Giménez, realiza un análisis retrospectivo de la investigación en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y su normativa. Luego de un estudio de antecedentes internacionales, se tomó como referencia la Norma ISO 10006:2003 y se generó un modelo preliminar que se validó por su aplicación concreta en cuatro grupos de investigación. El resultado permitió elaborar un modelo de formulario definitivo y formular propuestas de mejoras de gestión en nuestra universidad. Se titula "*Mecanismo de gestión de calidad en proyectos de investigación y desarrollo en el ámbito de la UTN acorde con la Norma Internacional ISO 10006:2003*".

A continuación encontramos el artículo "*Clases universitarias de matemática: configuraciones e implicancias educativas*", de M. Pochulu, basado en su tesis de maestría, cuyo objetivo es describir, analizar y categorizar las prácticas docentes de Matemática. Las observaciones de clases de distintos docentes y la revisión bibliográfica permitieron construir diversas configuraciones en dichas prácticas. Los resultados obtenidos y las entrevistas con docentes y con estudiantes constituyen la base donde se fundamentan las valiosas conclusiones del trabajo.

Luego se incorporan trabajos de investigación y desarrollo, comenzando por el denominado "*Calidad del aire en ciudades intermedias*", siendo sus autores S. E. Puliafito y D. Allende. Frente al problema de la contaminación atmosférica plantean un modelo de generación de inventarios para su evaluación, exemplificando claramente su aplicación a las ciudades de Mendoza y Bahía Blanca.

Le sigue el artículo "*Velocidad de la onda del pulso medida con un prototipo experimental: bases para un estudio longitudinal*" debido a S. Graf, F. Pessana, D. Craiem, C. Galli y R. Armentano. El propósito de este trabajo es describir un equipo prototípico portátil desarrollado para medir la Velocidad de la Onda del Pulso en una población numerosa y analizar la posibilidad de emplearlo en un seguimiento clínico alejado. Esta medición es una técnica simple, confiable y reproducible, que puede ser determinada en forma no invasiva en pacientes ambulatorios, siendo un importante predictor de enfermedades vasculares.

En el trabajo de G. C. Celma, M. C. Gutiérrez y L. Tulic, titulado "*Diseño curricular por competencias: una oportunidad de mejoras para la carrera Ingeniería Química*" que nos muestra la aplicación concreta de este moderno enfoque en el análisis del Plan de Estudios vigente de la carrera correspondiente, en nuestra Facultad.

Finalmente se encuentra "*Antioxidantes naturales adicionados al aceite de maíz y sus emulsiones en agua para retardar su oxidación*", cuyos autores son Y. Maureira Gómez, L. Janczuk y P. Della Rocca, se determinó la acción antioxidante del extracto etanólico de ajo en la oxidación de un aceite comestible y sus emulsiones en agua. Asimismo, se caracterizó al aceite utilizado y se determinó si tenía algún antioxidante sintético adicionado. Varios componentes del extracto de ajo son los responsables de su capacidad antioxidante. Se demuestra el potencial tecnológico de este antioxidante natural.

Agradecemos el valioso aporte de quienes han participado en este número de la revista Proyecciones y confiamos en seguir contando con la colaboración de nuevos aportes para el próximo año.

Ing. Ricardo Bosco  
Secretario Académico y de Planeamiento



# Modelo de gestión de calidad en proyectos de investigación y desarrollo en el ámbito de la Universidad Tecnológica Nacional acorde con la Norma Internacional ISO 10006:2003\*

L. G. Giménez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda  
Av. Ramón Franco y San Vicente, (B1874ETF)  
Buenos Aires, Argentina

e-mail: lgimenez@fra.utn.edu.ar

Recibido el 21 de mayo de 2007; Aceptado el 21 de junio de 2007

## Resumen

Se estudió el estado de situación de la investigación en la Argentina y, específicamente, en la Universidad Tecnológica Nacional. Se relevó la normativa que hace referencia a la investigación desde la creación de la Universidad Tecnológica Nacional hasta nuestros días. Se analizaron los comentarios formulados por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria respecto al estado de la investigación y el desarrollo en la acreditación de las carreras. A partir de una encuesta a investigadores de las Facultades Regionales Avellaneda y Buenos Aires surgió la necesidad de mejorar los formularios para la presentación de proyectos. Se analizaron distintas normativas internacionales y se concluyó que la más adecuada, para tomar como referencia, era la norma ISO 10006:2003 (Sistemas de Gestión de Calidad. Directrices para la Gestión de Calidad en Proyectos). Se estudió esta norma y se explicó la forma de interpretación de cada capítulo en el ámbito de la Universidad Tecnológica Nacional. Se realizó una adecuación de los formularios actuales y se obtuvo un modelo preliminar que fue validado en cuatro grupos de investigación. El resultado de la validación arrojó posibilidades de mejoras que se aplicaron al modelo definitivo para la presentación de proyectos.

**PALABRAS CLAVE:** PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO – GESTIÓN DE LA CALIDAD - NORMA ISO 10006:2003.

## Abstract

The situation of the research in Argentina and, specifically, at the National Technological University, was studied. The normative referred to the investigation, from the creation of the National Technological University up to the present time, was revised. The comments formulated by the National Commission of University Evaluation and Accreditation, in connection with the status of investigation and development in the accreditation of the programmes were analysed. The need of improving the forms for presentation of projects arose from an inquiry to researchers of Avellaneda and Buenos Aires Regional Faculties. Different international normative was analysed; it was concluded that the most appropriate standard, to be taken as reference, was the ISO 10006:2003 standard (Quality Management Systems. Guidelines for Quality Management in Projects). This standard was studied and the way to interpret each chapter at the ambit of the National Technological University was explained. The present forms were adapted and a preliminary model was obtained, which was validated in four research groups. The result of the validation threw possibilities of improvements that were applied to the final model for project presentation.

**KEYWORDS:** RESEARCH AND DEVELOPMENT PROJECTS – QUALITY MANAGEMENT - ISO 10006:2003 STANDARD.

\* Trabajo realizado sobre la base de la tesis presentada por L. G. Giménez para optar al grado de Magíster en Ingeniería en Calidad, bajo la dirección de M. M. Mazzini y R. Brunetti.

## Introducción

En un mundo globalizado, las actividades de investigación y el desarrollo de proyectos de una universidad no escapan a la necesidad de comparación con las de otros sectores. Para que dicha comparación sea viable, es necesario que tengan bases comunes, lo que lleva a la necesidad de la utilización de normas internacionales.

Hoy en día, es ampliamente conocida la necesidad de trabajar con un sistema de gestión de la calidad para garantizar, al menos, que se han seguido procedimientos pre establecidos y acordados entre las partes.

Dentro de las distintas Facultades Regionales (FR), Centros y Unidades Académicas (UA) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) se encuentran grupos de investigación y desarrollo trabajando en más de 100 proyectos, según informa la Secretaría de Ciencia y Tecnología de dicha Universidad.

Los proyectos deben ser presentados en formularios que la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SCyT) pone a disposición en su página web ([www.utn.edu.ar/scyt/proyI&D](http://www.utn.edu.ar/scyt/proyI&D)) y que apuntan a su normalización. Sin embargo, estos formularios no forman parte de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) de dicha casa de estudios. Claro está que la aplicación de un Modelo de Gestión de Calidad (MGC) a los proyectos de investigación y desarrollo no garantiza el éxito del proyecto, pero brinda la posibilidad de detectar tempranamente oportunidades de mejora y tener un adecuado control de gestión.

Para ello, lo primero que se debe definir es la normativa a aplicar en su formulación. Con la investigación realizada, se ha llegado a la conclusión de que la normativa que más se ajusta a la necesidad planteada es la Norma Internacional ISO 10006:2003 (International Organization for Standardization, 2003) que proporciona orientación sobre la gestión de la calidad en los proyectos.

Esta norma perfila los principios y las prácticas del sistema de gestión de la calidad, cuya implementación es importante para el logro de los objetivos de la calidad en los proyectos y complementa la orientación que ofrece la Norma ISO 9004:2000. Sistemas de Gestión de Calidad. Directrices para la mejora de desempeño (International Organization for Standardization, 2000).

La Norma ISO 10006:2003 está dirigida al más amplio espectro de proyectos, ya que es aplicable a cualquier formato, independientemente de su extensión y grado de complejidad. Puede ser desde un proyecto individual a uno que forme parte de un programa o cartera de proyectos.

Atento a lo anteriormente mencionado, es que el objetivo del trabajo fue la confección de un Modelo de Gestión de la Calidad para los Proyectos de Investigación y Desarrollo, brindando así una herramienta a quienes quieran encarar sus trabajos con una concepción apuntalada en una normativa internacional de calidad.

Dado que sería imposible poder validar un modelo que cubriera todas las etapas de los proyectos, desde su presentación hasta su finalización, se decidió que el alcance del trabajo abarcaría sólo a las etapas de presentación y aprobación.

Para evaluar su aplicabilidad, el modelo preliminar fue validado y probado en proyectos de las Facultades Regionales de Avellaneda y Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional. De esas aplicaciones surgieron las mejoras a realizar que fueron aplicadas, generando así el Modelo definitivo.

El resultado de este trabajo podría ser aplicado a cualquier proyecto de Investigación y Desarrollo dentro de UTN y de ser necesario, y con los ajustes pertinentes, a los de cualquier otro organismo o empresa.

## Desarrollo del trabajo

### Antecedentes de los grupos de investigación en la Universidad Tecnológica Nacional

Si bien la UTN nace en el año 1948, es recién en 1989 cuando surge la primera Ordenanza donde se explica la necesidad de establecer el Régimen del Investigador y normar la creación y el funcionamiento de sus Centros de Investigación y Desarrollo, conforme al artículo 12 del Estatuto Universitario (Ministerio de Cultura y Educación, Universidad Tecnológica Nacional, 1998).

La ordenanza en cuestión es la número 665 (Ministerio de Cultura y Educación, Universidad Tecnológica Nacional, 1989), que expresa que los Centros de Investigación y Desarrollo tienen como misión elaborar y ejecutar planes y programas de Investigación y Desarrollo en el área de su especialización.

Dos años más tarde, en la Ordenanza 703 (Ministerio de Cultura y Educación, Universidad Tecnológica Nacional, 1991) se establece que será la *Secretaría de Ciencia y Tecnología la responsable de propiciar la integración de la política científico-tecnológica-educativa dentro de la Universidad*. Entre sus misiones y funciones figura intervenir en la formulación de las políticas en materia de investigaciones e impulsar la investigación con la finalidad de contribuir al crecimiento del país.

En esta Ordenanza se establece que los proyectos deberán tener definidos:

- a) Jefe de Grupo
- b) Objetivos
- c) Nómina de Integrantes
- d) Plan de Trabajo
- e) Metodología a utilizar
- f) Tipo de Transferencia esperada
- g) Equipamiento necesario, infraestructura requerida y recursos solicitados.

Con la Resolución 275 (Ministerio de Cultura y Educación, Universidad Tecnológica Nacional, 1995) se establece una política de investigación y desarrollo donde, entre otras cosas, se plantea como uno de los objetivos: consolidar y ampliar la actividad de investigación y desarrollo en la UTN.

Otro de los puntos que se considera importante mencionar en relación con la citada resolución, es el referente a la necesidad de alentar la participación de los grupos de investigación y desarrollo de la UTN en actividades transnacionales, particularmente con grupos homólogos del MERCOSUR y América, incluyendo el intercambio de especialistas e información.

En la Resolución 232/98 (Ministerio de Cultura y Educación, Universidad Tecnológica Nacional, 1998) se establecen los nuevos criterios de la política de ciencia y tecnología en la UTN. En este caso se intenta que el rumbo a seguir por los investigadores y la comunidad universitaria sea tal que permita armonizar y comenzar a integrarse con el Sistema Científico Tecnológico Nacional. Concretamente, en una de sus partes establece "*La UTN atenderá prioritariamente a la investigación aplicada y al Desarrollo Tecnológico e Innovación que le sea requerida por el Estado Nacional, las Provincias y Municipios y el sector productor de bienes y servicios permitiendo satisfacer el concepto insitio a la ingeniería de utilizar en forma económica los materiales y fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad*".

En el artículo 23 del Capítulo IV, perteneciente a las Prioridades, aclara enfáticamente que "*no será aceptado ningún requerimiento de Desarrollo o innovación ni admitida Investigación aplicada si no está asegurada la calidad con que los mismos serán llevados adelante*".

De aquí en más hay varias Ordenanzas como las 789, 873 y 890 (Ministerio de Cultura y Educación, Universidad Tecnológica Nacional, 1995, 1998 y 1999) y las Resoluciones 552, 558 y 01 (Ministerio de Cultura y Educación, Universidad Tecnológica Nacional, 1999 y 2002) en donde, por ejemplo, se norma la carrera del Investigador, los Centros de Investigación y Desarrollo y la propia Secretaría de Ciencia y Tecnología.

Como se puede apreciar, a medida que se avanza en la historia, cada vez son más rápidos los cambios y mayores las urgencias en dedicar el tiempo y el espacio suficiente a la Investigación.

En el año 2002 la UTN manifestó, mediante la Resolución 01/02 (Ministerio de Cultura y Educación, Universidad Tecnológica Nacional, 2002) que había decidido presentarse en forma voluntaria a la acreditación de sus carreras.

Como resultado de esa evaluación, la exigencia de aumentar la actividad de investigación en casi todas las carreras, y hacerlo bajo parámetros de calidad, fue una constante.

Tanto en la Resolución 275 como en los comentarios realizados por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) se puede ver la importancia que se da a la vinculación internacional. Éstos son motivos más que importantes para buscar una normativa de orden internacional que sirva como guía a la hora de la confección de los proyectos.

Es evidente que existe una problemática asociada a los proyectos de investigación. Para definir mejor el alcance de esta problemática se decidió realizar un relevamiento con los investigadores de las Facultades Regionales Avellaneda y Buenos Aires.

#### **Relevamiento realizado con los investigadores en las Facultades Regionales de Avellaneda y Buenos Aires de la UTN de la metodología para el armado de proyectos**

En conversaciones mantenidas con distintos investigadores de ambas Regionales se observó que, de un modo general, éstos no estaban conformes con los formularios actuales para la presentación de los proyectos. Por tal motivo se decidió hacer una encuesta destinada a definir el estado de situación.

Para que la encuesta pudiera ser representativa, fue necesario conocer el total de los investigadores activos y luego aplicar alguna normativa que indicase cuál era la cantidad mínima de encuestados elegidos al azar, que serían representativos de ese total.

A mediados del 2005 (momento en el que se realizó la encuesta) la cantidad total de investigadores de ambas regionales era de 210. Sobre ese universo se aplicó la Norma IRAM 15 para el tamaño mínimo de encuestas a realizar. En este caso se tomó la condición más desfavorable del nivel S-3 (muestreo especial) que es con un Nivel Aceptable de Calidad (AQL) de 1. Con tales condiciones, la cantidad mínima de encuestas debería ser al menos 13, lo cual representaba el 6,2 % del total. Con base en este concepto se realizaron en total 15 encuestas, cifra que representa el 7,1 % del total de investigadores

y, por la aplicación de la norma, representativo del lote total.

La encuesta fue entregada personalmente a cada investigador en la Facultad Regional Avellaneda, mientras que en la Regional Buenos Aires el Secretario de Ciencia y Tecnología fue quien se encargó de distribuirlas vía correo electrónico.

De las preguntas realizadas surgieron, en relación con cada uno de los ítems detallados, los siguientes comentarios generales:

*1. Documentación utilizada para el armado de un nuevo proyecto*

Por lo general los investigadores utilizan el formulario designado para tal fin, pero varios de ellos presentan los proyectos de acuerdo a su propio pensamiento y criterio.

*2. Objetivo y características del proyecto*

En este punto, la gran mayoría de los investigadores conoce con claridad qué debe hacer y cómo expresarlo.

*3. El cliente*

Hay investigadores que presentan proyectos de investigación y no tienen en claro quién será el beneficiario del resultado obtenido.

*4. Planificación en etapas*

Los investigadores en general planifican en forma intuitiva y no metodológica. Es decir, al no existir en el formulario un requisito en tal sentido, algunos no lo tienen en cuenta y otros no saben cómo volcarlo por escrito.

*5. Definición de fases y procesos del proyecto*

Muy pocos investigadores tienen en cuenta las fases y los procesos del proyecto; se da la misma situación que en la pregunta anterior.

*6. Sistema de Gestión de la Calidad*

Los investigadores no tienen en cuenta los sistemas de gestión de calidad, a menos que se los exijan.

*7. Responsabilidades de cada uno de los integrantes del grupo*

Sólo los investigadores que son directores de proyectos tienen en claro las responsabilidades de cada uno de los integrantes del grupo. Se han observado casos de investigadores que, al no ser directores, no sabían qué funciones cumplían otros miembros del grupo.

*8. Gestión de los recursos materiales y humanos*

El grupo de trabajo solicita los materiales y espera recibirlos para investigar. Su actitud es muy pasiva en ese sentido; prueba de ello es lo que expresó uno de los investigadores en la encuesta: "si nos dan los recursos solicitados investigamos, de lo contrario escribimos".

*9. Estimación de la duración con hitos verificables*

Esta pregunta está íntimamente ligada con las preguntas 4 y 5. Las respuestas tienen que ver con el tipo de investigación que está realizando el grupo. Si se está trabajando, por ejemplo, en un proceso químico, siempre hay mediciones que marcan etapas para seguir avanzando, pero hay otros trabajos en los cuales los hitos no son tan fácil de distinguir.

*10. Estimación de costos y su metodología de control*

Por lo general, los investigadores realizan una estimación de costos a la hora de presentar el proyecto, pero luego no siguen una metodología para controlarlos. Podemos agregar que uno de los investigadores expresó que lo importante era que el proyecto fuese aprobado, que una vez lograda esa instancia de una u otra manera siempre al final se conseguirían los recursos, hubieran sido previstos o no en el proyecto original.

*11. Estructura organizacional*

Los investigadores arman los grupos según sus necesidades, pero por lo general son muy independientes a la hora de trabajar. Los grupos son, en algunos casos, interdisciplinarios y, como manifestaron en una encuesta: "cada uno se ocupa de cumplir con lo que el Director le solicita". Esto se hace sin mantener reuniones entre todos los miembros, lo que provoca que, incluso, haya quienes no conozcan a sus compañeros de proyecto.

*12. Metodología para las comunicaciones*

Las comunicaciones existen, pero sólo entre el Director y cada uno de los integrantes de su grupo de investigación. Por lo general no hay reuniones entre todos los miembros del proyecto ni con los de otros grupos.

*13. Informes de avance*

Por lo general, los informes de avance se realizan sólo cuando los solicita la Secretaría de Ciencia y Tecnología.

*14. Riesgos del proyecto*

Los investigadores, en su mayoría, entienden como riesgo únicamente la parte económica, es decir, el riesgo de no recibir los materiales necesarios para poder continuar con el proyecto, y no tienen en cuenta las dificultades que pueden tener a la hora de alcanzar, por ejemplo, el objetivo de disminuir en un porcentaje determinado el residuo de un proceso.

*15. Compras*

Las compras no son gestionadas por los investigadores; ellos sólo solicitan lo que necesitan y eventualmente en algunos casos proponen proveedores que pueden suministrar dichos insumos.

*16. Control de la documentación producida*

Los investigadores no disponen de una metodología de control de la documentación. Elaboran papeles internos y solamente algunos directores llevan un correcto registro como resultado de su iniciativa individual.

#### *17. Evaluación de proveedores*

Los investigadores no realizan la evaluación de los proveedores, ya que no son ellos quienes compran.

#### *18. Gestión del conocimiento*

En casi la totalidad de los grupos de investigación hay becarios. Los directores consideran como gestión del conocimiento la transferencia que reciben los becarios por la participación en los proyectos.

#### *19. Mediciones, Análisis y Mejoras*

Las mediciones, los análisis y las mejoras que se reflejan tienen directa relación con el tipo de investigación que se esté llevando a cabo. Hay grupos de investigación que deben hacerlo por

necesidad y hay quienes lo hacen sólo si les es exigido.

#### *20. Indicadores*

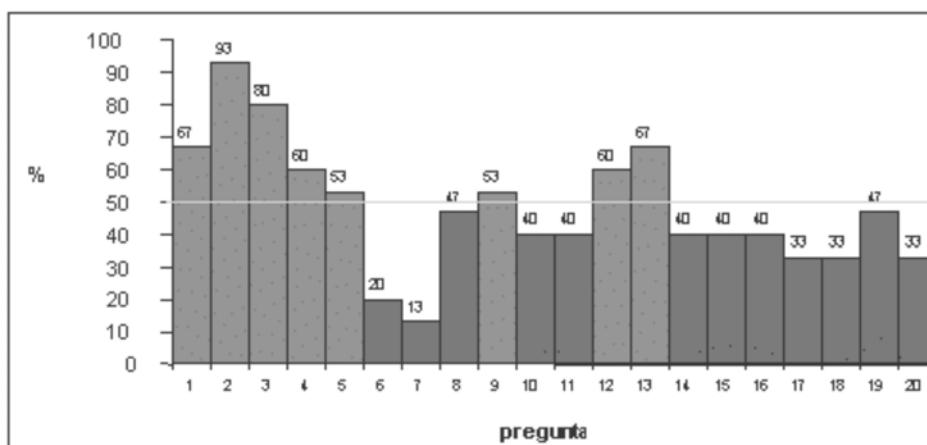
En el caso de los indicadores se da la misma situación que la explicada en la pregunta anterior.

Dado que las preguntas fueron abiertas para conocer la opinión de cada investigador y dar así la oportunidad de explayarse en sus opiniones, se hacía difícil poder representar en un gráfico lo expresado en las encuestas.

Por ello se decidió graficar las respuestas teniendo en cuenta como afirmativas o casos favorables (asignando un 1) las que manifestaron al menos hacer algo sobre el tema consultado y como negativas o casos no favorables (asignando un 0) aquéllas en las que no se registraba actividad alguna. Los resultados se indican en la Tabla 1 y la Figura 1.

**Tabla 1. Cantidad de casos Favorables y No Favorables por pregunta**

Pregunta	Casos Favorables	Casos No Favorables
1	10	10
2	13	7
3	11	9
4	9	11
5	7	13
6	3	17
7	2	18
8	6	14
9	7	13
10	6	14
11	6	14
12	9	11
13	10	10
14	6	14
15	6	14
16	6	14
17	5	15
18	5	15
19	7	13
20	5	15



**Figura 1. Porcentaje de ocurrencia de casos favorables por pregunta**

Se establece una cota de mínima del 50%, es decir que aquellas respuestas que se encuentran por encima de este valor cumplen con los requisitos de mínima.

Analizando la Figura 1 y los resultados de la encuesta, se observa que, evidentemente, la gran mayoría de los investigadores no tiene en cuenta la organización de acuerdo a un Sistema de Gestión de Calidad y la definición de las responsabilidades (Preguntas 6 y 7).

Por otro lado, las respuestas a las preguntas 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18 y 20, si bien muestran mejores indicios que las de las preguntas 6 y 7, no satisfacen en sus explicaciones lo que debería ser la disciplina de un Modelo de Gestión de la Calidad para proyectos.

Uno de los elementos indispensables detectados en la encuesta es que, por lo general, los directores, al ser en su gran mayoría docentes con varios años de experiencia y con muchos trabajos presentados, conocen exactamente cómo se debe presentar un proyecto según lo requerido por UTN, pero el resto de los investigadores no tiene esta información y desconoce, inclusive, lo que el mismo director ha presentado.

Se ve con esto, por un lado, una falta importante de comunicación entre los miembros de los grupos, responsabilidad ésta del Director del Proyecto y, por el otro, un desconocimiento de los Sistemas de Gestión de la Calidad; por lo general, los investigadores sólo los asocian con la Norma ISO 9001:2000 y su certificación (International Organization for Standardization, 2000).

### **Análisis de la Norma ISO 10006:2003**

A partir de los análisis efectuados aparece una problemática basada en la necesidad de una sistematización de los requisitos y registros para el armado de un proyecto.

Tal como se ha mencionado, de la búsqueda de una normativa que sea aplicable y adecuada para esta problemática surge que la Norma ISO 10006:2003 es la que mejor se adapta a la necesidad planteada.

Se analizó cada capítulo de la Norma, se explicó el estado actual de cumplimiento y la forma en que debería interpretarse en el ámbito de la UTN.

Hay, por ejemplo, una diferencia muy marcada entre la visión de lo que es un proyecto para esta Universidad y la definición que da la norma citada.

En el primer caso, la Resolución 232/98 de UTN expresa que proyecto es: "Conjunto coordinado de tareas científico tecnológicas que comprenden total o parcialmente actividades de investigación y

desarrollo y que, comenzando por conocimientos preexistentes, permite llegar a un objetivo cuyas características han sido previamente determinadas. Por otra parte, para la ISO 10006:2003 proyecto es: "Proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y de finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos".

Del análisis de las dos definiciones se desprende que, si bien para UTN los proyectos están acotados en tareas científicas y tecnológicas, no se menciona en ningún momento la duración, sus costos y los recursos. Estos elementos son fundamentales para cualquier tipo de seguimiento y control, mas allá de lo útiles que pueden resultar al investigador en el ordenamiento de su trabajo.

## **Resultados**

### **El Modelo y su validación**

Para el armado de un modelo que sirviera como guía había dos caminos posibles:

- 1) Efectuar su desarrollo con base en las directrices de la Norma en cuestión, ignorando lo existente.
- 2) Tomando como base los formularios vigentes, realizar las adecuaciones necesarias para el cumplimiento de los requisitos de la ISO 10006:2003.

Se consideró que era mejor elegir el segundo camino, ya que, seguramente, esos formularios eran el producto de muchas horas de trabajo y dedicación de personas a quienes no gustaría que todo lo realizado fuese ignorado. Esto es importante, porque son estas mismas personas las que en el futuro podrían utilizar el resultado de este trabajo.

Otro punto relevante es que, con los formularios actuales, se presentaron muchos proyectos que llegaron a conclusiones satisfactorias, por cuya razón se entiende que no deben ser descartados, sino rescatados y mejorados. Existen también algunos aspectos que son significativos para la UTN y que necesita conocer aun cuando no son considerados en la Norma, como, por ejemplo, los datos relacionados con la categorización del investigador.

Adicionalmente, y teniendo en cuenta que el presente trabajo estaba destinado a la elaboración de una propuesta para mejorar la calidad de la presentación de los proyectos dentro de la UTN, resultaba importante partir de la base ya existente y proponer desde allí modificaciones y agregados. De esta forma se concebía que el resultado debía ser un modelo menos traumático en su utilización y

más amigable para los investigadores ya familiarizados con los formularios actuales.

Para validar los formularios desarrollados se decidió aplicarlos a dos proyectos de la Facultad Regional Avellaneda y a dos de la Facultad Regional Buenos Aires. A los efectos de obtener información más representativa de esta experiencia, se eligió en cada Regional un proyecto que estuviera operativo, conducido por un Director investigador con mucha experiencia y otro que recién estuviera por comenzar, con un Director no tan familiarizado con los formularios existentes.

Debido a que la información contenida en los proyectos es confidencial, no es posible dar información acerca de los proyectos sobre los que han sido validados los formularios, de forma tal que para preservar el anonimato de los investigadores, los comentarios serán identificados como pertenecientes a Grupos (1, 2, 3 y 4) sin especificar a qué Regional corresponden, ni tampoco a qué proyecto.

Los comentarios de los investigadores fueron:

#### **Grupo 1**

*"El nuevo formulario es semejante al vigente en algunos aspectos, pero a diferencia de los anteriores, éstos permiten y exigen una diferenciación por etapas de la realización del proyecto. Esto nos exige un mayor esfuerzo a la hora de la presentación pero lo consideramos oportuno, al igual que el análisis de riesgo."*

#### **Grupo 2**

*"No hemos tenido mayores inconvenientes en el llenado del formulario. Sí se nos hace sumamente difícil conseguir los avales, por ser nuestro proyecto algo innovador en la Regional y no tener expertos en el tema. No nos ha quedado claro si el Director y el Co-Director deben completar los datos del personal involucrado, ya que estas planillas deben ser firmadas por ellos mismos."*

#### **Grupo 3**

*"En nuestro proyecto, todos los integrantes consideramos que todo lo que tenga que ver con la Calidad debe ser bienvenido. Hemos sido "víctimas" de todas las modificaciones que han tenido los formularios vigentes y entendemos que todas fueron realizadas con la mejor de las intenciones pero nunca nos fue consultado qué opinamos sobre los mismos. Haciendo uso de estos nuevos formularios quisiéramos aprovechar para dar nuestro punto de vista respecto de la Idea Proyecto. No estamos en desacuerdo con la información que en ellos se solicita, si estamos en desacuerdo que se pida lo mismo en la presentación del PID\*. De hecho muchas veces*

*nos piden que entreguemos junto la IP\*\* y el PID. En tal sentido propondríamos la eliminación de los formularios de IP para no duplicar en forma innecesaria la información que nos requieren.*

*Por otro lado nos pareció muy bueno y útil la identificación de los riesgos. En los proyectos que venimos realizando, si bien nunca nadie nos lo exigió, aplicamos una metodología de identificación de riesgos pero sin un fundamento sólido como en este caso."*

#### **Grupo 4**

*"Debido a que es nuestra primera experiencia en la presentación de proyectos nos surgieron varias dudas, a saber:*

- ¿Los formularios de IP y PID deben ir firmados por el Área Académica antes de ser presentados a la Secretaría de Ciencia y Técnica?*
- ¿Si no conseguimos 2 avales científicos no podemos presentar el proyecto?*
- ¿Las etapas del proyecto pueden ser más de 6?*
- ¿Puede un proyecto demorar más de 3 años?*
- ¿El Director del Departamento de la Especialidad no debe dar su opinión sobre el proyecto?"*

#### **El Modelo**

Habiendo validado el Modelo, se procedió a realizar las modificaciones sugeridas y aquéllas que se consideraron oportunas a los efectos de mejorar y optimizar los formularios y la guía.

Por otra parte, más allá de los formularios, el procedimiento y la guía, que son para el investigador, la Secretaría de Ciencia y Tecnología debería llevar los siguientes indicadores en función de los proyectos presentados:

o Proyectos aprobados en relación con proyectos presentados: Este indicador determinará, por ejemplo, el grado de especialización de los investigadores a la hora de presentar un proyecto de investigación y desarrollo.

o Proyectos abandonados en relación con proyectos aprobados: Aquí se puede determinar si es necesario tomar algún tipo de acción sobre los motivos por los cuales los proyectos no llegan a cumplir su objetivo.

o Valores presupuestarios promedio de los proyectos presentados: Con este dato se puede realizar el flujo de caja necesario para I+D en cada Facultad Regional.

\* Proyecto de Investigación y Desarrollo

\*\* Idea -Proyecto

o Cantidad de proyectos por Departamentos y por Áreas: Esto permite detectar los sectores de mayor investigación y también aquéllos a los que se debe ayudar para mejorar su rendimiento.

o Cantidad de proyectos de investigación que cumplen con las líneas propuestas por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología: Con este indicador se puede observar cuán alejada está la investigación que se realiza en la Universidad Tecnológica de la necesidad planeada desde el Gobierno Nacional.

El Modelo, como ya fue mencionado, consta de un procedimiento, una guía y doce formularios. Dada la extensión del Modelo completo, se detallará a continuación sólo el procedimiento.

## **Procedimiento para el armado de los proyectos de Investigación y Desarrollo**

### **1- Objetivo y alcance**

Establecer un procedimiento para la planificación, la realización y el armado de los proyectos a ser presentados en el ámbito de la Universidad Tecnológica Nacional. El mismo es de aplicación en todas las Facultades Regionales y Unidades Académicas que posean grupos de investigación.

### **2- Procedimiento**

Este procedimiento consta de 5 procesos, cuyas generalidades son:

o Planificación de los recursos: Los procesos relativos a los recursos tienen como finalidad planificar y controlar los mismos. Algunos ejemplos de recursos son: equipos, instalaciones, materiales, software, personal, servicios y espacio.

o Establecimiento de la estructura organizativa del proyecto: Debido a que tanto la calidad como el éxito de un proyecto dependen del personal que participe en el mismo es fundamental que el grupo de trabajo quede claramente constituido y sus responsabilidades claramente delineadas.

o Definición de las Actividades: El alcance del proyecto incluye la descripción del producto, de las distintas etapas del proyecto, sus características y el modo en que han de medirse o evaluarse.

o Identificación y evaluación del Riesgo: Para la Norma ISO 10006:2003 el término "riesgo" se utiliza en el mismo sentido que "incertidumbre", es decir, considerando aspectos tanto negativos como positivos. En tal sentido se debe identificar los riesgos, evaluarlos, proponer el tratamiento y controlarlos.

o Proceso relacionado con la mejora, la medición y el análisis: Este proceso proporciona orientación sobre el modo en que el grupo de investigación debería aprender de su propio proyecto.

### **Proceso 1:**

#### **Planificación de los recursos.**

Se deben identificar los recursos necesarios para el proyecto. Esto es:

- Qué recursos
- Cuándo se requerirán
- Cómo, es decir de qué modo
- De dónde se obtendrán los recursos

Deberán explicitarse, mediante los formularios correspondientes, los recursos, incluyendo la estimación, los montos y las limitaciones.

#### **Documentación de referencia**

Norma ISO 10006:2003 sección 6.1.2

#### **Formularios asociados**

- F-06- A Procesos Relacionados con el Costo (Equipamiento)  
F-07- A Procesos Relacionados con el Costo (Servicios no personales)  
F-08- A Procesos Relacionados con el Costo (Bienes de Consumo)  
F-09- A Procesos de Compras

### **Proceso 2:**

#### **Establecimiento de la estructura organizativa del proyecto.**

La estructura organizativa del proyecto deberá diseñarse con el objeto de fomentar una comunicación y una cooperación eficaces y eficientes entre todos los participantes en el proyecto.

Deberán elaborarse y documentarse descripciones de los puestos o funciones, incluyendo las atribuciones de responsabilidad y autoridad.

#### **Documentación de referencia**

Norma ISO 10006:2003, sección 6.2.2

#### **Formularios asociados**

- F-04- A Nómica del Personal involucrado  
F-05- A Datos del Personal involucrado

## **Proceso 3:**

### **Definición de las actividades**

El proyecto deberá estructurarse sistemáticamente en actividades realizables para cumplir con el objetivo de la investigación/desarrollo.

Cada actividad deberá definirse de forma tal que sus resultados sean medibles.

### **Documentación de Referencia**

Norma ISO 10006:2003, sección 7.3.4

### **Formularios Asociados**

F-02- A Planeamiento del Proyecto

F-03- A Plan de Actividades por Fase

## **Proceso 4:**

### **Identificación y evaluación de los riesgos**

La identificación de los riesgos se deberá realizar al comienzo del proyecto, durante las evaluaciones del avance y en otras ocasiones en las que se tomen decisiones importantes.

La evaluación de los riesgos es el proceso de analizar y valorar los riesgos identificados para las distintas etapas del proyecto.

Deberán evaluarse todos los riesgos identificados. En esta evaluación deberán tenerse en cuenta la experiencia y los datos históricos de proyectos anteriores.

Deberán determinarse los criterios y las técnicas que habrán de utilizarse en la evaluación.

Deberá realizarse un análisis cualitativo, al cual debería seguir un análisis cuantitativo siempre que sea posible.

### **Documentación de referencia**

Norma ISO 10006:2003 secciones 7.7.2 y 7.7.3

### **Formularios asociados**

F-10- A Procesos Relacionados con el Riesgo (Guía)

F-11- A Procesos Relacionados con el Riesgo

## **Proceso 5:**

### **Proceso relacionado con la mejora, la medición y el análisis**

Se deberán utilizar los resultados de la medición y el análisis de los datos derivados de las fases del proyecto

y aplicar acciones correctivas, acciones preventivas y métodos para la prevención de pérdidas.

La Secretaría de Ciencia y Tecnología necesita asegurarse de que la medición, la recopilación y la validación de datos son eficaces y eficientes para mejorar el desempeño del grupo de investigación e incrementar la satisfacción del cliente y otras partes interesadas.

### **Documentación de referencia**

Norma ISO 10006:2003 secciones 8.1 y 8.2

### **Formularios asociados**

F-12- A Procesos Relacionados con las mediciones.

## **3- Registros**

El Director del proyecto es el máximo responsable del mantenimiento de los registros del proyecto, incluyendo carpetas, planes, programas e informes de revisión por un tiempo mínimo de 5 años a partir de la finalización del proyecto y que se ha entregado toda la documentación a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UTN.

### **Conclusiones y propuestas a futuro**

Del análisis de las encuestas realizadas a los investigadores y de los comentarios recibidos en distintas reuniones mantenidas con autoridades de las distintas Facultades Regionales de la UTN y con los propios investigadores surgieron las siguientes posibilidades de mejora sobre los formularios:

- Dar de baja al formulario de Idea Proyecto. En principio, es correcto lo expresado por los investigadores, respecto a que de alguna manera se les está solicitando dos veces la misma información. Esto se percibió ni bien se comenzó el trabajo; sucede que, como ya fue explicado, la idea no era dar de baja nada de lo existente sino hacer todos los esfuerzos para adecuarlo a lo que solicita la Norma ISO 10006:2003.

Por otro lado, cuando un proyecto es analizado y evaluado, siempre es aconsejable que quienes realizan esta labor dispongan de toda la información del mismo. De lo contrario, bajo el régimen actual, podría darse el caso que una IP sea aprobada pero, luego de su evaluación, el PID sea rechazado. Tal situación genera las siguientes dificultades:

- Dos procesos de evaluación.
- Mucho tiempo de demora en tomar la decisión definitiva de aceptar o no al PID.

- Doble costo en informar el resultado de ambas evaluaciones, en convocar a los evaluadores, en el armado de las resoluciones y en la administración de la documentación.

- Desgaste de los investigadores.

Si bien la IP y el PID son dos instancias distintas; la primera funciona como un filtro previo que, bajo esta figura, podría ser realizada informalmente por el Secretario de Ciencia y Tecnología cuando el grupo investigador tiene el primer bosquejo del proyecto.

- Modificar el requisito del aval científico.

Existe un problema en relación con el requisito solicitado en los formularios y es que no son muchos los investigadores categorizados que hay en cada una de las Facultades Regionales y Unidades Académicas. En tal sentido se da el caso de que, concretamente, en algunas FR el investigador que más conocimiento tiene sobre una temática en particular es el mismo que está presentando el proyecto y el único con el que se cuenta. Esto hace que sea imposible conseguir dos avales científicos de individuos que puedan opinar sobre el trabajo presentado con un conocimiento específico y calificado en el ámbito de esa casa de estudios.

La propuesta para solucionar esta problemática, al menos en el ámbito de las Facultades Regionales del Área Metropolitana (Incluye a las Regionales Avellaneda, Buenos Aires, Delta, Haedo, General Pacheco y La Plata), es elaborar un banco de datos con los investigadores categorizados de toda el Área Metropolitana y que del mismo el investigador pueda elegir a un par suyo de otra Facultad Regional para que le de el aval necesario.

Esta metodología puede ser aplicada perfectamente en otras zonas del país donde la diferencia entre cantidad de investigadores de las distintas Regionales y Unidades Académicas es mucho más marcada.

Debido a la problemática planteada se considera oportuno permitir la presentación del PID con un sólo aval.

- Modificar el Formulario de Índice de Fases. La idea es que sea posible presentar "n" fases, pero nunca menos de tres.

- Modificar la explicación del llenado de los datos personales.

El propósito de este requisito es asegurar que tanto el Director como el Co-Director deban completar el mismo formulario que el resto del personal.

Todas estas posibilidades de mejora fueron aplicadas al Modelo definitivo.

El resultado de este trabajo podrá ser aplicado por los investigadores y las áreas de Investigación y Desarrollo donde se desarrollarán esos proyectos para el armado, control y seguimiento de los mismos. Esto les permitirá a los investigadores dedicarse netamente a su tema de investigación sabiendo que no omitirán elementos indispensables de gestión y control y que

desde la presentación trabajarán bajo una normativa de Gestión de la Calidad.

Se ha detectado la existencia de un problema dentro de las distintas Facultades Regionales, en relación con el proceso de evaluación de los proyectos.

Las autoridades se ven ante la necesidad de aumentar la cantidad de proyectos de I+D, requisito impuesto en forma casi general por CONEAU a la hora de la acreditación, y esto hace que de alguna forma determinados proyectos sean "impuestos". Esto quiere decir que, en realidad, como no existe un proceso de evaluación independiente y externo a la FR donde se presentan, los proyectos no son evaluados exhaustivamente, ya que de alguna manera son las mismas autoridades las que quieren su aprobación sí o sí, para aumentar de esta manera la cantidad y cumplir con lo exigido por CONEAU.

Es evidente que resulta necesario que la Universidad Tecnológica Nacional aumente la "cantidad" de los proyectos, pero debe dedicar especial atención a la "calidad" de los mismos; esto se logra comenzando con un buen proceso de evaluación, que debería iniciarse en cada FR o UA como paso previo a la presentación en la SCyT del Rectorado de UTN.

Para solucionar este inconveniente, al menos en el Área Metropolitana, se propone la creación de un Consejo Asesor integrado por dos miembros (Investigadores categoría 1, 2 o 3 del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología o categoría A, B o C de UTN) de cada una de las Facultades Regionales de la mencionada área. Dicho Consejo tendría la misión de evaluar todos los proyectos que se presenten en las regionales pertenecientes al área y su dictamen se elevaría al Consejo Académico de la Facultad Regional de origen (esta metodología ha sido aceptada por el Área Metropolitana luego de la propuesta presentada por el autor en la reunión de Secretarios de Ciencia y Tecnología realizada en la Facultad Regional Delta el 23-03-06).

Otro problema detectado durante la elaboración de la tesis en la cual se basa el presente trabajo es que las actitudes transcurren como si lo realmente importante no fuera el "resultado" del proyecto en sí, sino el hecho de tenerlo aprobado y aumentar la cantidad de proyectos en ejecución. Prueba de esto es que no existe un correcto seguimiento de los proyectos en el Rectorado de la UTN y mucho menos en las Facultades Regionales.

Se entiende que los resultados aquí presentados deberían tomarse como base para continuar con un trabajo similar dedicado al seguimiento y al análisis post-proyecto. Esto último no sólo no se realiza, sino que directamente no existe en el ámbito de UTN. Se considera que sería de suma utilidad contar con este tipo de análisis, porque permitiría

retroalimentar al sistema en función de los resultados obtenidos.

La evaluación post-proyecto es fundamental para la gestión, ya que permite evaluar entre otras cosas cómo funcionó la organización, si se cumplió con los requisitos, si las etapas fueron correctamente pautadas, si cada uno de los responsables cumplió su tarea tal cual lo estipulado, etc.

Esta información permitiría trabajar en la mejora continua desde el comienzo, con el mismo formulario de presentación de PID, haciendo las modificaciones que los resultados demuestren necesarias para su presentación y seguimiento.

Algo que atenta contra el éxito de cualquier SGC que quiera ser implementado es la situación que se presenta debido a la falta de investigadores categorizados que puedan dirigir los proyectos. Nótese que, para ser aceptado en esta función, el investigador debe tener categoría 1, 2 o 3 del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología o bien A, B o C de UTN. Como en las Facultades Regionales son pocos los investigadores que cumplen con estos requisitos, sucede que los que sí los cumplen terminan siendo directores de varios proyectos. Tal situación hace que una de las funciones principales del director, que es ser el "líder" del proyecto, no se cumpla y solo figure y "preste" su nombre y categoría, para que el mismo sea aprobado y de esta manera no sienta ningún otro compromiso con el grupo de investigación.

El hecho de que los directores de proyecto no sean los líderes es muy grave, porque de ellos depende el control, la realización de los informes de los estados de avance, las posibilidades de mejoras, las necesidades, etc.

Esta situación fue relevada en la reunión de Secretarios de Ciencia y Tecnología de la UTN que se realizó en la FR Santa Fe el 5 y 6 de Abril del 2006 y no tiene otra salida que no sea aumentar la cantidad de investigadores calificados y calificar a los existentes.

Otra posibilidad de mejora del sistema es la creación de una base de datos donde figuren todos los proyectos de las distintas Facultades Regionales y Unidades Académicas de la UTN, junto con su estado de avance. El día que esta información exista y esté disponible para cualquier investigador, será una herramienta fundamental para mejorar la investigación, ya que les permitirá tomar la experiencia de otros. Sería también un factor coadyuvante en el establecimiento de contactos, por iniciativa propia, entre investigadores. Se ha visto, en la mencionada reunión, que varias FR están investigando sobre los mismos temas, lo que demuestra una muy mala comunicación entre los grupos de investigación de la UTN.

De la encuesta realizada a los investigadores surgen otras posibilidades de mejora del sistema. Concretamente, como respuesta a las preguntas 8, 10 y 11, se puede notar que hay una actitud por demás pasiva, esto es que no se ve que los investigadores tomen la actividad de investigación como una tarea principal sino como algo secundario que hacen cuando pueden y con lo que puedan.

Esto se debe a que, por un lado, el presupuesto que se destina dentro de la Universidad Tecnológica Nacional a Ciencia y Tecnología es exiguo y, por el otro lado, porque no hay una política clara del propósito y el destino de la investigación en esta Universidad para acompañar al crecimiento del país.

En tal sentido se considera que la Secretaría de Ciencia y Tecnología y la Secretaría Académica del Rectorado deberían trabajar en conjunto para establecer una política de investigación que tenga que ver con las incumbencias de las carreras que ahí se dictan, con el postgrado y con las necesidades del país.

## Agradecimientos

El autor desea agradecer a M. M. Mazzini y a R. Brunetti por su apoyo científico, esencial para llevar a buen término la tesis sobre la que se realizó este trabajo, pero también por la ayuda brindada para exponer de manera clara las ideas que se deseaban expresar.

## Referencias

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2000) *Norma ISO 9001:2000. Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos.*

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2000) *Norma ISO 9004:2000. Sistemas de Gestión de Calidad. Directrices para la mejora de desempeño.*

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2003) *Norma ISO 10006:2003. Sistemas de Gestión de Calidad. Directrices para la gestión de calidad en los proyectos.*

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1989) *Rectorado, Ordenanza 665, Artículo 1 del primer Capítulo del Anexo II.*

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1991) *Rectorado, Ordenanza 703, Artículo 1.*

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1995) *Rectorado, Resolución 275, Anexo I.*

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1995, 1998 y 1999) *Rectorado, Ordenanzas 789, 873 y 890.*

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1998) *Rectorado, Estatuto de la Universidad Tecnológica Nacional, Artículo. 12, p. 3.*

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1998) *Rectorado, Resolución 232, Anexo I.*

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1998) *Rectorado, Resolución 232, Anexo I, Artículo 21, p. 17.*

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1999) *Rectorado, Resoluciones 552 y 558.*

MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (2002) *Rectorado, Resolución 01, Artículo 1.*

# Clases universitarias de matemática: configuraciones e implicancias educativas<sup>1</sup>

M. Pochulu

Universidad Nacional de Villa María  
Arturo Jauretche 1550 (5900)  
Villa María, Provincia de Córdoba, Argentina

e-mail: [mpochulu@arnet.com.ar](mailto:mpochulu@arnet.com.ar)

Recibido el 18 de mayo de 2007; Aceptado el 25 de junio de 2007.

## Resumen

El presente trabajo se efectuó bajo una metodología cualitativa de investigación y tuvo por objetivo describir, analizar y categorizar las prácticas docentes de Matemática en la Universidad. El análisis estuvo centrado en dimensiones que surgieron del propio proceso de investigación, basadas en observaciones de clases y en los trabajos consultados, los cuales conforman la revisión bibliográfica. Las características exclusivas y particulares halladas en las clases de cada profesor permitieron la construcción de las diferentes configuraciones en las prácticas docentes de Matemática en la Universidad.

**PALABRAS CLAVES:** CONFIGURACIONES DE CLASES; CLASES UNIVERSITARIAS DE MATEMÁTICA; ESTILOS DOCENTES EN MATEMÁTICA; PRÁCTICAS DOCENTES DE MATEMÁTICA.

## Abstract

The present work was carried out under a qualitative research methodology with the aim of describing, analysing and categorizing the teaching practice of mathematics at the University. The analysis made focus on dimensions that arose from the study itself. These dimensions were constructed on the basis of class observations and review of the corresponding literature. The particular and exclusive characteristics found in the classes of each teacher let us construct the different configurations in the mathematical teaching practices at the University level.

**KEYWORDS:** CLASS CONFIGURATIONS – MATHEMATICS UNIVERSITY CLASSES – TEACHING STYLES IN MATHEMATICS – TEACHING PRACTICES IN MATHEMATICS.

<sup>1</sup> Trabajo realizado sobre la base de la tesis presentada por el autor para optar al grado de Magíster en Docencia Universitaria, bajo la dirección de M. Villarreal y C. Esteley.

## Introducción

La búsqueda de una pedagogía específica que permita un análisis y reflexión de las prácticas docentes, así como el desarrollo de estrategias variadas que favorezcan la construcción del conocimiento en los alumnos, se ha convertido desde hace tiempo en una efectiva necesidad de las instituciones educativas, y la Universidad no permanece ajena a ella.

Con frecuencia encontramos que las universidades suministran a sus alumnos, ya sea al final de un período lectivo o de una asignatura, encuestas destinadas a evaluar las prácticas docentes. Posiblemente la intencionalidad sea poder encontrar mejoras sobre las mismas que permitan redireccionarlas, o que se conviertan en el puntapié inicial de una anhelada reflexión y una toma de conciencia de las acciones que están llevando a cabo los profesores.

A su vez, también es habitual encontrar a los alumnos emitiendo juicios de valores y comentarios sobre una cátedra, o sobre algún docente en especial, ofreciendo un sinúmero de indicaciones para “pasar” la materia, y detallando todas las exigencias que tiene el profesor. Por supuesto, si el espacio curricular se encuentra a cargo de varios profesores, sobrarán las recomendaciones para que alguien se inscriba en aquel o tal turno, en la comisión de la mañana o con el profesor de la tarde.

Si escuchamos atentamente a los alumnos en estos espacios de análisis y críticas, podemos constatar que pueden definir y caracterizar, desde su subjetividad, de manera general las clases de cualquiera de sus docentes, determinar cuánto “saben” de la materia, lo fácil o difícil que la hacen, la calidad de los ejemplos que brindan, la manera complicada o simple que tienen de explicar las cosas. A toda característica que podamos imaginar, con seguridad le han de encontrar una calificación. Ahora bien, esta situación nos lleva a preguntarnos: ¿Cuáles son las características distintivas que presentan actualmente las prácticas docentes de Matemática en la Universidad?

Por otra parte, debemos tener en cuenta que en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Matemática nos encontramos con una gran variedad de dificultades. Posiblemente algunos docentes universitarios son conscientes de estas dificultades, ya sea porque se lo manifiestan año tras año indirectamente los alumnos, por conversaciones con los colegas, por lecturas realizadas en bibliografías especializadas u otras formas de acceso al conocimiento. Otros, en cambio, simplemente ignoran, consciente o inconscientemente, todos los obstáculos y siguen desarrollando sus clases como si nada ocurriera a su alrededor.

No obstante, ignorando o siendo consciente de todo tipo de dificultades, cada profesor, como expresa Antelo (1999) tiene una forma de “pasar” los contenidos, los conocimientos y las destrezas, y tiene estrategias de enseñanza que se hallan teñidas por criterios, opiniones, valoraciones, ideas y creencias, que de alguna manera configuran el currículum y contribuyen, en alguna medida, en la construcción del conocimiento en los alumnos. Esta situación nos sugiere un nuevo interrogante: ¿Cuáles son las estrategias de enseñanza que privilegian los profesores universitarios de Matemática?

Por último, así como los alumnos logran caracterizar las clases de sus docentes bajo apreciaciones personales, haciéndolas únicas y creando tipologías que se transmiten de estudiantes a estudiantes, como un referente a tener en cuenta, nos preguntamos: ¿Cuáles son las configuraciones de clases que se pueden reconocer en las prácticas docentes de Matemática en la Universidad, y qué características tienen?

Cabe aclarar que concebimos a una configuración de clase como la disposición, la distribución, la organización y el tratamiento que efectúa el profesor de las distintas instancias y momentos que componen una práctica docente que le otorgan características particulares y distinguibles de las demás.

Ahora bien, para efectuar una caracterización y un reconocimiento de las configuraciones en las prácticas docentes de Matemática en la Universidad, hemos considerado como contexto particular las prácticas docentes de Matemática que se desarrollan en las carreras de Ciencias Económicas<sup>1</sup> de la Universidad Nacional de Villa María (UNVM). Nuestro interés estuvo centrado desde un principio en las carreras de Ciencias Económicas por varias razones, donde las más relevantes son las que enumeramos a continuación:

- Entre cuatrocientos y quinientos alumnos escogen estas carreras en la UNVM, por lo que resultan las únicas dentro de la institución con características de “cursado masivo”, lo cual es clásico en la mayoría de nuestras universidades nacionales.
- El interés de los estudiantes de las carreras de Ciencias Económicas generalmente no está centrado exclusivamente en la Matemática, ni han elegido estas carreras por afinidad o predisposición hacia la misma, por lo cual encontramos alumnos que pueden sentirse cómodos y a gusto con esta ciencia y otros que pueden sentir rechazo y resquemores.
- Los alumnos son distribuidos aleatoriamente en cinco comisiones a cargo de cinco docentes, con cursados simultáneos, lo que da lugar a que se puedan producir las situaciones que describíamos cuando formulábamos nuestro

problema de investigación, respecto a las opiniones que tienen los estudiantes sobre las prácticas docentes de sus profesores, como por ejemplo: "Y, te explica bien, vos le preguntás al profe y explica, y lo malo que por ahí va muy rápido", "Se notó que sabe un montón, pero es como que no sabe llegar", "Me habían dicho que daba pausado", "Me parece que hay métodos más fáciles para sacar o llegar a lo que quiere explicar" o "Me pareció como medio cerrado, o sea, cuando uno pide otra forma de explicar porque no entiende, te tienen que explicar supuestamente de otra manera".

- Los cinco profesores a cargo de estas comisiones trabajan coordinadamente, es decir, el conjunto de acuerdos y criterios que orientan las decisiones que deberán tomar los docentes en torno a qué, cuándo y cómo enseñar y evaluar, y actuar en los procesos de enseñanza y aprendizaje, se halla consensuado por el equipo docente y dirigido por uno de ellos, quien se constituye en el coordinador de asignatura.

### Sobre el diseño metodológico

El diseño metodológico de toda la investigación se basó en la observación, el análisis y la interpretación de las prácticas docentes de cinco profesores que desarrollaron sus actividades en el espacio curricular asignado a la cátedra de Álgebra, del primer año de las carreras de Ciencias Económicas de la UNVM. Las observaciones de clases se realizaron durante el segundo cuatrimestre del año lectivo 2001. En consecuencia, el trabajo fue desarrollado como un estudio de caso y la investigación asumió las siguientes características:

- *Interpretativa*, ya que se tuvo en cuenta el sentido de las acciones de los sujetos.
- *Cualitativa*, puesto que el objeto de estudio no fue algo que se pudiera observar y cuantificar.
- *Hermenéutica*, dado que se hicieron interpretaciones de las interpretaciones que hacían los sujetos investigados (por ejemplo, lo que decían los alumnos sobre las acciones de sus profesores).
- *Exploratoria*, en tanto se pretendió recoger y analizar información que pudiera servir para orientar futuras investigaciones.
- *Descriptiva*, pues se generaron informes narrativos a partir de la investigación de campo realizada.
- *De campo*, debido a que se realizó mayoritariamente en el lugar de trabajo de los sujetos investigados.

- *Etnográfica*, en el sentido de que se pretendió comprender los acontecimientos tal y como los interpretan los sujetos investigados, mediante una inmersión en su pensamiento y en su práctica, evitando en la medida de lo posible alterar la realidad estudiada. A su vez, la información también se obtuvo en el lugar de trabajo de los sujetos investigados.

Para realizar el análisis de las prácticas docentes de Matemática en la Universidad, seguimos los procedimientos de investigación que a continuación exponemos:

*Filmaciones de clases:* La decisión de realizar la filmación de las prácticas docentes deviene del hecho que permite registrar discurso y "clima" de la clase; esto es, la participación de los alumnos, las disposiciones del docente (gestos, tonos de voz, entre otros) y todos aquellos aspectos que difícilmente se hubiesen podido plasmar en grabaciones de audio o en registros textuales. Además, la videogramación admite la reconstrucción de la clase en más de una oportunidad y permite compartir criterios de análisis y observaciones con otros miembros de la comunidad educativa y científica.

Destacamos que las comisiones de Álgebra desarrollaban sus clases en forma simultánea, tres por la mañana y dos por la tarde, impidiendo la presencia del mismo observador en cada una de ellas. Si bien se contó con total apoyo y predisposición de los cinco profesores a cargo, se intentó, asimismo, evitar interrupciones y alterar el desarrollo normal de la práctica docente, por lo que se dispuso una cámara en cada aula sin la presencia de observador alguno.

Se efectuó la filmación de las cuatro clases que demandó el desarrollo del tema "Sistemas Lineales". El tiempo asignado a la unidad fue estipulado por el coordinador de la cátedra, luego de llegar a un consenso con los demás profesores a cargo de las comisiones. También se filmó una quinta clase por cada docente, cuyo eje central fue la revisión general de los temas para la evaluación parcial, donde no sólo se consideró la unidad correspondiente a "Sistemas Lineales", sino también, a "Ecuaciones Diferenciales".

*Análisis documental:* Dado que los contenidos de Álgebra fueron estipulados por el coordinador de cátedra, hemos considerado apropiado tener en cuenta en nuestra investigación el programa de la asignatura que se manejaba internamente entre los docentes y al que no tenían acceso los alumnos. Allí se establecían las pautas metodológicas a tener en cuenta para el desarrollo de la materia, los tiempos

---

<sup>2</sup> Corresponde a las carreras de: Contador Público, Licenciatura en Economía y Licenciatura en Administración.

asignados a cada tema y las recomendaciones generales para el accionar docente.

Además, hemos considerado las planillas de regularidad que completó cada profesor en el sistema académico de la Universidad. En ellas se contemplaba el número de alumnos asignado a cada comisión, las calificaciones obtenidas en las evaluaciones parciales y recuperatorios de la asignatura, como así también la condición final alcanzada por cada estudiante (regular o libre).

*Entrevistas con alumnos:* Para contrastar las características distintivas que hallamos en las prácticas docentes de Matemática en la Universidad con las opiniones de los estudiantes, realizamos entrevistas no estructuradas con tres alumnos, elegidos aleatoriamente, de cada comisión de trabajo. Como ejes centrales de la entrevista se consultaron a los alumnos sobre las características que más valoraban en las prácticas docentes de su profesor de Matemática, la participación que tenían en el desarrollo de las clases y las dificultades que les ofrecía la asignatura.

*Análisis de las prácticas docentes:* Distinguimos en esta etapa dos grandes fases, que dieron lugar a dos niveles de análisis:

- Descripción y análisis de las características distintivas de las prácticas docentes de cada profesor observado.
- Determinación de estrategias de enseñanza y configuraciones de clases que se pueden reconocer en las prácticas docentes de Matemática en la Universidad.

Los pasos que seguimos en el primer nivel de análisis (primera fase) fueron los siguientes:

- Observar los videos de las filmaciones correspondientes a cada docente.
- Señalar características que aparecen con frecuencia.
- Observar nuevamente los videos para constatar presencia, frecuencia y regularidad de dichas características.
- Construir las dimensiones de análisis a partir de nuestras observaciones y lecturas previas.
- Seleccionar y transcribir fragmentos o episodios que exemplificaran tales dimensiones.
- Constatar algunas características de las prácticas docentes con la opinión vertida por los alumnos en las entrevistas.

Para la segunda fase, que dio lugar al segundo nivel de análisis, fuimos creando convergencias entre los diferentes aspectos que conformaron las dimensiones de análisis, tratando de encontrar las características comunes que se presentaban entre las prácticas de los docentes. Enfocamos nuestra atención en las estrategias de enseñanza que privilegiaron los profesores para el desarrollo de sus clases, y la disposición, la distribución, la organización y el tratamiento que efectuaron de las distintas instancias y momentos que componían las clases.

Finalmente, las características exclusivas y particulares halladas en las clases de cada profesor permitieron la construcción de las diferentes configuraciones en las prácticas docentes de Matemática en la Universidad. También efectuamos una correlación entre las configuraciones detectadas y los resultados de las evaluaciones parciales en el tema que nos ocupa: "Sistemas Lineales" para complementar nuestro análisis.

## Resultados

Haremos la presentación de los resultados teniendo en cuenta las dimensiones de análisis que nos propusimos para el estudio. Para ello, efectuaremos una breve síntesis de cada una de ellas, tratando de encontrar los puntos que tienen en común y aquellas características que las hacen diferentes unas de otras.

*Manifestaciones instruccionales:* De nuestro trabajo se desprende que los profesores de Matemática no desarrollan las clases de la misma forma, a pesar de existir una planificación de la asignatura que sirve de referente y guía. En consecuencia, la igualdad de contenidos en una planificación no garantiza la existencia de clases idénticas de Matemática en la Universidad, y podemos tener una variedad de ellas respecto a la distribución de tiempo que hace el profesor entre los contenidos conceptuales y procedimentales. Así, se tuvieron clases fuertemente centradas en uno u otro contenido y clases que equilibraron el tiempo destinado a ellos, o clases donde se realizaron constantemente revisiones conceptuales y clases que no contaron con estos repasos. El único elemento común hallado en este punto se encuentra en que los profesores alternaron en su presentación los contenidos conceptuales con los procedimentales.

Por otro lado, hacemos notar que en la planificación entregada por el coordinador de Álgebra a los integrantes del equipo docente se habían establecido para cada subtema los criterios metodológicos que se debían seguir. A pesar del detalle minucioso de indicaciones, sólo dos de los profesores abordaron con ese enfoque cada subtema. De todos modos, ninguno de los profesores, salvo el propio coordinador, siguió

taxativamente las recomendaciones metodológicas que allí se planteaban.

Esta forma disímil de trabajo de los docentes, a pesar de contar con una planificación común que articulaba sus prácticas y recomendaciones metodológicas para abordar los contenidos, puede entenderse y explicarse si tenemos en cuenta que cada profesor estructura un grupo de concepciones, valores e ideologías con respecto a los elementos más relevantes que entran en juego en su ejercicio profesional –definido como el “sistema de creencias” por Ernest (1989)– que se relacionan con las concepciones que él tiene acerca de la naturaleza del conocimiento matemático y sobre los objetivos que debe perseguir la educación matemática, las que determinan que se adopte un modelo particular de enseñanza y de aprendizaje de la Matemática.

De todas maneras, analizando el modo en que trabajó cada uno de los profesores en las clases, se evidenció, a nuestro juicio, que los objetivos propuestos para la asignatura no fueron totalmente consensuados entre los docentes del equipo, sino más bien establecidos por el coordinador de cátedra.

Además, de nuestras observaciones se desprende que los profesores no explicitan a sus alumnos un plan de clase que trascienda la mera enumeración de los contenidos conceptuales y procedimentales que han de ser abordados a lo largo de la clase o en sucesivos encuentros, como así tampoco explicaciones que aludan a la importancia que se le asigna a cada contenido dentro de la unidad. Al respecto, Skovsmose (1999) resume convincentemente la concepción que tenemos sobre esta situación, pues expresa:

*En la educación matemática tradicional las intenciones raras veces se comparten. Las negociaciones se cortan con frases como “hoy vamos a aprender sobre...”. Las posibles intenciones que se esconden detrás de las series de comandos educativos no son comprensibles. De alguna manera, se deja al estudiante como un soldado en una trinchera en el frente de batalla sin saber su posición ni el próximo movimiento del ejército. El soldado no tiene posibilidad de hacerse una imagen de la situación estratégica. Si comienza a librarse su propia batalla con base en su interpretación de la situación, probablemente ésta no tenga sentido en conexión con la situación estratégica global. El soldado no puede actuar sólo siguiendo órdenes. No obstante, puede desarrollar su propia interpretación de su situación personal. Puede desarrollar sus propias intenciones, como mantenerse en la mejor condición física posible tratando de conseguir una mejor ración de comida, mejorando su habilidad para jugar ajedrez, etc. (p. 208–209).*

Debemos tener en cuenta que el profesor tiene ideas y planes que no necesariamente coinciden con las interpretaciones que hacen los estudiantes de ellas, pues son moldeadas sobre la base de sus propias percepciones. En consecuencia, creemos que indicar la relevancia que tiene cada tema, en el marco de la unidad didáctica o de la propia asignatura, permitiría a los alumnos tomar conciencia de los puntos en los que es necesario centrar la atención a la hora de efectuar el estudio. Hay que recordar que es habitual encontrar estudiantes que sin tener dificultades en el aprendizaje, descartan temas relevantes de una unidad porque no advirtieron la importancia que tenían, o la que implícitamente les asignó el profesor.

En lo que respecta a la presentación de contenidos conceptuales y procedimentales, hallamos que la misma deviene fundamentalmente de dos caminos. Por un lado, trabajando con los contenidos procedimentales de la asignatura se van desprendiendo los contenidos conceptuales, y por el otro, exponiendo los contenidos conceptuales como un conjunto de verdades y reglas impuestas para posteriormente arribar a los contenidos procedimentales. De la misma forma observamos que, si se elige el camino que va de los contenidos procedimentales a los conceptuales, los profesores inducen a los alumnos a participar, lo que no necesariamente ocurre así cuando el proceso es inverso, es decir, cuando se transita desde los contenidos conceptuales a los procedimentales, en el que prevalece la exposición del docente como un mero proceso de transmisión de información.

También encontramos que en ciertas exposiciones se incorpora el lenguaje matemático y la terminología específica después de haberse trabajado algún proceso o práctica de la asignatura, haciéndose previamente un uso intensivo de metáforas, analogías y contraejemplos. En otras clases, en tanto, advertimos que se introduce en primera instancia un lenguaje específico y muy formal que permite referirse en todo momento a los objetos matemáticos.

Si bien el lenguaje y la terminología específica en Matemática son indispensables para transmitir las ideas sobre este campo del saber y para establecer la comunicación entre el profesor y los estudiantes, como así también entre los mismos estudiantes y el conocimiento matemático, creemos que existen diferentes modos para hacerlo conocer y comprender, por lo que coincidimos con Gómez (1995) cuando indica que el lenguaje es una de las razones por las cuales los estudiantes dicen que no entienden cuando se enfrentan a un texto o discurso matemático, y considera, además, que está en el docente hacer que esta dificultad se disipe.

Percibimos que algunos profesores han puesto en contacto a los alumnos con el saber disciplinar a través de ejemplos y situaciones concretas, las que a veces

eran relativas al campo profesional de una carrera de Ciencias Económicas, y se han llevado a cabo profundos y enriquecedores análisis de contenidos, donde los estudiantes han sido partícipes del proceso y, en otros casos, se han limitado a escuchar y tomar notas.

No obstante, hallamos exposiciones de contenidos en los que el profesor prescinde de las reflexiones y los análisis que ellos implican, en tanto se le ha dado importancia al uso de reglas, procedimientos, algoritmos, métodos propios de la disciplina o al desarrollo de las destrezas básicas, provocando posiblemente que la Matemática se perciba como un conjunto de rutinas y mecanizaciones que indefectiblemente deben ser aprendidas y aplicadas.

Por último, también notamos que las prácticas docentes de Matemática en la Universidad se caracterizan por alentar a los alumnos a que registren en sus carpetas las definiciones, propiedades, teoremas y todo contenido conceptual o procedimental que ha sido abordado por el profesor. Estas instancias devienen de escrituras que el profesor efectúa en la pizarra, las cuales se presentaron de manera organizada y con suma prolijidad, con subrayados de títulos y subtítulos, exemplificaciones y aclaraciones pertinentes al tema, o a través de minuciosos y pausados dictados de los contenidos involucrados.

Cabe aclarar que esta última situación no conduce necesariamente a la práctica, tan necesaria en el ámbito universitario, de que los alumnos estudien y consulten los libros de textos recomendados para la asignatura, ni tampoco hemos encontrado expresiones del discurso docente que estén alentando a los alumnos en este sentido. Debe tenerse en cuenta que el profesor escribe en la pizarra generalmente algunas expresiones matemáticas y contenidos fundamentales –lo que es lógico dado que no es la única forma de comunicación que está teniendo con los estudiantes– y éstos escriben normalmente sólo lo que encuentran en la pizarra. Cuando van a repasar o estudiar de sus apuntes, se hallan con una lista de conceptos y algoritmos que muchas veces resultan insuficientes para llegar a una total comprensión del tema o a la resolución de ciertos ejercicios y problemas, en tanto no están totalmente explícitas las estrategias y las relaciones entre los contenidos que son pertinentes al caso.

*La resolución de situaciones problemáticas:* Encontramos que no todos los profesores resolvieron problemas relativos a la unidad didáctica en cuestión, siendo que estaba estipulado en uno de los objetivos generales de la planificación de Álgebra. Los acercamientos que tuvieron a ellos se realizaron desde dos caminos distintos: planteándolos como un vehículo que permitiera lograr algunas metas como motivación, justificación o iniciar el estudio de

determinado contenido matemático, o trabajándolos para aplicar los contenidos estudiados.

Analizando las instancias en las cuales los profesores resolvían situaciones problemáticas, advertimos que la mayoría de ellos ponen en juego distintas fases que pueden ir desde la comprensión y el entendimiento del problema hasta la mirada retrospectiva del mismo. No obstante, no todos llevan a cabo el análisis y la reflexión de la solución del problema y del camino transitado para llegar a la solución, las formas alternativas de resolución o las posibles generalizaciones del mismo. También percibimos que la participación del grupo de alumnos en la resolución de las situaciones problemáticas estuvo presente en las prácticas docentes de los profesores que llevaron a cabo todas las fases para resolver un problema, no así en las clases de los profesores que dejaron incompletas estas instancias.

A su vez, nos llamó la atención que algunos profesores exigieran a los estudiantes lo que precisamente no hacían en sus clases (mirada retrospectiva de un problema, por ejemplo). Podemos notar aquí la aparición de un fenómeno clásico interesante, pues aparecen cuestiones que sin ser objeto de enseñanza, como la resolución de problemas, pasan posteriormente a ser objeto de evaluación.

*La interrogación didáctica:* Al efectuar una caracterización de la interrogación didáctica llevada a cabo por los profesores de Matemática en la Universidad, podemos decir que es posible insertarlas en dos grandes categorías. Por un lado se encuentran clases mediadas por preguntas que estimulan y favorecen el aprendizaje, la verbalización y la comprensión de los contenidos, aunque algunas con una clara intencionalidad de hacer partícipes a los alumnos del proceso, y otras en las que se desarrolla una especie de “monólogo teatral”, como lo define Silva (1993), donde las preguntas son respondidas casi con exclusividad por el docente, puesto que se brindan espacios muy breves de espera que no dan tiempo para que los estudiantes reaccionen y respondan, o sólo lo hace un reducido número de ellos.

Por el otro lado, hallamos clases donde existen escasas interrogaciones por parte de los profesores, las que se circunscriben a preguntas que exigen rememorar conocimientos previamente adquiridos y resolver operaciones aritméticas o procedimientos sencillos, las que habitualmente son respondidas y valoradas positivamente por los docentes. A su vez, en estas clases, los análisis y las relaciones entre contenidos son efectuados únicamente por el docente, formulando algunas preguntas que tienden a darle continuidad y coherencia al discurso.

Sobre esta última situación, pensamos que se está poniendo al estudiante en una actitud netamente pasiva, donde su única preocupación se circumscribe a entender lo que está escuchando y eventualmente tomar notas o preguntar si no comprendió alguna parte de la exposición. Por consiguiente, el medio no estaría favoreciendo para que el alumno se cuestione si está comprendiendo y mucho menos si está aprendiendo. En consecuencia, si pretendemos que el estudiante sea capaz de comprender y retener la estructura general de cada proceso o desarrollo matemático, no resulta suficiente que sólo sea un espectador, por lo que sería necesario propiciar instancias que favorezcan el desarrollo de esas capacidades y en ese sentido la interrogación didáctica cumple un papel fundamental.

De todos modos, hallamos algunas prácticas docentes con clara intención de promover una enseñanza basada en el pensamiento superior de los alumnos, en tanto se manipularon información e ideas que lograron transformar y descubrir nuevos significados del conocimiento matemático. Asimismo, han evidenciado formas coloquiales a través de preguntas que dieron fuerzas a algunas ideas, se expusieron distintos puntos de vista y se mostraron cuestiones o temas sobre los que se carecía de buenas justificaciones.

Creemos que esta manera de acercarse al conocimiento matemático llevaría a mostrar a la Matemática como una ciencia dinámica y susceptible de cambios, y lograría favorecer el cuestionamiento en los alumnos de los conceptos abordados, al mismo tiempo que promulgaría la adquisición de aprendizajes más significativos. Sin embargo, es importante destacar que generalmente estas condiciones no son las que los alumnos indicaron preferir en las clases de Matemática, más si consideramos que muchos de ellos se muestran renuentes hacia la disciplina o fueron formados en su preparación previa bajo un modelo de enseñanza y aprendizaje muy diferente. *Características de las prácticas docentes de Matemática en la Universidad:* Hemos encontrado un conjunto de rasgos que han sido comunes en la mayoría de las clases observadas, lo que nos permite tener una primera aproximación a las características distintivas que presentan las prácticas docentes de Matemática en el contexto de nuestro estudio, las cuales son:

- Los desarrollos y las exposiciones están centrados principalmente en los contenidos conceptuales, los que son alternados en su presentación con los contenidos procedimentales.
- Se explicitan planes de clases que generalmente sólo invocan contenidos conceptuales y procedimentales a ser abordados.

- Las clases están centradas en la actividad del docente, limitando a los alumnos, casi con exclusividad, a escuchar y copiar.
- El profesor induce a los alumnos a que registren definiciones, propiedades, teoremas y todo contenido conceptual y procedural que fue abordado en la clase.
- La resolución de ejercicios o situaciones problemáticas que demandan nuevos procedimientos, métodos, reglas o algoritmos, es presentada en primera instancia por el docente como un modelo a seguir por los alumnos.
- Los registros textuales realizados por los profesores en la pizarra se caracterizan por presentarse de manera organizada y con prolíjidad, con exemplificaciones del tema y las aclaraciones pertinentes al mismo.
- La resolución de problemas no es tomada como una estrategia de enseñanza, sino como vehículo para lograr algunas metas curriculares como motivación, justificación o práctica.
- La participación de los alumnos en las clases, cuando existe, se limita a dar respuestas a las preguntas que formula el profesor. Eventualmente los estudiantes realizan interrogantes cuya intencionalidad es la de confirmar información expuesta o demandar una nueva explicación.

Al mismo tiempo, encontramos otras características distintivas que podríamos agrupar en dos grandes categorías: Por un lado tenemos las que conservan rasgos que han sido relacionados en trabajos de investigación como los de Carvalho (1989), Silva (1993) y Roulet (1998), con una concepción "tradicional" o "clásica" de la enseñanza de la Matemática y, por el otro, las que presentan particularidades que las alejan de esta concepción y son situadas en una postura menos tradicional. Dentro de la categoría vinculada con una concepción más tradicional de la enseñanza de la Matemática, se tienen clases en las cuales:

- No se realizan revisiones generales de conceptos que resulten relevantes para los estudiantes.
- Se exponen definiciones, conceptos, propiedades y teoremas antes de abordar los contenidos procedimentales de la asignatura.
- Las explicaciones aportadas por el docente se centran en mostrar la manera correcta de llevar a cabo las reglas y procedimientos que le son propios al tema que está desarrollando.

- Las exemplificaciones brindadas se circunscriben fundamentalmente al entorno abstracto de la Matemática.
  - Se emplea en todo momento sólo un lenguaje preciso y formal de la Matemática para hacer referencia a los entes o los objetos considerados.
  - Las exposiciones de contenidos se realizan bajo esquemas que guardan cierta similitud con el orden de presentación y tratamiento que tienen algunos textos de Matemática.
  - Los análisis, las reflexiones y las interrelaciones entre contenidos son llevados a cabo por el docente, sin mediar demasiado la participación de los alumnos.
  - Se desarrollan clases dejando traslucir que la Matemática es un conjunto de verdades, reglas y procedimientos que incuestionablemente deben ser aprendidos y aplicados.
  - La resolución de problemas es llevada a cabo por el profesor, prescindiendo de una participación activa de los alumnos y, a veces, de un análisis retrospectivo.
  - Las preguntas que formula el profesor en la clase apuntan habitualmente a darle continuidad y coherencia al discurso docente, o a resaltar información relevante sobre el tema en cuestión.
  - Las solicitudes realizadas a los alumnos procuran rescatar información factual, resolver operaciones aritméticas o realizar análisis sencillos. En contrapartida, hallamos clases en las cuales:
    - Los conceptos, las propiedades, los teoremas y los marcos conceptuales que se abordan, se desprenden como una consecuencia de análisis, discusiones y reflexiones que se realizan en torno a los contenidos procedimentales previamente abordados.
    - Se realizan exposiciones y explicaciones con enriquecedores análisis y relaciones entre los contenidos conceptuales y procedimentales de la asignatura.
    - Las explicaciones aportadas por el docente apuntan al uso de la imaginación, visualización con recurso a lo geométrico, pensamiento crítico y creatividad.
    - Los alumnos entran en contacto con el saber disciplinar a través de ejemplos y situaciones concretas, algunas de ellas relativas al campo profesional de la carrera que cursan.
    - Los docentes resuelven situaciones problemáticas con la participación del grupo de estudiantes, en las que se ponen en juego todas las fases de resolución de problemas propuestas por Pólya (1957).
    - Se formulan preguntas e interrogantes que intentan favorecer el aprendizaje, la verbalización y la comprensión de los contenidos, en tanto se refuerzan las ideas expuestas, se exponen distintos puntos de vista y se muestran cuestiones o temas sobre los que se carecía de buenas justificaciones.
- Por último, cabe aclarar que la caracterización realizada tiene sentido en el contexto en el que las prácticas se sucedieron, esto es, en el espacio curricular de Álgebra de las carreras de Ciencias Económicas de la UNVM.
- Configuraciones de clases de Matemática en la Universidad:* La búsqueda de las estrategias de enseñanza, que a nuestro juicio privilegia el profesor, nos llevó a reconocer que la persistencia que tienen las mismas en las diferentes clases, logran caracterizar la práctica docente y le otorgan una configuración particular, distingible de las que muestran los demás profesores. Reconocimos cuatro configuraciones entre las prácticas docentes de Matemática observadas en la Universidad, que están en correspondencia con las estrategias privilegiadas por los profesores, y que presentamos a continuación.
- Configuración de clase centrada en la participación:* Definimos de esta manera a las prácticas docentes de Matemática en las que existe una clara evidencia por parte del profesor de propiciar espacios de análisis, reflexión y discusión con los estudiantes, estimulando y valorizando al mismo tiempo las preguntas que ellos formulan y fomentando la expresión y comunicación del alumno en sus propios términos. A su vez, el discurso docente se construye a partir de un torbellino de interrogantes con la intención de que los estudiantes relacionen contenidos, efectúen reflexiones originales, piensen en términos críticos, identifiquen razones y motivos, establezcan deducciones, creen planes, propuestas y métodos, entre otras acciones, y efectivamente participen del proceso educativo.
- Configuración de clase centrada en las múltiples conexiones entre contenidos:* Definimos así a las prácticas docentes de Matemática cuyos desarrollos se hallan orientados al análisis conceptual de los entes u objetos matemáticos en cuestión, llegándose a presentar los conocimientos por medio de una compleja red de interrelaciones entre lo conceptual y procedimental.
- En estas clases, el profesor organiza estrategias cuyo desarrollo conduce al logro de una meta, se toma conciencia del grado en que la meta está siendo lograda, se modifican planes o estrategias implementadas cuando no están resultando efectivas, se utiliza de manera espontánea el

conocimiento previamente construido, y finalmente se accede a la información relevante o pertinente que requiere la meta por medio de múltiples conexiones entre los contenidos abordados. Estas instancias conducen al docente a relacionar y vincular toda la información que posee al respecto, realizando profundas reflexiones, meticulosos análisis y organizando los contenidos en redes conceptuales coherentes.

*Configuración de clase centrada en la exemplificación:* De esta forma designamos a las prácticas docentes de Matemática en las que se introducen los contenidos conceptuales por medio de exemplificaciones múltiples, en las cuales se llega a los conceptos y definiciones a partir de ejemplos particulares y concretos, con una considerable valoración de los procedimientos y la mecanización de rutinas propias de la Matemática. En estas clases adquieren relevancia los ejemplos de procedimientos y métodos particulares de cada tema desarrollado, puesto que resultan posteriormente modelos de resolución para ejercicios similares.

*Configuración de clase centrada en la teorización:* Definimos de esta manera a las prácticas docentes de Matemática en las que se le otorga vital importancia a los contenidos conceptuales, en

tanto dan pie para que sean tratados los contenidos procedimentales. Estas clases se caracterizan por llevarse a cabo exposiciones cuidadosas y detalladas de cada concepto, propiedad y teorema involucrado, como así también por los cotejos que se realizan en búsqueda de lo aportado por los contenidos conceptuales en el desarrollo de los contenidos procedimentales.

### Implicancias educativas de las configuraciones de clases

Si bien es cierto que la educación ha de atender sobre todo a los procesos de aprendizaje, sabemos también que los resultados de aprendizaje medidos a través de "las notas" y los porcentajes de aprobación constituyen un objeto general de inquietud, a la par que son indicadores oficiales del rendimiento de los alumnos. A pesar de las limitaciones de las calificaciones, por el momento, son los indicadores más invocados por la UNVM del rendimiento académico, sin que ello suponga aprobación por nuestra parte.

Comparando las diferentes configuraciones de clase con los porcentajes de aprobación que obtuvieron los alumnos en el primer examen parcial – en tanto involucró los contenidos abordados en las prácticas docentes observadas– y ausencias presentadas al mismo, se tiene:

**Tabla 1. Relación entre aprobados, desaprobados y alumnos ausentes con las configuraciones de clases de Matemática**

Comisión	Aprobados	Desaprobados	Ausentes	Configuración de clase centrada en
<b>A</b>	34 %	49 %	17%	la participación
<b>B</b>	11%	25 %	64%	las múltiples conexiones entre contenidos
<b>C</b>	27 %	44 %	29%	la exemplificación
<b>D</b>	22 %	26 %	52%	la teorización
<b>E</b>	26 %	16 %	58%	

Desde una perspectiva institucional del rendimiento académico logrado por los alumnos, podemos observar que han logrado un mayor índice de aprobación y presencia de los estudiantes en los parciales, las configuraciones de clases centradas en la participación y en la exemplificación. Posiblemente, el menor número de alumnos ausentes a los parciales, en estas configuraciones, tenga relación con el hecho que los Profesores de las Comisiones A y C son docentes en la escuela media y, de ahí, la mayor proximidad con los estudiantes que están recién iniciando una carrera en la Universidad. Asimismo, es de hacer notar que ambos profesores cuentan con formación pedagógica, ya sea desde la formación de grado o de posgrado, lo que coincide también con valoraciones positivas hacia estas clases por parte de los estudiantes entrevistados. Por otra parte,

podemos hallar algunas convergencias entre los índices de aprobación y ausencias alcanzados en las configuraciones de clases centradas en las múltiples conexiones entre contenidos y en la teorización, lo que posiblemente tenga una explicación en que los Profesores cuentan con una formación de grado común (Licenciados en Matemática) y formación de posgrado en áreas de esta misma ciencia.

También es interesante notar que, a pesar de ser el coordinador el que prepara los parciales (profesor a cargo de la Comisión B), lo que haría presuponer que sus alumnos serían los mejores preparados para esas evaluaciones, ellos son los que tienen el mayor índice de reprobación, siendo que en sus clases se llevaron a cabo enriquecedores análisis de contenidos, reflexiones y cuestionamientos a los procesos desarrollados, con fines que tienden a los

esperados para una educación matemática universitaria.

Si efectuamos una valoración de las configuraciones en función del rendimiento académico que ellas promueven, encontramos que la configuración de clase centrada en las múltiples conexiones entre contenidos ha logrado el menor porcentaje de aprobación de alumnos y se han perfilado como las más eficientes, en este sentido, las configuraciones de clases centradas en la participación y en la exemplificación.

Desde este punto de vista podemos hallar incongruencias con lo expresado anteriormente, puesto que la configuración de clase centrada en la exemplificación ha mostrado características que sientan sus bases en una enseñanza tradicional de la Matemática. De todos modos, si bien esta configuración ha sido valorada positivamente por los estudiantes en las entrevistas y ha logrado un bajo índice de ausentismo en la evaluación parcial, creemos que el estilo de abordaje que en ella tienen los contenidos –fuertemente arraigado en lo procedural – interfiere en el reconocimiento, por parte de los alumnos, de las bases sobre las cuales se fundamentan las ideas, e impide vislumbrar las consecuencias de las mismas cuando se pide ir más allá de lo estipulado por algoritmos y procesos.

No obstante, en este punto es necesario realizar una aclaración concerniente a las limitaciones que tuvo nuestra investigación, puesto que no analizamos las coherencias que existieron entre los fines perseguidos por cada configuración y los que tuvo la evaluación parcial, en tanto escapaba a los objetivos y al recorte que planteamos inicialmente en nuestro trabajo. Tal vez el rendimiento académico de cada una de las configuraciones de clase hubiese sido óptimo, si guardaban total correspondencia los objetivos del examen con lo efectivamente hecho en clase.

Asimismo, pensamos que corresponde a la institución y al equipo docente reflexionar sobre las conexiones que existen entre el tipo de profesional que buscan y desean formar, con las capacidades y habilidades que cada configuración logra desarrollar en los estudiantes. Hacemos notar que de las cuatro configuraciones, dos se enmarcan en una metodología de enseñanza tradicional de la Matemática (centradas en la exemplificación y la teorización) y las otras dos (centradas en la participación y en las múltiples conexiones entre contenidos) se mostraron con algunas características que podríamos considerar menos tradicionales; pero como expresa Gómez (1995), si el contenido es sencillo y los objetivos son esencialmente de información, es muy posible que la metodología tradicional logre ser muy eficiente.

Si bien el análisis realizado puede catalogarse de muy subjetivo, en tanto no hemos comparado los fines que pretendía alcanzar cada configuración con los objetivos que específicamente tuvo la evaluación parcial, sabemos que estas configuraciones no constituyen una clasificación que integre todo el espectro posible de clases universitarias de Matemática, en tanto no agotan las estrategias de enseñanza que los docentes pueden privilegiar en el desarrollo de sus prácticas y que integran los procesos que llevan a cabo. En consecuencia, consideramos que las cuatro configuraciones constituyen idealizaciones –en el sentido de que hay características que provienen de los distintos profesores– pero también hay algunos aspectos ausentes que podrían mejorar la estrategia de enseñanza que el docente está privilegiando.

Ahora bien, si nos posicionamos en que “*el propósito esencial de todo sistema pedagógico es el de producir profesionales capaces de utilizar creativamente el conocimiento en la búsqueda de soluciones a los diversos problemas que enfrentan en el ejercicio de su oficio*” (Gómez, 1995, p. 136), pensamos que de las cuatro configuraciones en las prácticas docentes de Matemática que nos fue posible diferenciar, sólo las que se hallan centradas en la participación de los alumnos y en el establecimiento de múltiples conexiones entre contenidos son las que podrían conducir al logro de este propósito, en tanto se relacionan contenidos, se efectúan reflexiones originales, se piensa en términos críticos, se exponen distintos puntos de vista, se identifican razones y motivos, se crean planes, propuestas y métodos, entre otras acciones.

Hacemos la salvedad de que consideramos beneficiosa la configuración de clase centrada en el establecimiento de múltiples conexiones entre contenidos, siempre y cuando no presente como obstáculos la ausencia de respuestas y falta de participación de los alumnos ante los interrogantes que formula el docente. Asumimos que estos inconvenientes no son inherentes a la configuración de clase detectada, sino más bien a las características personales del docente que llevaba a cabo la estrategia y las concepciones y visiones que tienen los alumnos sobre la Matemática.

## Conclusiones

Como primera conclusión, podemos señalar la permanencia que tienen ciertas características definidas como “tradicionales” de la enseñanza de la Matemática en las prácticas docentes universitarias observadas, las que por otro lado vienen siendo reconocidas en diferentes investigaciones de Educación Matemática, entre ellas las de Carvalho (1989), Silva (1993) y Roulet (1998).

Como característica más notable, hallamos que los procesos de enseñanza de la Matemática se encuentran intensamente guiados por los profesores, basados tal vez en la creencia de que el alumno aprende viendo y el docente enseña mostrando. A su vez, las prácticas docentes han tenido como punto de apoyo y referencia los contenidos conceptuales –los que se presentaron alternadamente con los contenidos procedimentales– donde la función principal de los alumnos se circunscribe a tomar notas de los registros textuales que se dejan en la pizarra y las exposiciones que son realizadas por el profesor.

Dentro de esta estructura, estos elementos nos llevan a pensar que lo importante para los profesores es transmitir un conocimiento y lo favorable para el estudiante se restringe a recibir, grabar y ser capaz de repetir toda la información suministrada. Esto conduce al “camino del menor esfuerzo” –como lo designa Gómez (1995)– puesto que lo único que se requiere del docente es que conozca el tema y pueda medianamente comunicarse, y del estudiante que sepa escuchar e intente comprender. Debe recordarse que el modo de proceder del profesor produce efectos que dejan marcas y huellas, como lo señala Antelo (1999), y su estilo de enseñanza es el que lleva a que los estudiantes consoliden o reestructuren imágenes y visiones acerca de la Matemática, muchas de ellas contraproducentes y con factores negativos para su aprendizaje.

De nuestras observaciones y nuestros análisis también se desprende que ninguno de los profesores ha seguido taxativamente la planificación de la asignatura. Creemos que ha influido, por un lado, el hecho de que los profesores habitualmente redefinen los objetivos de sus prácticas docentes en función de las interacciones que se producen con los alumnos –lo que se realiza en cada contexto particular según lo estipulado por Skott (2001)– y la planificación de Álgebra que utilizaron fue confeccionada con anterioridad al comienzo del cuatrimestre, donde normalmente se contemplan estrategias metodológicas para una estructura ideal del grupo de estudiantes y con características uniformes para cada una de las comisiones. Por otro lado, también consideramos que ha tenido influencias la falta de consenso en los objetivos que se propusieron para la asignatura, los cuales, presumiblemente, terminaron siendo sólo una prescripción realizada desde la coordinación de la cátedra.

Considerando el nivel universitario, constatamos que las prácticas docentes de Matemática no conservan el sentido de uniformidad, en tanto los profesores desarrollaron configuraciones de clases diferentes, no privilegiaron de igual modo los contenidos matemáticos y asignaron fines particulares distintos a los procesos de enseñanza y aprendizaje que llevaron a cabo, siendo que trabajaron con una misma

planificación. Quizás la influencia de las distintas formaciones académicas que tienen los profesores haya influido en el tratamiento que hicieron de los contenidos conceptuales y procedimentales, y allí radiquen algunas de las diferencias encontradas.

Otra característica distintiva que hallamos en las clases universitarias de Matemática observadas deviene del hecho de que adolecen de una cantidad apreciable de aplicaciones y problemas relacionados con las Ciencias Económicas, puesto que las mismas se circunscribieron, en general, a un contexto abstracto de la Matemática.

Los problemas que plantearon los profesores fueron artificiales, en el sentido de que forman parte de la cotidianidad de la enseñanza de la Matemática, pero no se encuentran efectivamente en la vida real, por lo que los alumnos aprenden a utilizar las operaciones y los métodos que ellos involucran y no aprenden a resolver problemas de su futuro campo profesional.

En este punto, son claras las expresiones de Bassanezi (1994) cuando argumenta que la enseñanza debería profundizar el conocimiento de los estudiantes, motivándolos a enfrentar la Matemática no sólo como una ciencia en sí misma, sino como una herramienta que permita la comprensión y la posible modificación de la realidad, lo que por otro lado no fue apreciable en las prácticas docentes observadas.

Al igual que en el trabajo de Silva (1993), percibimos que en algunas prácticas docentes la acción pedagógica subyacente se fija en un hacer mecánico y acaba siendo identificada con ese hacer, donde el mecanismo en el tratamiento de los contenidos se explica en la búsqueda de lo “correcto” en detrimento de las situaciones motivadoras que ocurren en la clase. Creemos que esta visión también deviene de una concepción tradicional de la enseñanza de la Matemática, y sólo contribuye a consolidar en los alumnos la creencia en que la Matemática es una disciplina fría y austera que da poco espacio al juicio crítico y a la creatividad.

Escudero (2002) expresa que el docente debería dejar de plantear preguntas en las clases e invitar a los estudiantes a que las hagan ellos; pero esto demanda que procure que sus alumnos tengan la iniciativa de hacer preguntas, formular problemas y conjetas, presentar soluciones y utilizar argumentos matemáticos para determinar la validez de las afirmaciones que se plantean en la clase. No obstante, es de destacar que prácticamente ninguna de estas instancias estuvo presente en las prácticas docentes observadas.

Exceptuando la participación de los alumnos como estrategia de enseñanza, observamos que los estudiantes no se involucraron activamente en los

procesos de enseñanza y aprendizaje en las demás estrategias, lo que no resulta favorable para una eficiente construcción del conocimiento matemático. Asimismo, notamos que en las prácticas docentes del Profesor cuya estrategia de enseñanza privilegiada es el establecimiento de múltiples conexiones entre contenidos, los alumnos prácticamente no respondían a los interrogantes que realizaba el docente. Atribuimos esta ausencia de reacción de los alumnos a las solicitudes al ritmo apresurado que tiene el docente para realizar las exposiciones, las que al ser conjugadas con preguntas que exigían profundos análisis y reflexiones de los contenidos – sumado a espacios muy breves de espera para las respuestas– llevó a que no muchos alumnos tuvieran reales posibilidades de ser partícipes de la clase.

Finalmente, encontramos que los estudiantes entrevistados tienen por imagen de “buen profesor” aquél que explica incansablemente los ejercicios, brinda incontables ejemplos, presenta de manera sencilla los contenidos y prescinde de toda complicación en el tratamiento de los diferentes

temas. Es probable también que estas creencias y visiones hayan llevado a que marcaran preferencias hacia las clases donde la exemplificación era mayor, y a una desvalorización de aquéllas en las que se hacían múltiples conexiones entre contenidos o extensos desarrollos de contenidos conceptuales; en tanto el “mundo matemático” que les presentó cada docente estaba coincidiendo o alejándose del que conocían o al que estaban acostumbrados.

### Agradecimientos

A las Directoras de Tesis, M. Villarreal y C. Esteley, por sus contribuciones incansables en el diseño y la realización de la investigación, sus inestimables ayudas y valiosos consejos, los cuales han sido esenciales para la adecuada realización de este trabajo. A los profesores de Matemática de la Universidad Nacional de Villa María, que abrieron desinteresadamente las puertas de sus aulas, me brindaron su apoyo incondicional y confianza constante, e hicieron posible que se llevara a cabo el trabajo.

## Referencias

- ANTELO, E. (1999). *Instrucciones para ser profesor – Pedagogía para aspirantes*. Editorial Santillana, Buenos Aires.
- BASSANEZI, R. (1994) *Modeling as a Teaching – Learning Strategy*. En: *For the learning of Mathematics*. FLM Publishing Association, Vancouver.
- CARVALHO, D. L. (1989) *A concepção de Matemática do professor também se transforma*. Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- ERNEST, P. (1989) J. Educ. Teaching 15, No 1, 13-33.
- ESCUDERO, I. (2002) *El preguntar didáctico (lección magistral)*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid.
- GÓMEZ, P. (1995) *Profesor: no entiendo – Reflexiones alrededor de una experiencia en docencia de las matemáticas*. Grupo Editorial Iberoamérica, México.
- LITWIN, E. (1997) *Las configuraciones didácticas - Una nueva agenda para la enseñanza superior*. Editorial Paidós, Buenos Aires.
- PÓLYA, G. (1957) *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Doubleday, Garden City, New York.
- ROULET, G. (1998) *Exemplary Mathematics Teachers: subject conceptions and instructional practices*. Unpublished doctoral dissertation. Institute for Studies in Education of the University of Toronto, Ontario.
- SILVA, M. R. (1993). *Concepções didático-pedagógicas do professor-pesquisador em Matemática e seu funcionamento na sala de aula de Matemática*. Dissertação de Mestrado em Educação Matemática. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- SKOTT, J. (2001) J. Math. Teacher Educ. 4, No. 1, 3-28.
- SKOVSMOSE, O. (1999). *Hacia una Filosofía de la Educación Matemática Crítica*. Una empresa docente, Colombia.

# Calidad del aire en ciudades intermedias

S. E. Puliafito, D. Allende

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires,  
Medrano 951, (C1179AAQ) Buenos Aires, Argentina  
Investigador del CONICET

e-mail: [epuliafito@frm.utn.edu.ar](mailto:epuliafito@frm.utn.edu.ar)

Recibido el 15 de diciembre de 2005; aceptado, en versión revisada, el 10 de julio de 2007

## Resumen

Como en otras regiones del mundo, las ciudades hacen frente a un proceso creciente de urbanización, con su correspondiente congestión del tránsito, aumento en la contaminación atmosférica, y pérdida del espacio verde o agrícola. Inclusive desde el punto de vista de un posible cambio global climático, la quema de combustibles fósiles, la producción energética, la industria y el transporte, continúan siendo los principales emisores de carbono y otros contaminantes que afectan la calidad del aire. En este artículo se revisa el rol de la ciudad como principal emisor de gases de efecto invernadero y otros contaminantes que afectan la calidad del aire. Para ello se presentará primeramente un detalle del procedimiento metodológico para la confección de un buen inventario, en segundo lugar un balance de las emisiones principales y tercero un cálculo de la calidad del aire tomando como área de estudio las regiones metropolitanas del Gran Mendoza y Bahía Blanca. En particular se han elegido estas dos ciudades por poseer un programa de monitoreo de contaminantes, lo que permite una efectiva evaluación del inventario de emisiones y su impacto sobre la calidad del aire.

**PALABRAS CLAVES:** EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO, CALIDAD DEL AIRE, MODELOS DE DISPERSIÓN, CENTROS URBANOS.

## Abstract

Like in many other regions in the world, cities face an increasing urbanization process, with traffic congestion, increasing air pollution and loss of green and productive areas. Moreover, from a possible climate change point of view, the emissions from the energy production, the industry and the transport are still the main carbon emitters and other pollutants which affect the air quality. This paper reviews the roll of cities as main GHG emitters and other contaminants, which affect the air quality. Therefore three main sections are prepared, a first one shows a review of the methodology to prepare an inventory, a second section shows emissions calculation, and the third section presents the calculation of the corresponding air quality. We will present as case studies the Metropolitan area of Mendoza and Bahía Blanca. These two cities have been selected due to their existing monitoring program of main pollutant, which allows an effective evaluation of the emission inventory and its impact on the air quality.

**KEYWORDS:** EMISSIONS OF GREENHOUSE GASES, AIR QUALITY, DISPERSION MODELS, URBAN CENTRES.

## Introducción

La evaluación de la contaminación atmosférica urbana así como de las emisiones de efecto invernadero se basa en la preparación de buenos inventarios de fuentes. Dependiendo de la resolución temporal y geográfica deseada en tales inventarios, se pueden realizar dos tipos de cálculos complementarios: el método de arriba hacia abajo (top-down) y el método de abajo hacia arriba (bottom-up). En cualquiera de los métodos se necesita buena información sobre fuentes de emisión, de consumo de energía y datos meteorológicos. Los inventarios de emisión se pueden preparar según el tipo de fuente: así, por ejemplo, para las grandes industrias, se realiza a través de declaraciones juradas y cuestionarios sobre emisiones y consumos de energía, lo que se puede comprobar con mediciones "in-situ" en chimeneas. En cambio a los consumidores pequeños de energía se los trata como fuentes de área cuya emisión se calcula usando factores medios de emisión y consumo anual de combustible. Las fuentes móviles (vehículos privados, transporte de pasajeros y carga) se calculan por medio de factores de emisión que dependen del consumo de combustible total o a partir de los kilómetros anuales recorridos por el parque automotor total.

En este artículo se presenta en la primera parte, un resumen metodológico aplicado particularmente para las zonas urbanas, en una segunda parte presentamos una evaluación de las emisiones en dos centros urbanos, las ciudades de Mendoza y Bahía Blanca. Finalmente en la tercera parte mostraremos el impacto sobre la calidad del aire de estas emisiones, calculando las concentraciones ambientales a partir de la paliación de modelos de dispersión para ambas ciudades. Dividiremos, entonces, nuestro análisis en los siguientes aspectos:

### Descripción de la metodología utilizada.

Evaluación de las fuentes industriales y residenciales  
Determinación de la emisión total de los gases de efecto invernadero.

Aplicación de modelos de dispersión para simular la actual situación de la calidad del aire en la zona bajo estudio.

Una comparación del modelo con mediciones de calidad del aire.

## Metodología usada

### Determinación de las emisiones de contaminantes

#### Aspectos generales

Presentaremos a continuación una descripción de la metodología usada para la estimación de la emisión de contaminantes y gases de efecto invernadero.

Una explicación detallada de este método se puede encontrar en Puliafito et al (1999, 2000, 2003, 2005), y las agencias ambientales internacionales tales como EEA (la Agencia Ambiental Europea), USEPA (AP-42), o el Panel Internacional para el Cambio Climático. Estos métodos permiten el cálculo de la emisión de contaminantes tales como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), hidrocarburos volátiles no metánicos (NMVOC), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ), material particulado (PM10), hidrocarburos poliaromáticos (PAH), metales pesados tales como plomo (Pb), cromo(Cr), níquel (Ni), y otros.

Los factores de emisión y los inventarios de emisión han sido herramientas fundamentales para la administración y control de la calidad del aire. Las estimaciones de las emisiones son importantes para establecer las estrategias de control de emisión, establecer los programas de permiso, realizar la evaluación de impacto ambiental, y determinar estrategias apropiadas de mitigación. Cuando no se cuenta con mediciones realizadas sobre las propias fuentes de emisión, se usan factores de emisión promedios basados en la actividad de la fuente. Un factor de emisión es un valor representativo que procura relacionar la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a esa emisión. Estos factores se expresan generalmente como el peso del contaminante emitido dividido por la unidad de peso, volumen, distancia, o duración de la actividad que emite el agente contaminador (e. g., kilogramos de  $\text{NO}_x$  por toneladas de petróleo quemado). En la mayoría de los casos, estos factores son simplemente promedios de todos los datos que se encuentran disponibles y que tienen una calidad aceptable, y se asumen como representativos de los promedios a largo plazo para todas las instalaciones similares. Este factor puede ser obtenido, por ejemplo de los inventarios de las agencias de protección del medio ambiente, como por ejemplo en EUA el Manual AP42 de la EPA o en Europa el Manual CORINAIR.

La forma general para la estimación de la emisión a través de factores de emisión es:

$$E = A \times F \times (1 - C / 100) \quad (1)$$

donde,

$E$  emisión total de contaminantes: g de contaminantes por unidad de tiempo,

$A$  tasa de actividad, por ejemplo, kg anuales de combustible consumido,

$F$  factor de emisión, (por ejemplo g de contaminantes emitidos por kg de combustible anual utilizado),

$C$  eficiencia promedio de reducción de contaminantes en dispositivos de control, en %.

La tasa de actividad  $A$  puede expresarse también como la producción anual de la industria, por ejemplo, toneladas de cemento anuales; entonces el factor de emisión  $F$  se expresará como g de contaminantes emitidos por tonelada de producto producido. La selección de uno u otro caso dependerá del objetivo de estudio o de los datos disponibles. Cuando se realiza el inventario de una empresa, existen dos tipos de emisiones típicas, una la producida por el consumo de combustible, por ejemplo, en calderas, hornos, etc. Y la otra, la típicamente asociada a la producción propiamente dicha. Los factores de emisión tratan de captar ambos casos. Por ejemplo para estimar la emisión anual de  $\text{NO}_x$  en una central eléctrica térmica, se pueden realizar dos cálculos:

Primero, estimar el consumo de combustible anual ( $\text{Tn/año}$ ) y después multiplicar por el factor de emisión apropiado (g de  $\text{NO}_x/\text{Tn}$  del combustible usado).

Alternativamente, se mide la emisión de  $\text{NO}_x$  en chimenea durante una hora, y después se multiplica esta tasa de emisión por la cantidad de horas operacionales de la central eléctrica ( $\text{hs/año}$ ).

Este segundo caso da una mejor valoración de la emisión total, sin embargo, como se dijo más arriba, esta información de detalle no está siempre disponible para todas las fuentes. La metodología llega a ser más específica según sea el tipo de fuentes: de punto, línea o área.

Fuentes de punto: también llamadas fuentes fijas; las emisiones se concentran en una chimenea, y su localización geográfica se determina exactamente. Es posible establecer los parámetros físicos de las fuentes, tal como la altura y el diámetro de la chimenea, la temperatura de salida, la velocidad de escape, y el volumen de gases o las partículas emitidas por unidad de tiempo, expresada normalmente como g/s.

Fuentes de área: son normalmente más pequeñas y difusas; se caracterizan a partir de un factor de emisión por unidad de área como  $\text{g}/(\text{s.m}^2)$ .

Fuentes lineales: Estas fuentes se utilizan para describir las emisiones de los vehículos en autopistas y rutas rurales con un flujo constante de vehículos, los factores de emisión se expresan en  $\text{g/km}$ .

### Cálculo de las emisiones de fuentes móviles

Para calcular las emisiones de fuentes móviles, y dependiendo de la información disponible se usan factores específicos de emisión para cada tipo de vehículo según sea su uso, tamaño, combustible, edad, peso, tecnología, etc. Por ejemplo se puede consultar el grupo 7, CORINAIR, (2003). Aquí también se puede utilizar alguno de los dos métodos descriptos previamente para estimar las emisiones de fuentes móviles, uno basado en el combustible

total consumido y el otro basado en la distancia anual recorrida por vehículo. Los vehículos diesel típicos emiten  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{HC}$ . De acuerdo con el primer método, las estimaciones totales de la emisión se pueden calcular usando la ecuación simple:

$$E_i = \sum_j (C_j \times F_{ij}) \quad (2)$$

donde,

$E_i$  emisión de contaminantes  $i$  [g de contaminantes por unidad de tiempo],

$C_j$  consumo de combustible del vehículo de la categoría  $j$  [kg de combustible por unidad de tiempo],

$F_{ij}$  factor de emisión específico para consumo de combustible, para el contaminante  $i$  del vehículo de la categoría  $j$  [g/kg comb].

El segundo se basa en el siguiente esquema de cálculo:

$$E_{ijk} = N_j \times L_{jk} \times F_{ijk} \quad (3)$$

donde,

$E_{ijk}$  emisión del contaminante  $i$  [g/año], producido por vehículos de la clase  $j$  en caminos de jerarquía  $k$ ,

$N_j$  número de vehículos [veh.] de la clase  $j$ ,

$L_{jk}$  kilómetros anuales recorridos [km/(veh. año)] por vehículos de la clase  $j$  en caminos de jerarquía  $k$ ,

$F_{ijk}$  factor de emisión promedio [g/km], para el contaminante  $i$ , del vehículo clase  $j$ , circulando en caminos de jerarquía  $k$ ,

$i$  contaminantes como  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{NO}_x$  y otros,

$j$  tipo o clase de vehículo según sea su tamaño, uso, combustible, etc.,

$k$  tipo o jerarquía de calles y avenidas: primarias, secundarias, urbanas, rural, autopistas.

Debe notarse, que los factores de emisión se especifican para cada tipo de contaminante considerado, tipo de vehículo, tamaño, tecnología y combustible. Por otra parte el mismo vehículo emitirá diferentemente dependiendo del tipo de camino, de velocidad media y de su temperatura de trabajo. Para las emisiones de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  entre otros), el IPCC (IPCC, 1996) sugiere el método basado en el combustible consumido.

## Cálculo de las emisiones de fuentes industriales

La evaluación de las emisiones a la atmósfera de fuentes puntuales se basa en el consumo total del combustible y en la producción anual de la actividad, según se expresó en la Ecuación (1):

$$E_i = \sum_j A_j \times \left( \sum_k F_{ij} \times C_{ki} \right) \quad (4)$$

donde,

$E_i$  emisión del contaminante  $i$  [g/año],  
 $A_j$  tasa de actividad anual  $j$  o consumo anual de combustible [Tn/año],  
 $F_{ij}$  factor de emisión específico para el contaminante  $i$ , y combustible  $j$  [g/kg de producción o g/kg de combustible],  
 $C_{ki}$  eficiencia tecnológica en el control de las emisiones a la atmósfera.

## Cálculo de las emisiones de fuentes de área

Se tratan como fuentes de área aquellas fuentes puntuales de emisiones reducidas, muy numerosas y con una distribución geográfica amplia, cuyo tratamiento individual sería muy trabajoso, como por ejemplo, las emisiones residenciales, los vehículos circulando por calles terciarias, etc. También se incluyen entre las fuentes de área aquellas que emiten superficialmente, por ejemplo, la erosión del viento sobre pilas de material, lagunas de hidrocarburos, etc. Al igual que las otras fuentes se puede calcular la emisión total usando un factor de emisión promedio por área:

$$E_{ij} = \sum_j (\zeta_j \times F_{ij}) \quad (5)$$

donde,

$E_{ij}$  emisión de contaminantes  $i$  para el área tipo  $j$  [g de contaminantes por unidad de tiempo],  
 $\zeta_j$  superficie de la actividad  $j$  [ $m^2$  afectados por unidad de tiempo],  
 $F_{ij}$  factor de emisión específico del contaminante  $i$  para la actividad  $j$  [g/(s.m<sup>2</sup>)].

## Cálculo de las concentraciones ambientales

La evaluación del impacto de las emisiones se realiza a través del uso de modelos de dispersión atmosférica, por ejemplo: ISC3, AERMOD, CALPUFF que calculan la concentraciones ambientales a partir del inventario de emisiones e información meteorológica como temperatura, viento y estabilidad atmosférica. Estos programas fueron diseñados

especialmente para las fuentes industriales múltiples, pero también permiten su uso en fuentes de línea o de área.

## Modelos de dispersión para fuentes puntuales

Los modelos de dispersión para las fuentes puntuales industriales necesitan del ingreso de los datos preparados en el inventario: las tasas de emisiones, las dimensiones de la chimenea, la temperatura, flujo y velocidad de escape de las mismas chimeneas, y su posición geográfica específica. El programa de dispersión calcula los valores de concentraciones para cada celda (o receptor) de una grilla del área bajo estudio. La concentración ambiental en un receptor situado a una distancia ( $x, y, z$ ) de una fuente fija se calcula generalmente usando un pluma gaussiana bidimensional. La concentración  $C(g/m^3)$  para las coordenadas ( $x, y, z$ ) es:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{u} \frac{1}{\pi \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (6)$$

donde,

$Q$  (g/s) tasa de emisión de la fuente,  
 $x$  dirección del viento,  
 $H$  (m) altura eficaz de la chimenea,  
 $y$  distancia transversal a la dirección del viento en el plano horizontal,  
 $z$  altura del receptor sobre la tierra,  
 $u$  (m/s) velocidad del viento,  
 $\sigma_z$  (m) y  $\sigma_y$  (m) coeficientes de dispersión lateral y vertical respectivamente.

Estos coeficientes están tabulados y dependen de la clase de la estabilidad y de la distancia a la fuente  $x$  (Turner, 1970). Esta ecuación y los modelos de dispersión están suficientemente tratados en libros de textos y publicaciones. Sin embargo sólo haremos unas pequeñas consideraciones. Debe notarse que los modelos gaussianos representan una aproximación estadística, ya que la pluma varía en forma aleatoria instantáneamente de acuerdo a la dirección del viento. Sin embargo los valores medios horarios se aproximan a la función descrita en (6). Otro elemento importante es que el modelo gaussiano simple, Ecuación (6), no considera la combinación química entre los contaminantes, es decir, los gases y partículas se consideran inertes, y la validez del modelo a una distancia a sotavento no debe exceder los 25 kilómetros; estos modelos no consideran los aspectos microdinámicos locales en el receptor, por ejemplo debido a la influencia de los árboles, edificios, etc. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, los cálculos representan adecuadamente las concentraciones ambientales para promedios horarios, diarios, mensuales y anuales; y se usan

especialmente para determinar si el impacto de las emisiones de una fuente o conjunto de fuentes, esto es, las concentraciones ambientales calculadas, superan las normas de calidad del aire establecidas para los receptores seleccionados.

### Cálculo detallado para las fuentes móviles

La emisión total  $E_i$  para cada contaminante  $i$  se calcula, en forma más detallada, según la Ecuación (3) como:

$$E_i = \sum_k L_k \times \left( \sum_j F(m_i, k, v_j) \times N_{j,k} \right) \quad (7)$$

donde,

$F(m_i, k, v_j)$  factor de emisión es expresado como la masa de contaminante  $m_i$ ,  $v$  unidad de longitud y es una función de la velocidad  $v$  y del tipo de vehículo  $j$ , y del contaminante  $k$ ;

$N_{j,k}$  flujo de tráfico es expresado para cada segmento de calle  $k$  y tipo de vehículo  $j$ .

$k$  tipo de vehículo depende del combustible utilizado (GNC, gasoil, nafta) y de su uso (carga, particular, pasajeros).

Tres variables principales necesitan ser estimadas entonces, el flujo promedio en cada segmento y tipo de vehículo, la velocidad promedio y el factor de emisión específico. En un sistema de información geográfico (SIG), los segmentos de tipo línea en la base de datos representan una calle. En cada uno de esos registros se almacena la longitud y ancho de la calle, la cantidad de vehículos, la velocidad media, etc. Las calles son caracterizadas de acuerdo con tres jerarquías: a) primarias, incluyen los accesos principales a la ciudad y rutas inter-departamentales, b) secundarias o intra-departamentales, c) terciarias

o residenciales. Las jerarquías se eligen de acuerdo a su intensidad de tráfico, variaciones horarias y uso dominante.

La principal fuente de incertidumbre de este cálculo, está dada por el desconocimiento de la distribución real del número de vehículos en cada segmento. Aunque se utilizan conteos de tráfico y una encuesta origen-destino para calibrar los datos, es necesario usar un modelo de tránsito para asignar específicamente un flujo  $N$  y velocidad  $v$  apropiados a cada segmento. Para especificar  $N$  y  $v$  se usa distintos tipos de información, como la densidad de población de la ciudad y las localización de zonas comerciales, industriales, universidades y actividades de gobierno, las que producen centros de atracción del tráfico vehicular. Los conteos vehiculares y la correspondiente velocidad promedio del segmento muestran una cierta proporcionalidad como función de la distancia a los centros de atracción y a la jerarquía de la calle. Estas dos variables, la distancia y la jerarquía, se usan para computar el flujo vehicular y la velocidad en cada segmento, de acuerdo a los siguientes cálculos:

$$v(s, j, k) = V_0(j, k) \exp((1-d)/A) \quad (8)$$

$$N(s, j, k) = N_0(j, k) \exp((d-1)/B) + N_1$$

donde,

$v(s, j, k)$  (km/h) velocidad en el segmento  $s$  de jerarquía  $k$ , y vehículos de la clase  $j$ ;

$N(s, j, k)$  número de vehículos  $k$ , que circulan por día por el segmento  $s$  de jerarquía  $k$ ,

$d$  distancia normalizada al área central ( $d=1$  en el área central,  $d=0$  en los límites del área bajo estudio),

$A$  y  $B$  coeficientes que se calibran con el conteo de tránsito.

La Tabla 1 muestra los datos usados para el Gran Mendoza.

Tabla 1. Coeficientes para el flujo vehicular y la velocidad de cada jerarquía.

Variable	Jerarquía					
	Primaria			Secundaria		Terciaria
<b>k</b>	110	120	130	210	220	310
<b>V<sub>0</sub></b>	60	40	40	30	25	20
<b>A</b>	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
<b>N<sub>0</sub></b>	40000	40000	27000	25000	20000	12000
<b>N<sub>1</sub></b>	2500	1000	500	300	300	300
<b>B</b>	0,36	0,3	0,3	0,27	0,17	0,25

Fuente: Elaboración propia.

Una vez preparado el inventario de todos los segmentos de calles, se procede a correr el programa de dispersión, aplicando los algoritmos de línea o área extendida. Esto es conveniente para las avenidas y accesos principales correspondientes a las jerarquías primarias o secundarias. Pero para las calles residenciales de la tercera categoría, es preferible tratarlas como fuentes de área, como se explicará en la sección siguiente.

### Cálculo de las concentraciones de contaminantes para fuentes de área

Cuando se desea estimar la contaminación en un centro urbano, uno se enfrenta a menudo con el problema de calcular el efecto acumulativo de numerosas fuentes pequeñas (áreas residenciales, pequeñas empresas, emisiones de vehículos, etc.), que se distribuyen sobre un área grande. En tales casos la tasa de emisión se expresa como un flujo medio de contaminantes por unidad de área ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}$ ).

Una posible solución es dividir el sector urbano en fuentes rectangulares. La concentración ambiente se puede calcular usando el modelo de dispersión gaussiana estándar aplicado para las fuentes de área. Si un área tiene la dimensión  $D_y$  transversal al viento y dimensión  $D_x$  según la dirección del viento, la concentración viento abajo se puede calcular para un área infinitesimal  $dx' dy'$ , aplicando la ecuación de dispersión gaussiana para fuentes fijas, modificada de la siguiente forma:

$$C(x, y, z) = \frac{q}{\pi \times u} \int_0^{D_x} \frac{1}{\sigma_y \sigma_z} \exp\left(\frac{-z^2}{2\sigma_z^2}\right) \left[ \int_{-D_y/2}^{D_y/2} \exp\left(\frac{-y'^2}{2\sigma_y^2}\right) dy' \right] dx, \\ = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{q}{u} \int_0^{D_x} \frac{1}{\sigma_z} \exp\left(\frac{-z^2}{2\sigma_z^2}\right) \times \operatorname{erf}\left(\frac{D_y}{2\sigma_y \sqrt{2}}\right) dx \quad (9)$$

donde,

$q$  tasa de emisión de la fuente por unidad de área en  $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,

$\sigma_y$  y  $\sigma_z$  (m) coeficientes de dispersión lateral ( $y$ ) y vertical ( $z$ );

$u$  velocidad del viento (m/s) a lo largo del eje  $x$ .

$\operatorname{erf}$  función de error, y es una medida del área bajo la función de distribución gaussiana. Por ejemplo, el modelo de la EPA ISC3, utiliza un algoritmo similar a la Ecuación (9), inclusive para fuentes de área con diversas formas rectangulares, pero el tiempo de cálculo es muy grande comparado con el tiempo de procesamiento de las fuentes puntuales.

Para reducir el tiempo de cálculo se propone el siguiente algoritmo. La contribución de una celda particular a una grilla de dimensiones  $my' \times nx$  se

puede calcular aplicando las ecuaciones antedichas para una grilla rectangular básica con una tasa normalizada de emisión de  $1 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ . Usando un conjunto de datos meteorológicos, se pueden calcular diversos promedios temporales para esta grilla básica unitaria, por ejemplo promedios cada hora, diarios, mensuales o anuales o valores máximos. La concentración ambiente de la ciudad entera, de dimensión  $(L_x \times L_y)$ , será la convolución o superposición del patrón de la emisión de la celda

$$C(x, y, 0) = \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} E(\lambda, \tau) \times P(x - \lambda, y - \tau) d\lambda d\tau \quad (10)$$

donde,

$\lambda$  y  $\tau$  distancias máximas de los efectos considerados por la celda básica en la dirección  $x$  y respectivamente.

Normalmente la dispersión de las emisiones de un área está concentrada alrededor de la celda emisora, por lo que si se toman  $\lambda$  y  $\tau$  unas 15 a 20 veces el tamaño de la celda unitaria se habrá cubierto suficientemente el efecto de cada celda.

La ventaja de un plantear una solución para una grilla de emisiones, como el propuesto en (10), es que, para una condición meteorológica dada, cada celda contribuirá de la misma manera a las celdas vecinas pero escalada por la emisión de cada celda emisora. Este método de cómputo es más eficiente y su tiempo de cálculo es varias veces menor que los algoritmos usados estándares para cualquier forma de área.

## Resultados

Con el fin de mostrar la aplicación de los métodos arriba planteados mostraremos los balances de consumo de energía y emisiones para dos ciudades intermedias de Argentina: el área Metropolitana del Gran Mendoza y el Polo Petroquímico de la ciudad de Bahía Blanca. En el primero enfatizaremos las emisiones urbanas y vehiculares; y en el segundo caso describiremos las emisiones industriales de ese importante polo industrial.

### La ciudad de Mendoza

La ciudad de Mendoza ( $33^\circ\text{S}, 68^\circ\text{W}$ , s. l. de 750 m. a. N.) es la principal ciudad del oeste de la Argentina y capital de la Provincia de Mendoza. Su característica más distintiva lo constituye su clima árido en la mayoría de su territorio (con unos  $250.000 \text{ km}^2$ ) con precipitaciones menores a 220 mm anuales. La totalidad de la población de Mendoza vive distribuida en tres oasis artificiales (oasis norte, oasis central y oasis sur) irrigados por sus cinco ríos principales, todos con flujos medios anuales menores a  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ . El 70% de la población de Mendoza está situado en el Oasis Norte con alrededor de 900.000 habitantes. Está

formado por seis municipios: Ciudad de Mendoza (o departamento Capital), Las Heras, Guaymallén, Godoy Cruz, Luján y Maipú y tiene una extensión urbana aproximada de 370 kilómetros cuadrados y una densidad demográfica media urbana de 2800 hab/km<sup>2</sup>. La Provincia de Mendoza participa con el 4,5 % del PBI nacional, mientras que el área metropolitana alcanza los 2,5 %.

Las emisiones de carbono y contaminantes principales que afectan la calidad del aire provienen de cinco sectores: la producción energética, la industria, la agricultura, los sectores del servicio, residenciales y el transporte. Las principales actividades de estos sectores son: a) producción energética e industria, entre ellos una refinería de petróleo; una industria petroquímica; una empresa de ferroaleaciones, una central termo-eléctrica y una industria de producción de cemento; b) sector agrícola: Mendoza tiene una

actividad agrícola importante orientada a la producción vinos, aceite de olivas, frutas en fresco y verduras; c) sector de servicio: comercio, educación e institucionales; d) residencial: este sector ha tenido una gran expansión geográfica en la última década; e) transporte de mercancías y de pasajeros.

### **Consumo sectorial del Gran Mendoza**

#### **Sector industrial y energético**

Las Tablas 2 y 3 muestran el consumo de energía por sector y tipo de combustibles respectivamente. Dos sectores se presentan como consumidores principales: el de la energía, que incluye la producción y transformación energética y el sector del transporte. El sector rural consume principalmente electricidad o gas-oil para bombeo de agua subterránea y para el transporte de carga.

**Tabla 2. Consumo neto de energía secundaria por sector en Tera Joules.**

<b>Sector</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>
Producción de energía	15133	17540	17385
Residencial	5022	6970	9676
Rural	1293	1198	1307
Industrial	8812	8320	6051
Transporte	12978	12838	14143
Servicios	982	1569	2527
Total	44219	48435	51089

Fuente: Lavanderi et al, 2000; Argentina, 1999.

**Tabla 3. Consumo neto de energía por tipo de combustible en Tera Joules.**

<b>Combustible</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>
Gas natural	3418	1968	2400
Otras fuentes primarias	264	523	1391
Gas distribuido	2912	13446	21342
Gas licuado	1617	1476	1557
Gas de refinería	2575	4006	5088
Nafta C	3034	2144	2021
Nafta E	3082	2945	2522
Kerosene	740	563	279
Jet Fuel	1001	370	72
Gas Oil	7716	8425	8651
Diesel Oil	2534	456	0
Fuel Oil	11892	7016	2781
Carbón residual	6285	5864	2265
Electricidad	4671	5976	7571
Otros productos	1116	659	352
Total	52935	56219	59013

Fuente: Lavanderi et al, 2000; Argentina, 1999.

En el sector industrial, las actividades vitivinícolas son consumidoras bajas de energía, en cambio el consumo es mayor en las industrias de ferroaleaciones, cemento y petroquímica. La Tabla 4 muestra el consumo de combustible del sector de la producción de energía. Como puede verse, en la última década el gas natural participa con el 68% del combustible utilizado.

### Sector residencial

La Tabla 5 muestra el consumo de energía del sector residencial por tipo de combustible. Una vez más el gas natural se presenta como el combustible principal para la calefacción y cocina domésticos. Un alto porcentaje de usuarios de gas distribuido y electricidad se encuentran en el área central de la ciudad y en menor cantidad en el distrito norteño de Las Heras. Esto también muestra un estándar de

vida más alto en el área metropolitana central y meridional (Capital, Godoy Cruz y Luján) y menor en la parte norte del Gran Mendoza en el departamento de Las Heras.

### Sector transporte

El segundo emisor en Mendoza es el sector del transporte. Sobre 800.000 viajes en 1986 y 1.400.000 en 1998, el transporte público cubría el 53% de la demanda en 1986 y 37% en 1998, lo que evidencia un aumento importante en el uso de vehículos privados, aumentando la tasa de motorización. La demanda diaria de viajes usando los vehículos particulares alcanza el 39% (245.000) para el año 1986, sube al 41% (580.000) en 1998. El uso del vehículo creció en forma significativa alcanzando más de 200.000 vehículos matriculados para el área del gran Mendoza. En la Tabla 6 se

**Tabla 4. Producción de energía por combustible.**

<b>Combustible</b>	<b>1980</b>		<b>1990</b>		<b>2000</b>	
	<b>TJ</b>	<b>%</b>	<b>TJ</b>	<b>%</b>	<b>TJ</b>	<b>%</b>
Petróleo	10.784	71,3	6.814	38,8	2.793	16,1
Gas natural	2.377	15,7	8.090	46,1	11.761	67,7
Electricidad	877	5,8	1.237	7,1	1.811	10,4
Carbón	1.094	7,2	1.400	8,0	1.021	5,9
Total	15.133	100	17.540	100	17.385	100

Fuente: Lavanderi et al, 2000; Argentina, 1999.

**Tabla 5. Consumo de energía del sector residencial.**

<b>Combustible</b>	<b>1980</b>		<b>1990</b>		<b>2000</b>	
	<b>TJ</b>	<b>%</b>	<b>TJ</b>	<b>%</b>	<b>TJ</b>	<b>%</b>
Líquidos	646	12,9	475	6,8	264	2,7
Gas natural	3.553	70,7	5.344	76,7	7.799	80,6
Electricidad	820	16,3	1.150	16,5	1.614	16,7
Carbón	3	0,1	1	0,0	0	0,0
Total	5.022	100	6.970	100	9.676	100

Fuente: Lavanderi et al, 2000; Argentina, 1999.

**Tabla 6. Indicadores de uso de energía en el transporte.**

<b>Uso de energía</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>
Consumo neto total (TJ)	44219	48435	51089
Intensidad energética (kJ por unidad de PBI)	15252	17673	12117
Transporte privado per cápita (MJ/cap)	9649	7581	7208
Transporte público per cápita (MJ/cap)	1888	1483	1410
Transporte privado por pasajero transportado y km recorrido (J/km/pas)		2,4	0,9
Transporte público por pasajero transportado y km recorrido (J/km/pas)		0,1	0,2

Fuente: elaboración propia.

resumen los resultados a través de una serie de indicadores referidos al uso de energía en el transporte. Varios problemas importantes se asocian al uso de los vehículos particulares: a) la alta demanda de espacio que se necesita para circular y estacionar en el área central; b) la alta cantidad de accidentes y el aumento en la tasa de mortalidad por accidentes; c) el aumento de la contaminación por gases y partículas suspendidas.

El incremento en el uso de vehículos particulares ha favorecido las preferencias de vivir en distritos residenciales lejos del área comercial central. Lo que paralelamente ha generado la instalación de grandes centros comerciales y supermercados en las nuevas áreas residenciales, provocando una urbanización irregular. El servicio público de transporte de pasajeros funciona a través de un número reducido de compañías privadas con una concesión del Estado provincial. Esta concesión se renueva normalmente cada 10 años. El transporte público contó en 1994 con 920 unidades con más de 4 años de antigüedad. El transporte público sufrió desde entonces un continuo decrecimiento en la calidad del servicio. Este deterioro fue producido por una disminución de la demanda del transporte público y una falta de adaptación a las nuevas necesidades.

Las consecuencias han sido la pérdida de la calidad del servicio, el aumento de la contaminación debido al envejecimiento del autobús, llegando hoy a más de 10 años de antigüedad. Recién a comienzos del año 2006 se concretó la nueva licitación del sistema de transporte con la renovación de al menos la tercera parte de las unidades. El sistema público se basa 95% en los autobuses diesel mientras que solamente un bajo porcentaje lo conforman los trolebuses eléctricos. Estos trolebuses eléctricos son

operados directamente por una compañía estatal. En los años pasados el gobierno ha incrementado el recorrido de las líneas de trolebuses de 22 a 45 kilómetros e incrementado las unidades en servicio. Desde el punto de vista del consumo de energía, se aprecia en la Tabla 6 que un pasajero usando un transporte privado consume aproximadamente 1 J por km recorrido, mientras que un pasajero usando el sistema público consumo sólo 0,2 J. Aún para un sistema de transporte basado en combustible diesel, éste consume 5 veces menos que el auto particular. En vistas de la actual tendencia de crecimiento del parque automotor privado, y la extensión de la ciudad, éste indicador va a empeorarse, lo que significa un aumento del consumo de energía per cápita para el sector transporte. En cuanto a las emisiones de carbono, éstas no aumentarán en la misma proporción, sobre todo por la incorporación de nueva tecnología. El uso de gas natural tiene menores emisiones de CO<sub>2</sub>, CO e hidrocarburos pero mayores emisiones de metano.

### **Emisiones sectoriales de Mendoza**

En esta sección describiremos las principales tendencias en las emisiones de carbono para el área metropolitana de Mendoza. En la Tabla 7 puede verse que la producción energética y el transporte son los principales emisores, como así también que ambas emisiones han aumentado en el tiempo. El sector residencial forma un segundo grupo con la industria. Recordemos que la producción energética, el consumo de la industria y el sector residencial se basan principalmente en el gas natural. El transporte utiliza mayoritariamente combustibles líquidos y un porcentaje menor, gas natural.

**Tabla 7. Emisiones de dióxido de carbono (miles de Tn).**

Sector	1980	1990	2000
Energía	1.180	1.342	1.355
Residencial	299	404	576
Rural	95	88	96
Industrial	668	628	459
Transporte	973	953	1.061
Servicios	55	86	142
Total	3.270	3.500	3.689

Fuente: elaboración propia.

Las emisiones de CO son generadas por el proceso de la combustión incompleta y se relacionan de cerca con las emisiones del CO<sub>2</sub>. Éstos son más evidentes en el sector de transporte y la industria pequeña. Los procesos industriales más grandes y la producción energética tienen un control mejor de las emisiones del CO (Tabla 8).

Las emisiones del óxido del nitrógeno se producen principalmente durante procesos de combustión de alta temperatura. Las aplicaciones de gas natural como combustible principal producen altas emisiones de NOx (Tabla 9) siendo la industria, el transporte y la producción energética los emisores principales. A pesar del aumento en el consumo de energía, la mejora en los procesos tecnológicos ha producido

una disminución en las emisiones de NOx. Solamente para el transporte las emisiones han crecido, pero como lo analizaremos desde el punto de vista de la calidad del aire, esto responde al aumento del número vehículos y al envejecimiento del parque automotor.

Las emisiones de metano se presentan en la Tabla 10. Las fuentes de estas emisiones son el sector de transporte, principalmente por el uso del gas natural y en segundo lugar se presentan las emisiones provenientes de los vertederos de residuos urbanos y los tratamientos de aguas residuales. Otro sector importante viene de las actividades de la agricultura y ganadería en las áreas rurales. Puesto que estas actividades no son actividades urbanas propiamente

**Tabla 8. Emisiones de monóxido de carbono (enTn).**

Sector	1980	1990	2000
Energía	235	267	269
Residencial	47	64	91
Rural	776	721	784
Industrial	3.868	3.633	2.656
Transporte	64.888	63.532	70.713
Servicios	15	24	39
Total ES	69.829	68.240	74.553

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 9. Emisiones de óxidos del nitrógeno (Tn).**

Sector	1980	1990	2000
Energía	3.117	3.546	3.581
Residencial	246	331	473
Rural	776	721	784
Industrial	12.336	11.585	8.471
Transporte	5.191	5.083	5.657
Servicios	48	74	124
Total	21.714	21.340	19.090

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 10. Emisiones de metano (Tn).**

Sector	1980	1990	2000
Energía	12	14	14
Residencial	6	8	12
Rural	14	13	14
Industrial	12	12	8
Transporte	1.947	1.906	2.121
Servicios	1	1	2
Total por Energía	1.992	1.954	2.172
Residuo + agua residual	9.642	13.013	18.579
Agricultura	1.024	951	1.035
En.+agr+residuos	12.659	15.918	21.786

Fuente: elaboración propia

dichas, el impacto de las emisiones del metano en el perímetro urbano se concentra especialmente en el agua residual. Si comparamos las emisiones de metano per capita de la ciudad con las emisiones del país, se distingue claramente que mientras las emisiones por el uso de la energía son las fuentes principales en la ciudad, desde el punto de vista nacional las emisiones de la agricultura y ganadería contribuyen con el casi 40% de las emisiones de metano.

#### **Descripción del Polo Petroquímico de Bahía Blanca**

La ciudad de Bahía Blanca ( $38^{\circ} 44'$  de latitud sur y  $62^{\circ} 16'$  de longitud oeste), es una de las ciudades portuarias más importantes de la Argentina. La ciudad se presenta como cabecera del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, con una producción de base agrícola-ganadera, consolidándose como centro urbano proveedor de bienes y servicios para la zona circundante. Es centro de importantes empresas agroindustriales y del sector petroquímico, dando lugar a un proceso de industrialización que, en estos últimos años, se ha convertido en el motor dinamizador de la economía de la ciudad. La población estimada es de 300.000 habitantes, lo que representa el 2,4% del total de la población de la Provincia de Buenos Aires, donde se concentra un tercio de la población de Argentina. El 48,1% son varones y el 51,9% mujeres.

El clima de la ciudad es templado, subhúmedo con temperaturas moderadas y alta variabilidad. En el área de influencia se va tornando seco en dirección al oeste. La temperatura media anual es de  $15,1^{\circ}\text{C}$  con variaciones entre  $42^{\circ}\text{C}$  y  $-11,8^{\circ}\text{C}$ . Los meses de junio y julio son los más fríos con una media de  $7,25^{\circ}\text{C}$ , siendo enero el más cálido con una media de  $22,3^{\circ}\text{C}$ , lo que corresponden a los mínimos y máximos de radiación solar. La precipitación media anual de 620 mm, medidos durante la última década. Los meses más lluviosos son: marzo, octubre, febrero y noviembre. Los vientos predominantes son del sector N-NNW en un 23% de los casos, lo que se

explica por la presencia semi permanente del anticiclón del Sur. La frecuencia de vientos de la dirección ESE (6%) se explica por la influencia de la circulación diaria mar-continente. Durante los meses de invierno se intensifica la frecuencia de vientos del sector N-NW (34%) por el desplazamiento del anticiclón del Atlántico, mientras que en los meses de verano se reduce a un 18%. Las frecuencias en las intensidades de viento muestran un 30% entre 12 y 19 km/h, 26% entre 6 y 11 km/h y un 20% entre 20 y 28 km/h. Las ráfagas de viento pueden alcanzar de 29 a 49 km/h el 8% del tiempo, mientras que velocidades superiores a 50 km/h sólo ocurren el 0,05% de los casos. Los vientos más débiles, entre 2 y 5 km/h ocurren el 9% de los casos, mientras que situaciones de calma ( $<1,4\text{ km/h}$ ) se presentan sólo el 5%. Los vientos promedios son de 15 km/h, siendo los meses más ventosos febrero y diciembre ( $16,3$  y  $16,2\text{ km/h}$  respectivamente), mientras que abril, mayo y junio tienen las intensidades promedio más débiles ( $13,4\text{ km/h}$ ). La clasificación climática de Köppen modificada por Thornthwaite lo define como clima moderado de transición entre semi-húmedo y seco moderado, con lluvias todo el año, veranos secos e inviernos fríos del norte de Patagonia. Algo ventoso todo el año.

La calidad del aire en la zona de Bahía Blanca y el Puerto de Ingeniero White se halla fuertemente influenciada por la actividad industrial del Polo Petroquímico. La Municipalidad de Bahía Blanca ha establecido un programa de monitoreo de calidad del aire denominado Plan Integral de Monitoreo del Polo Petroquímico y Área Portuaria del Distrito de Bahía Blanca (P.I.M.), estableciéndose un Comité Técnico Ejecutivo (CTE) encargado de controlar la calidad del aire del Polo. Para ello se ha realizado un inventario de emisiones del Polo basado en mediciones de chimeneas y declaraciones juradas. Por otra parte, se mide la calidad del aire con dos estaciones de monitoreo en forma continua y automática. Los principales contaminantes controlados son CO (monóxido de carbono),  $\text{SO}_2$  (dióxido de azufre),  $\text{NO}_x$  (óxidos de nitrógeno), PM10

**Tabla 11: Indicadores de eficiencia**

Año	1980	1990	2000
Población (Hab.)	723.229	884.940	986.341
PBI ciudad (Mill U\$S)	4.474	4.285	6.368
Consumo de energía (1980-2000) TJ	44.219	48.435	51.089
Uso intensivo de energía (kJ por unidad de PBI)	11.832	13.121	9.267
Energía per cápita (TJ/Hab.)	61.141	54.733	51.797
Emisiones de $\text{CO}_2$ (Gg)	3.270	3.500	3.689
Intensidad de emisiones de $\text{CO}_2$ (g/U\$S)	730.970	816.774	579.283
Emisiones per cápita de $\text{CO}_2$ (Tn/Hab.)	5.286	4.493	4.087

Fuente: elaboración propia

(material particulado suspendido), NH<sub>3</sub> (amoníaco) y otros contaminantes específicos.

Las principales actividades del Polo Petroquímico de Bahía Blanca que impactan la calidad del aire provienen de las siguientes empresas: a) *Termoeléctrica* es una central térmica de generación de electricidad de 320 MW diseñada originalmente para uso con carbón, pero actualmente funciona con gas natural y en los meses de invierno con diesel-oil y otros combustibles líquidos; b) *Petrobras* es una refinería de petróleo que produce principalmente combustibles líquidos y asfaltos; c) *Cargill* es una planta concentradora de cereales, con tres procesos que producen aceite vegetal, malta y otros productos derivados; d) *Profertil*, es una empresa que produce amoníaco y fertilizantes; e) *PBBPolisur* es el principal productor en Argentina de etileno y polietileno; f) *Mega* es el principal proveedor de etano a la planta de etileno de PBBPolisur. En PBBPolisur se producen numerosos productos para el uso en las industrias química, manufacturera y agrícola; entre ellos fertilizantes, solventes, lubricantes, aceites y detergentes. g) *Indupa*, es una empresa subsidiaria de *Solvay*, que produce soda cáustica, monocloruro de vinilo y policloruro de vinilo.

## Inventario de emisiones de Bahía Blanca

### Emisiones industriales

El total de contaminantes gaseosos emitidos por las fuentes fijas industriales es de 15.000 toneladas anuales, siendo en 18% de hidrocarburos, 15% de monóxido de carbono, 5% de material particulado, 29% de óxidos de nitrógeno, 19% de ácidos sulfúrico y 14% de otros contaminantes. La Tabla 12 presenta un balance de emisiones típicas en toneladas anuales distribuidas en las principales empresas del Polo. La Tabla 13 presenta el balance de emisiones de material particulado generado por el movimiento de cereal en las plantas del Consorcio de Gestión del Puerto: Cargill, Terminal Bahía Blanca, Moreno y la UTE. Según un informe estadístico del Consorcio de Gestión del Puerto obtenemos el siguiente movimiento de cereal para el año 2001. Para el cálculo de las emisiones de material particulado se utilizó un factor de emisión obtenido de diferentes Declaraciones Juradas de Efluentes Gaseosos y datos internacionales de emisión. Este factor contempla la emisión durante la descarga o carga de cereal y el traslado hasta un lugar de almacenaje. Las Empresas que operan en el Puerto de Bahía Blanca realizan esta operación

**Tabla 12. Emisiones de contaminantes (en Tn. anuales).**

Empresa / Emisión por	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	PM10
PROFERTIL	4.05	783.12	2.04	238.82
MEGA	1.17	166.22	2.73	0.05
PETROBRAS	237.50	1148.04	3427.00	168.50
PBB		1749.67		
TERMOELECTRICA		1777.29	0.05	19.94
CARGILL	41.66	31,5	0.05	2.70
INDUPA Solvay	17.97	0.51	0.01	50.08
INDUPA VCM	306.50	2.47	0.03	
Total	608.85	5627.32	3431.90	480.09
Porcentual	5.83%	53.85%	32.84%	4.59%

Fuente: (CTE, 2005)

**Tabla 13. Emisión de material particulado por movimiento de cereal (Tn /año).**

Empresa	Tránsito en Puerto tn/año	Factor de emisión g/tm	Tránsito en Planta tn/año	Factor de emisión g/tm	Total tn/año
TOEPFER	1621738	72			117
TBB	1786706	72			129
Cargill	1347558	72	206756	36	104
Moreno	761836	72			55
Total material particulado emitido por año					405

Fuente: (CTE, 2005)

dos veces ya que reciben el cereal, lo almacenan en silos, se acondiciona y luego es despachado por barco. En el caso particular de las oleaginosas, el factor de emisión no se duplica ya que el cereal solamente es descargado una vez. El factor de emisión usado es 36 g de MPT por Tn de cereal recibida o despachada. Por lo tanto se puede estimar la emisión de cada contaminante para cada empresa.

## Fuentes de área

Las emisiones residenciales y de pequeñas industrias (Tabla 14) se calcularon sobre la base del gas distribuido por red, consumido en la ciudad, que incluyen pequeñas industrias, hornos de panaderías, sistemas de calefacción de grandes establecimientos, etc. El consumo asciende a 135.000.000 m<sup>3</sup> en el año y representan 970 toneladas de contaminantes. Los hidrocarburos y el monóxido de carbono suman más de dos tercios del total de esta emisión.

## Emisiones del sector transporte

Los datos de Bahía Blanca para esta sección han sido tomados del informe del CTE, (2003 a). El Parque Automotor de la ciudad de Bahía Blanca está compuesto por 56.500 unidades menores y 15.026 unidades mayores (camiones, ómnibus, etc.). La antigüedad media del parque automotor es de 5 años. Respecto al combustible empleado en los automóviles el 79,5% es Nafta, el 8,2% es Gas Oil y 12,3% GNC. El combustible de los vehículos mayores

es en el 100% de los casos Gas Oil. El inventario de las emisiones fue realizado según dos criterios, cuyos resultados no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas: a) usando factores de emisión por combustible consumido y b) usando factores de emisión por kilómetro recorrido. El consumo de los distintos combustibles en Bahía Blanca durante el año 2001 fue de 43.981.000 litros de Nafta en sus distintos tipos, 35.285.000 litros de Gas Oil (no contemplando transito pesado fuera del tejido urbano) y 15.400.000 Nm<sup>3</sup> de GNC.

Para la evaluación de las emisiones del transporte aéreo y conforme a las directrices del International Panel Climatic Change (IPCC), se tomaron los aterrizajes y despegues como una unidad denominada Landing Take-Off (LTO), la cual considera todas las actividades en las proximidades del aeropuerto que ocurren a una altura inferior a los 900 m (se incluye ascenso, descenso y rodaje). En la siguiente tabla se indican las toneladas de los diferentes contaminantes generados por el transporte aéreo durante el año 2001. Para el transporte ferroviario se consideraron los arribos, partidas y maniobras de operación dentro del radio urbano de la ciudad.

Para la navegación se considera la entrada y salida de puerto de todos los buques, incluida la flota pesquera y los remolcadores. El cálculo se basa en el consumo de combustible para la navegación entorno al puerto. En la siguiente tabla se resumen

**Tabla 14. Emisiones de fuentes de área de Bahía Blanca.**

Contaminante	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	HC	PM10	CO <sub>2</sub>
Factores de Emisión	2500 mg/Kg	1324 mg/m <sup>3</sup>	0.56 mg/m <sup>3</sup>	0.5 %	107.31 mg/m <sup>3</sup>	1920000 mg/m <sup>3</sup>
Toneladas / año	240.98	202.50	0.0756	511.65	14.49	259200

Fuente: (CTE, 2005)

**Tabla 15. Emisiones del transporte en tn anuales.**

Contaminante	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	HC
T. Aéreo	97	17	2.4	68
T. Ferroviario	60	176	10.5	12.7
Navegación	143	454	44	32
T. Terrestre	16809	2472	180	1920
Total	17108	3119	236	2032

Fuente: (CTE, 2003)

las emisiones de los diferentes contaminantes generados a lo largo del año 2001.

El total de las emisiones de contaminantes generados por las fuentes móviles es de 22400 toneladas al año, de las cuales el 95 % corresponde a vehículos automotores. La incidencia del transporte aéreo y ferroviario es del 1% en ambos casos, representando el 3 % restante las emisiones de la navegación. Las dos terceras partes de las emisiones contaminantes generadas por las fuentes móviles corresponden al monóxido de carbono, seguido por los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos, en los que se incluyen compuestos perjudiciales para la salud (benceno,tolueno, xilenos, etc.)

### Comparación de las emisiones

El total de las emisiones fijas, móviles y domésticas de los contaminantes principales ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{HC}$ ) representa 38370 Ton/año, de las cuales las emisiones domésticas representan un bajo porcentaje respecto al total, debido a los reducidos consumos relativos y al uso mayoritario de gas natural.

Las fuentes fijas industriales consumen mayor cantidad de combustible que las móviles, sin embargo la adopción de nuevas tecnologías y el uso mayoritario de gas natural resultan en procesos de combustión más eficientes, con lo cual los niveles de contaminación son menores que los de las fuentes móviles. Por otro lado, las fuentes de emisiones fijas se encuentran a niveles elevados (20 – 140 m) respecto al suelo, favoreciendo de esta manera la dispersión de los contaminantes. En cambio, las móviles emiten a nivel del suelo y en áreas con algún grado de confinamiento dificultando de esta manera la dispersión de los contaminantes.

Si bien el  $\text{CO}_2$  no es un contaminante de la atmósfera (está presente en un 0,03% en la atmósfera limpia), es uno de los gases invernadero responsable del calentamiento global de la Tierra. La emisión global de dióxido de carbono es de 4.700.000 toneladas anuales. Las fuentes fijas industriales y la central termoeléctrica son las mayores contribuyentes (89%) de este compuesto debido a la alta demanda de energía. Las toneladas anuales de contaminantes emitidos resultaron en valores de concentración de aire ambiente aceptable. Recordemos que los

contaminantes básicos medidos ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) están muy por debajo de las Normas de Calidad de Aire de la legislación vigente, excepto para el material particulado suspendido PM10 que en ciertas ocasiones superó dicha norma.

### Calidad del aire

El impacto de las emisiones urbanas se traduce en un deterioro de la calidad del aire, es decir en el aumento de las concentraciones ambientales de los contaminantes principales. Una forma de evaluar este impacto es a través de una red de monitoreo de contaminantes. Tanto la ciudad de Mendoza como la de Bahía Blanca han establecido programas y estaciones de monitoreo con el objeto de realizar un seguimiento de la evolución de los principales contaminantes que afectan la calidad del aire. Mostraremos brevemente algunos elementos salientes del monitoreo local y finalizaremos con la aplicación de modelos de dispersión para ambas ciudades.

### Monitoreo en Mendoza

En la zona urbana de Mendoza, el Ministerio de Ambiente y Obras Públicas del Gobierno Provincial, a través de su Dirección de Saneamiento y Control Ambiental (DSCA) mide desde 1970 (para algunas estaciones) y desde 1990, para unas 15 estaciones, valores medios diarios de material particulado total (MPT) por el método de captura por filtro y reflectometría; óxidos de nitrógenos  $\text{NO}_x$  usando el método de la colorimetría de Griess y Salztmann; una vez por semana valores de 24 horas de plomo por el método de colorimetría por ditozona; y dióxido de azufre  $\text{SO}_2$  por el método de colorimetría de West y Gacke modificado por Pate. Por otra la Universidad de Mendoza tiene registros de negro de humo y PAH poliarómaticos mediante reflectometría; ozono superficial ( $\text{O}_3$ ) y óxido de nitrógenos ( $\text{NO}_x$ ) por quimioluminiscencia, monóxido de carbono (CO) por técnica de infrarrojo correlación de gas filtrado, usando instrumentos automáticos, además de parámetros meteorológicos y radiación solar global (Puliafito et al, 2003; Gob. de Mendoza). La Tabla 17 presenta los valores medios anuales de concentraciones ambientales para los contaminantes principales.

Tabla 16. Comparación de emisiones de Bahía Blanca.

Tipo	Emisión tn/año	Porcentual
Móviles	22400	58 %
Fijas	15000	39 %
Domésticas	970	3 %

Fuente: (CTE, 2003)

La Figura 1 muestra una serie mensual con los valores medios de partículas suspendidas totales en el centro de la ciudad. Es interesante observar la disminución profunda de partículas después de 1991 como ocurre con los  $\text{NO}_x$  pero menos acentuada. Esta reducción se debe a un cambio del sistema de transporte público ocurrido durante 1991. Una distribución mejor del transporte público, junto a mejores ómnibus y mejor tecnología, contribuyó a mejorar la calidad del aire en el centro de la ciudad. Entre 1992 y 1996 el parque automotor privado fue aumentado con vehículos nuevos, parcialmente debido a un buen cambio de la paridad dólar-peso y parcialmente

debido a un incentivo oficial para cambiar los viejos a través del "plan canje". Ambas circunstancias contribuyeron al aumento y al reemplazo de una parte importante del parque automotor.

### Resultados del monitoreo en Mendoza

Los principales resultados el monitoreo en Mendoza son:

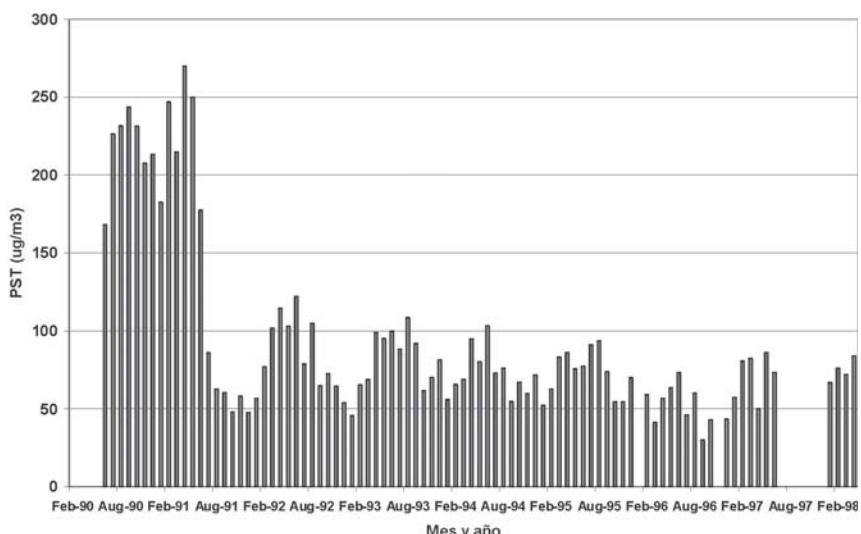
**a) Material particulado:** Existen varios emisores importantes de material particulado, tanto en el norte de la ciudad como en el sur. Al norte se destacan

**Tabla 17. Valores anuales medios de calidad del aire en Mendoza.**

Año	PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{NO}_x$ ppm	$\text{SO}_2$ ppm	Pb $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{O}_3$ ppm	CO ppm
1987	302,3	0,044	0,005	0,0029		
1988	331,3	0,046	0,004	0,0021		
1989	290,0	0,031	0,027	0,0021		
1990	225,5	0,047	0,008	0,0004		
1991	138,6	0,026	0,002	0,0003		
1992	84,1	0,020		0,0002		
1993	83,5	0,021		0,0003		
1994	72,0	0,028		0,0003		
1995	72,8	0,025		0,0003		
1996	54,9	0,034	0,002	0,0003	0,0251	
1997	66,8	0,040	0,004	0,0003	0,0224	
1998	77,2	0,033	0,003	0,0003	0,017	
1999		0,030			0,009	0,65
2000		0,052			0,020	0,41

Fuente: Puliafito et al, 2003; Gob. de Mendoza

Promedio mensual de material particulado en Mendoza (1990-1998)



**Figura 1. Material particulado en la ciudad de Mendoza.**

claramente dos industrias cementeras que usan hornos de tipo rotativo con dispositivos de control de partículas (filtro de bolsas y precipitadores electrostáticos). La emisión máxima diaria puede superar los 100 mg/m<sup>3</sup> cerca de las fuentes, en especial cuando los filtros no operan correctamente. En el área sur las empresas de aleaciones y de quemado de carbón son los principales emisores ya que no poseen ningún dispositivo de reducción de sus emisiones. Se estima que los niveles máximos horarios pueden alcanzar los 1500 mg/m<sup>3</sup> y más de 200 mg/m<sup>3</sup> para valores medios diarios cerca de las fuentes. En la zona residencial de Godoy Cruz, a diez kilómetros del parque industrial de Luján, los valores medios anuales de partículas pueden llegar a 30 a 40 mg/m<sup>3</sup>, en especial durante los meses de invierno. En general, para la zona central del Gran Mendoza, la influencia de las fuentes estacionarias no superan los estándares de calidad del aire. Las figuras 3 y 4 muestran los valores medios anuales y máximos mensuales respectivamente en la zona del parque industrial de Luján de Cuyo.

**b) Dióxido de azufre:** la fuente principal de SO<sub>2</sub> es la refinería, la que puede alcanzar valores máximos horarios de concentración ambiental de 100 µg/m<sup>3</sup> en la zona urbana de Mendoza, y más de 400 µg/m<sup>3</sup> en la zona de Luján. La mayor parte de estas emisiones son emitidas a través de la antorcha. Actualmente la refinería ha incorporado una planta de desulfuración Claus que permite la reducción de estas emisiones. En la zona urbana pueden alcanzarse valores máximos de 8 horas de aproximadamente 100 a 200 µg/m<sup>3</sup>, y valores medios anuales entre 20 y 40 µg/m<sup>3</sup>, dependiendo de su ubicación relativa. De acuerdo a los niveles de calidad de aire de Mendoza, sólo algunos sectores cercanos a la fuente pueden superar la norma.

**c) Óxidos de nitrógeno:** la central de energía eléctrica ubicada en Luján es el principal emisor de nitrógenos de las fuentes estacionarias, sin embargo éstas no exceden los estándares de calidad de aire. La norma diaria de nitrógenos de 0.1 ppm se superó tres veces durante las mediciones realizadas en la cercanía de la central eléctrica. Los valores medios diarios pueden alcanzar los 20 a 40 µg/m<sup>3</sup>. En las zonas urbanas los niveles de nitrógenos son producidos por las emisiones vehiculares.

**d) Ozono y monóxido de carbono:** De acuerdo a los valores medidos en los tres sitios, se superaron las normas de máximos horarios de 0,06 ppm de ozono. En el entorno de la central eléctrica éste alcanzó a casi el 90% de las horas medidas. La formación de ozono se produce a partir de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno presentes durante las horas de luz. La mayor fuente de producción son las fuentes móviles en la ciudad. El ozono allí producido se desplaza hacia el sur durante las horas de luz, y luego de noche vuelve a retornar hacia el norte. En presencia de cierto nivel de óxidos

de nitrógeno (NO) éste destruye el ozono. El balance medido es típico para distancias entre 10 a 20 km de las ciudades. Otra fuente de formación de ozono lo son sin dudas las numerosas fuentes de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno del Parque Industrial de Luján. Los valores de monóxido de carbono no superaron las normas horarias y en general estuvo por debajo de 1 ppm, alcanzando una vez el valor de 1,3 ppm.

### Monitoreo en Bahía Blanca

La Municipalidad de Bahía Blanca, a través del Comité Científico Técnico (CTE) realiza controles regulares de la calidad del aire a través de dos estaciones de monitoreo continuo que cuentan con los siguientes equipos: a) Un analizador continuo de monóxido de carbono por la técnica de infrarrojo correlación de gas filtrado con una resolución de 0,02 ppb (para 30 s de integración); b) Un analizador continuo de dióxido de azufre por fluorescencia continua y una resolución de 1 ppb (a 60 s); c) monitor continuo de PM10 por el método de microbalanza oscilante, con un límite de detección de 0,01 µg; d) un analizador continuo de óxidos de nitrógeno por quimiluminiscencia y una resolución de 1 ppb (a 60 s); e) analizador continuo de amoníaco por quimiluminiscencia y una resolución de 1 ppb (a 60 s). Otras determinaciones como el monitoreo de VOC y BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) se realizan por medio de muestras y analizados con cromatógrafo de gases PE-Photovac Voyager con un detector de fotoionización (PID) y columnas cromatográficas selectivas para los compuestos orgánicos volátiles (VOC). El límite de detección del cromatógrafo es de 0,01 ppm.

### Resultados del monitoreo en Bahía Blanca

Los principales resultados del monitoreo y su comparación a la norma vigente son los siguientes:

**a) Monóxido de carbono:** La Norma Provincial 5965 / Dec. 3395/96, establece valores límites de 35 ppm para 1 hora y 9 ppm para 8 horas. La presencia de monóxido de carbono (CO) en el período 1997 – 2005 no supera, en el área de Ing. White, en el 99% de los casos el valor promedio horario de 3 ppm, lo que representa el 8% del valor normado horario. En conclusión el CO se encuentra en el área de Ing. White muy por debajo de lo fijado por la reglamentación vigente.

**b) Dióxido de azufre SO<sub>2</sub>:** La Norma Provincial 5965 / Dec. 3395/96, establece valores límites de 500 ppb para 1 hora y 140 ppb para 24 horas y 30 ppb para un año. En el período 1997 - 2005, los promedios horarios de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el área de Ing. White fue, en el 99% de los casos, inferior a 112 ppb, como promedio horario, representando un 20 % del valor normado. En 2005 se redujo a 29 ppb horarios. La comparación con los

valores obtenidos en el centro de la ciudad de Bahía Blanca muestra valores similares, no evidenciándose una tendencia. En conclusión el SO<sub>2</sub> se encuentra, en el área de Ing. White, muy por debajo de la Norma de Calidad de Aire de la legislación vigente.

**c) Material particulado PM10:** La Norma Provincial 5965 / Dec. 3395/96, establece valores límites de 150 µg/m<sup>3</sup> para 1 hora y 50 µg/m<sup>3</sup> para un año. La presencia de Material Particulado inferior a 10 micrones (PM10) en Ing. White en el período 1997 – 2005, fue evaluada estudiando 20988 datos horarios validados. En el 90% de los casos los promedios diarios no superan los 149 µg/m<sup>3</sup>, a excepción del período Noviembre-Diciembre de 1998 donde se superó 11 veces la Norma de Calidad de Aire a consecuencia de los movimientos de suelo realizados en ese período con motivo del relleno generado en la zona de Cangrejales por las nuevas radicaciones industriales. En el año 2005 se registraron 7 valores entre 150 y 225 µg/m<sup>3</sup>. De la comparación con la zona Centro de la ciudad de Bahía Blanca surge que los promedios horarios son superiores entre 12 y 30 µg/m<sup>3</sup> en el Centro respecto de Ing. White, a excepción del mes de mayo de 1997. Dado el gran movimiento cerealero del Puerto, los valores de PM10 pueden superar los valores promedios diarios. Evidentemente, el PM10 es una de los parámetros más críticos de la zona portuaria.

**d) Óxidos del nitrógeno NO<sub>x</sub>:** La Norma Provincial 5965 / Dec. 3395/96, establece valores límites de 200 ppb (400 µg/m<sup>3</sup>) para 1 hora y 53 ppb (106 µg/m<sup>3</sup>) para un año. En el período 1997 - 2005 los promedios horarios de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) se obtuvieron en un 99 % debajo de 176 ppb, en el año 2005 se redujo a 118. En conclusión el NO<sub>x</sub> se encuentra, en el área de Ing. White, por debajo de la Norma de Calidad de Aire a excepción de 3

oportunidades durante la campaña de monitoreo del año 1999 (Figura 2).

**e) Amoníaco NH<sub>3</sub>:** La Norma Provincial 5965 / Dec. 3395/96, establece valores límites de 2590 ppb para 8 horas. El período de monitoreo comprende desde mayo 1999 hasta julio de 2002, durante el cual se tomaron 12984 promedios horarios diarios. En ninguna oportunidad se superó el Nivel Guía de Calidad de Aire de la legislación vigente (decreto 3395 reglamentario de la ley provincial 5965). No se efectuaron análisis estadísticos comparativos con otras zonas de Bahía Blanca porque durante el período de monitoreo de amoníaco la estación de monitoreo estuvo siempre instalada en el área de Ing. White. Se determinó que el intervalo de concentraciones del valor base de amoníaco, previo al arranque de las plantas de la firma Profertil es de 1 ppb a 51 ppb, con valores promedios máximos horarios de hasta 78 ppb. Posteriormente a las maniobras de arranque de las citadas plantas, los valores temporales de los máximos promedios reglamentados se ubicaron, durante 2006 en alrededor de 15 ppb (173 veces por debajo del valor regulado). En el año 2005 el máximo detectado para una hora fue de 53 ppb. En conclusión el NH<sub>3</sub> se encuentra, en el área de Ing. White, muy por debajo de lo fijado por la legislación ambiental vigente.

**f) Ozono O<sub>3</sub>:** La Norma Provincial 5965 / Dec. 3395/96, establece valores límites de 120 ppb para 1 hora. El máximo medido fue de 80 ppb en el mes de enero.

**g) VOC y BTEX:** De acuerdo a los datos presentados se pueden observar promedios mensuales entre 0,02 ppm y 0,05 ppm vientos arriba de la refinería de petróleo y 0,19 a 0,50 ppm vientos abajo de la misma. Por tanto se observa una diferencia de un orden de magnitud entre ambas ubicaciones.

Monitoreo NO<sub>x</sub> Ing. White 1997

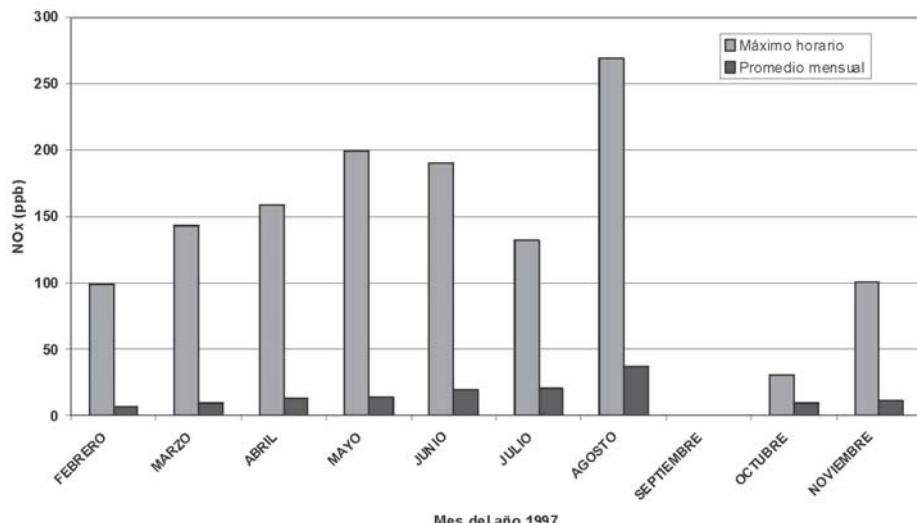


Figura 2. Promedios mensuales y máximos horarios de NO<sub>x</sub> en Ing. White.

**h) Cloruro de vinilo:** el CTE ha realizado un total de 4080 mediciones alrededor de las plantas productivas de PVC y VCM de Solvay Indupa. Recordemos que en el mes de abril, no se realizaron mediciones por encontrarse el cromatógrafo fuera de servicio. Del total de éstas 4080 mediciones, el 86.8% (3553 determinaciones) resultaron menores al límite de detección del método analítico empleado (0.025 ppm), mientras que en su complemento, el 13.2% (527 mediciones) obtuvimos valores que oscilaron entre 0.025 y 7.755 ppm. Ciertas direcciones de viento, (ONO – O – OSO – SO) obligaron al CTE a realizar mediciones sobre las áreas pobladas de Ingeniero White, en donde se realizaron un total de 664 mediciones, que representan un 16.3 % sobre el total de los datos semestrales. De estos 664 análisis, solo 67 resultaron en valores mayores al límite de detección lo que representa un 1.6 % sobre el total de los datos generales. La simulación de las emisiones del Polo Industrial de Bahía Blanca permitió obtener una distribución geográfica de la dispersión de los contaminantes provenientes del Polo y detectar las situaciones de mayor riesgo. Los datos simulados se compararon con las mediciones obteniéndose una adecuada correlación. Los principales impactos son las emisiones de material particulado en la zona portuaria, los niveles altos horarios de óxidos de nitrógeno y zonas localizadas con altos valores de VOC especialmente en el entorno de la refinería.

#### ***Aplicación de los modelos de dispersión***

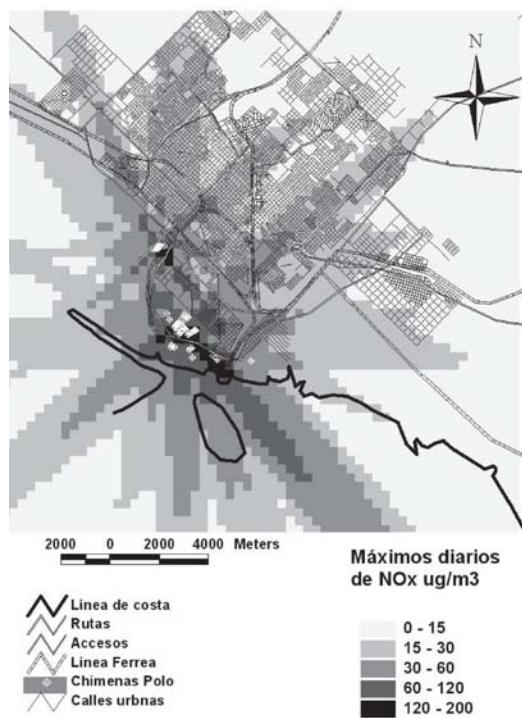
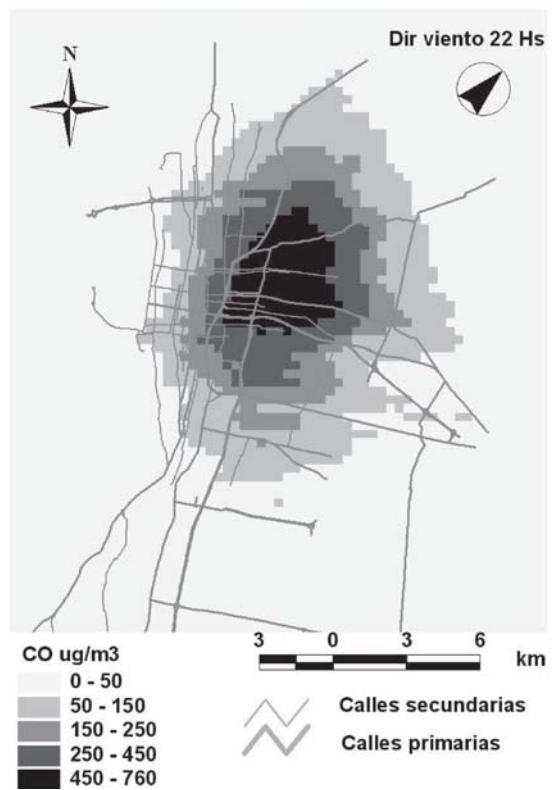
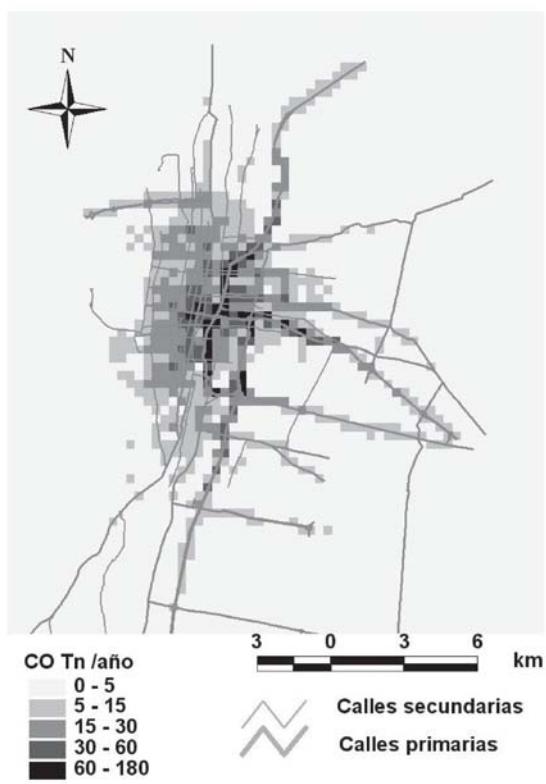
A fin de correr un programa de dispersión, es importante localizar las fuentes de emisiones, preparado en el inventario, según su ubicación geográfica. De esta manera tendremos un catastro de emisiones de fuentes puntuales, de línea o de área, según se explicó en la primera sección metodológica. Con este nuevo conjunto geográficamente distribuido elaboramos un mapa o grilla de emisiones de la ciudad. La Figura 3 muestra un catastro o mapa de emisiones para la ciudad de Mendoza.

Usando la información meteorológica local pertinente se puede proceder a calcular la concentraciones ambientales usando algunos de los programas de dispersión disponibles. En el ejemplo de la Figura 3 se muestra las concentraciones de contaminantes para el Gran Mendoza, calculados como fuentes de área, según se detalla en la ecuación (10). Los cálculos de los modelos de dispersión se calibran usando los datos del monitoreo para varios puntos de la ciudad. En la Figura 5 muestra los resultados de las simulaciones de calidad del aire en el entorno del Polo Industrial de Bahía Blanca. En este caso se usó un modelo de fuentes puntuales múltiples.

#### **Conclusiones**

La calidad del aire en un área determinada está influenciada por muchos factores: la meteorología, la orografía local, las emisiones naturales y las emisiones antrópicas. Estas emisiones envían a la atmósfera agentes contaminantes como el monóxido de carbono, los óxidos de azufre y nitrógeno, los oxidantes fotoquímicos, los hidrocarburos, y el polvo. La fuente principal de la contaminación artificial viene típicamente de la industria y el transporte, otras menores provienen de la actividad comercial y de las zonas residenciales. Esto se ve agravado por el incremento de la población urbana, el aumento en el consumo per cápita, especialmente de energía y demanda del transporte. El impacto principal de la contaminación del aire urbano se manifiesta no sólo como una degradación de la calidad del aire, sino que también se vincula a otros aspectos ambientales como la acidificación del agua y de los suelos, la reducción de la capa de ozono, la degradación del patrimonio cultural e histórico, entre otras. De hecho, muchas de las emisiones de contaminantes urbanos son gases que incrementan el efecto de invernadero, pudiendo afectar el clima globalmente. Por ello, teniendo en cuenta que el 47% de la población mundial vive en centros urbanos, una mejora en la calidad del aire contribuirá también a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta reducción producirá una mejora local casi inmediata del modo de vida urbano, y una estabilización de las concentraciones globales de carbono en la atmósfera a largo plazo.

El presente estudio tiene un triple objetivo: primero uno metodológico, indicando los procedimientos necesarios para la realización de un buen inventario de emisiones junto a una descripción de los algoritmos de dispersión disponibles para calcular el impacto de estas emisiones en la calidad del aire. El segundo objetivo es mostrar, a través de dos ejemplos para las ciudades de Mendoza y Bahía Blanca, los esfuerzos notables ambientales que se realizan en estas ciudades a través de programas de monitoreo regular y control de la calidad del aire. El tercero, finalmente, es impulsar la realización de un Programa Nacional de Calidad del Aire, con el objeto de realizar un Atlas Ambiental de la República Argentina. En este sentido el autor ha propuesto a las autoridades de la Universidad Tecnológica Nacional la ejecución de un Proyecto Integrador para la Mitigación de la Calidad del Aire (PROIMCA) con la participación de varias Facultades Regionales a fin de impulsar este tipo de estudios a otros centros urbanos nacionales.



## Referencias

(Argentina, 1999). *Revision of the First National Communication Inventory. Secretariat for National Resources and Sustainable Development.* October 1999. Country Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change (IPCC).

CORINAIR (2003): *Atmospheric Emission Inventory Guidebook*, 3rd Edition, September 2003 Update, Mike Woodfield and Kristin Rypdal (Editors), EMEP, Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants in Europe, The Core Inventory of Air Emissions in Europe, European Environment Agency.

CTE (2002), *Calidad del Aire en Ing. White. Plan Integral de Monitoreo del Polo Petroquímico y Área Portuaria del Distrito de Bahía Blanca (P.I.M.)*, Setiembre 2002.

CTE (2003 a), Meder R. ; López F.: *Inventario de Aportes Directos originados en el Polo Petroquímico. Plan Integral de Monitoreo del Polo Petroquímico y Área Portuaria del Distrito de Bahía Blanca (P.I.M.)* 2ra Auditoría Semestral, Julio de 2003.

CTE (2003 b), Pagani M.; Vaschetti G.; Culaciatti L.; *Monitoreo de Cuerpos Receptores: Atmósfera. Plan Integral de Monitoreo del Polo Petroquímico y Área Portuaria del Distrito de Bahía Blanca (P.I.M.)* 2ra Auditoría Semestral, Julio de 2003.

DEIE: Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas. Gobierno de Mendoza. [www.economia.mendoza.gov.ar/sitios/deie/informes/informes.html](http://www.economia.mendoza.gov.ar/sitios/deie/informes/informes.html).

INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Argentina. [www.indec.mecon.ar/](http://www.indec.mecon.ar/).

LAVANDERI. R.; GARCÍA. C.; HEREDIA. S.; YAÑEZ. S. (2000) *Prospectiva a largo plazo de la demanda energética total y por fuente en la Provincia de Mendoza*. Informe al Consejo Federal de Inversiones (CFI) Noviembre 2000. Ministerio de Ambiente y Obras Públicas. Gobierno de Mendoza: [www.ambiente.mendoza.gov.ar/](http://www.ambiente.mendoza.gov.ar/)

PULIAFITO, E.; PULIAFITO, C.; HERBARTH, O.; RICHTER, M.; QUERO, J. (2000): "Change from car to tram. A prognosis to expected effects on air pollution". in *Air Pollution VIII, Serie Advance in Air Pollution-* Vol. 8, pp 201-210, J. Longhurst, C. Brebbia, H. Power, (Eds.), Editorial Witt Press, Southampton, Boston, Computational Mechanics Publications, 2000.

PULIAFITO, E.; GUEVARA, M.; PULIAFITO, C. (2001): "Modelling air pollution in an industrial area using GIS as an assessment tool". in *Air Pollution IX, Serie Advance in Air Pollution-* Vol. 9, pp 529-538, G. Latini, C. Brebbia (Eds.), Editorial Witt Press, Southampton, Boston, Computational Mechanics Publications, 2001.

PULIAFITO, E.; GUEVARA M.; PULIAFITO C. (2003): Environmental Pollution 122, 105-117

PULIAFITO, E.; PULIAFITO C. (2005): "Monitoring and modelling air quality in Mendoza, Argentina". in *Regional and local aspects of air quality, Serie Advance in Air Pollution*. Vol. 12, p. 83-116, D. Elsom, J. Longhurst (Eds.), Editorial WIT Press, Southampton, Boston, Computational Mechanics Publications.

PULIAFITO, E.; CONTE GRAND, M.; CIVIT, B.; BOCHACA, F.; GAIOLI, F.; TARELA, P. (2005), "Mendoza and Buenos Aires" en Patricia Romero Lankao, Héctor López Villafranco, Angélica Rosas Huerta, et. al. (editores): *Can Cities Reduce Global Warming – Urban Development and the Carbon Cycle in Latin America*, IAI, UAM-X, IHDP, GCP. 2004, p. 39-63.

ROMERO, P.; PULIAFITO, E.; LEÓN. A.; CONTEGRAND, M. (2005): "Can cities reduce global warming? Urban development and carbon cycle in Latin America", *IHDP newsletter update 02/2005*, International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, p. 16-17, ISSN 1727-155x.

# Velocidad de la onda del pulso medida con un prototipo experimental: bases para un estudio longitudinal

S. Graf \*, F. Pessana \*, D. Craiem \*, C. Galli \*, R. Armentano \*#

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires,  
Medrano 951 (C1179AAQ)  
Buenos Aires, Argentina.

Recibido el 7 de febrero de 2007 ; Aceptado el 20 de julio de 2007

## Resumen

Los estudios epidemiológicos y seguimientos clínicos son necesarios para cuantificar los parámetros estructurales y dinámicos de las arterias. Ellos son importantes predictores de enfermedades vasculares, que son un problema de salud que involucra aspectos sociales y económicos. La medición de la Velocidad de la Onda del Pulso es una técnica simple, confiable y reproducible, que puede ser determinada en forma no invasiva en pacientes ambulatorios. El propósito de este trabajo es describir un prototipo portátil desarrollado para medir la Velocidad de la Onda del Pulso en una población numerosa y analizar la posibilidad de emplearlo en un seguimiento clínico alejado.

**PALABRAS CLAVE:** RIGIDEZ ARTERIAL - ESTUDIO NO-INVASIVO - PREVENCIÓN CARDIOVASCULAR - ENFERMEDAD VASCULAR - EQUIPO PORTÁTIL

## Abstract

Epidemiological studies and clinical trials are needed to determine values of structural and dynamic arterial wall parameters. These are very important predictors of vascular disease that not only is a health problem but also is a social and economic concern. Pulse Wave Velocity is a simple, reliable and reproducible technique that can be determined non invasively in ambulatory patients. The purpose of this work is to describe a portable prototype developed to measure the Pulse Wave Velocity in a large sample of ambulatory patients and to analyse the possibility to be used in a clinical follow up.

**KEYWORDS:** ARTERIAL RIGIDITY - NON-INVASIVE STUDY - CARDIOVASCULAR PREVENTION - VASCULAR DISEASE - PORTABLE EQUIPMENT

\* Grupo UTN: Investigación y Desarrollo en Bioingeniería

# Centro de Procesamiento de Señales e Imágenes, Facultad Regional Buenos Aires-Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.

## Introducción

Hay enfermedades de las arterias humanas que cursan con cambios estructurales capaces de modificar su función, en especial la de amortiguamiento de las ondas periódicas, que a razón de unos 1.25 Hz varían sus dimensiones a lo largo de toda la vida del individuo. Por otro lado, hay terapias que mitigan el proceso de endurecimiento vascular y por ello es importante controlar la evolución del mismo. Pero tal vez lo más importante sea descubrir los cambios de la rigidez arterial en forma precoz mediante la utilización de técnicas diagnósticas que permitan evaluar el estado de las arterias, que sean fáciles de utilizar, no invasivas y confiables (Armentano, 1994a; Armentano, 1994b).

Entre las distintas técnicas utilizadas para evaluar el daño vascular se encuentra la medición de la Velocidad de la Onda del Pulso, ampliamente utilizada en centros cardiológicos de avanzada y para la cual se precisa de desarrollos tecnológicos específicos que incluyen tanto Hardware como Software.

El objetivo del presente trabajo es describir un prototipo portátil desarrollado para medir la Velocidad de la Onda del Pulso en una población numerosa y analizar la posibilidad de emplearlo en un seguimiento clínico alejado. Asimismo, se resumirán los conocimientos existentes emanados de la utilización de la medición de la Velocidad de la Onda del Pulso.

## Antecedentes de mediciones de fenómenos biológicos

La Medicina es el “arte de curar con bases científicas” y para que dicha cura tenga lugar es imprescindible que exista un diagnóstico previo de la enfermedad, ya que en general los tratamientos son específicos para cada alteración en particular. Es a partir del Período Barroco que los médicos comienzan a complementar sus diagnósticos con la información que les daban dispositivos creados en otras áreas del conocimiento. Ejemplos de ello son el termómetro, desarrollado por Santorio Santorio y perfeccionado por Galileo Galilei, el cronómetro y la microscopía.

Ernst Heinrich Weber (1795-1878), aplicando la teoría ondulatoria de la circulación sanguínea y utilizando para ello modelos artificiales, demostró en 1850 que en las arterias las ondas esfígmicas se propagaban a mayor velocidad que el líquido sanguíneo. Ello fue incluido en su libro, escrito con la colaboración de sus hermanos: “Wellenlehre auf Experimente Gegründet” (Laín Entralgo, 1995).

En el siglo XIX, con la invención de la quimografía, técnica de registro de presiones y desplazamientos,

los fenómenos biológicos son estudiados utilizando conocimientos originados en la física y nace así la bioingeniería. Hermann von Helmholtz (1821-1894) fue profesor de fisiología y patología en Königsberg, profesor de anatomía y fisiología en Bonn, profesor de fisiología en Heidelberg y finalmente profesor de física en Berlín (1871). Sus contribuciones abarcaron la óptica, la acústica, la termoacústica, la electrodinámica, la fisiología y la medicina. Helmholtz es considerado el padre de la bioingeniería, disciplina que posteriormente se encargaría de lo referido a desarrollos tecnológicos para el estudio de la fisiología y para reemplazar funciones perdidas (Lyons Petrucci, 1987).

Es en el siglo XIX que se realizan las primeras mediciones de la Onda del Pulso, una técnica simple que consiste en medir la velocidad con la que se desplazan los impulsos cardíacos a través de las arterias del cuerpo humano. Tigerstedt encontró valores de la Velocidad de la Onda del Pulso a los que consideraba normales y otros que se presentaban como alterados, que siguen vigentes en la actualidad. El desarrollo, tan antiguo y tan útil en el presente, no tuvo mayor trascendencia en su época, entre otras cosas porque no existía noción de la importancia que tenían en la salud entidades tales como la hipertensión arterial (von Frey, 1911).

Al presente se considera que la Velocidad de la Onda del Pulso tiene un alto valor predictivo y capacidad de pronóstico por encima de los factores de riesgo tradicionales (Blacher, 2003). Además, la determinación de la Velocidad de la Onda del Pulso es un índice de la rigidez parietal aórtica de gran valor, habida cuenta que en un seguimiento de 1045 pacientes se llegó a la conclusión que era un predictor independiente de eventos coronarios primarios (Boutouyrie, 2002).

## Medición de la velocidad de la onda del pulso

Hacia 1775, Euler, estudiando la propagación de la onda de presión arterial, especuló con que tenía una velocidad finita y por lo tanto mensurable. Mas adelante, en el siglo XIX, Moens y Korteweg modificaron la fórmula desarrollada por Euler y encontraron relaciones entre la velocidad de la onda de pulso, la densidad de la sangre ( $\delta$ ), el diámetro (D), la elasticidad (E) y el espesor (h) de la pared arterial:

$$Vop = \sqrt{\frac{E \cdot h}{D \cdot \delta}}$$

En el año 1922, Bramwell y Hill (Bramwell y Hill, 1922) relacionaron la Velocidad de la Onda de Pulso con la compliance arterial<sup>1</sup>:

$$VOP = \sqrt{\frac{dP}{dD} \cdot \frac{D}{2 \cdot \delta}}$$

Esta expresión resulta de interés en la clínica, ya que a partir de la densidad de la sangre, la Velocidad de la Onda de Pulso y el diámetro arterial medio ( $D_m$ ) es posible calcular la compliance arterial de los pacientes (Armentano, 1991) como:

$$C = \frac{1334 \cdot D_m}{2 \cdot \delta \cdot VOP^2}$$

#### Método del desfasaje de tiempo o medición del "pie" de las ondas

El ventrículo izquierdo es la bomba cardiaca responsable de enviar sangre a todo el organismo a

través de las arterias. Es una bomba fásica y el pulso en ella generado sufre un retardo a medida que viaja a través del árbol arterial. En consecuencia, si se registra la onda generada por un solo impulso cardíaco en dos puntos diferentes de un mismo trayecto arterial se encontraría un desfase temporal. El mismo es mayor, en tanto la distancia entre ambos puntos lo sea. Por lo antes expresado, si se conoce el desfase temporal y la distancia entre los puntos de determinación de las ondas se podría conocer la Velocidad de la Onda del Pulso a partir de la siguiente fórmula:

$$VOP = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

en donde  $\Delta x$  es la distancia entre los puntos de obtención de las ondas y  $\Delta t$  el tiempo de desfase, tal como se ilustra en la Figura 1.

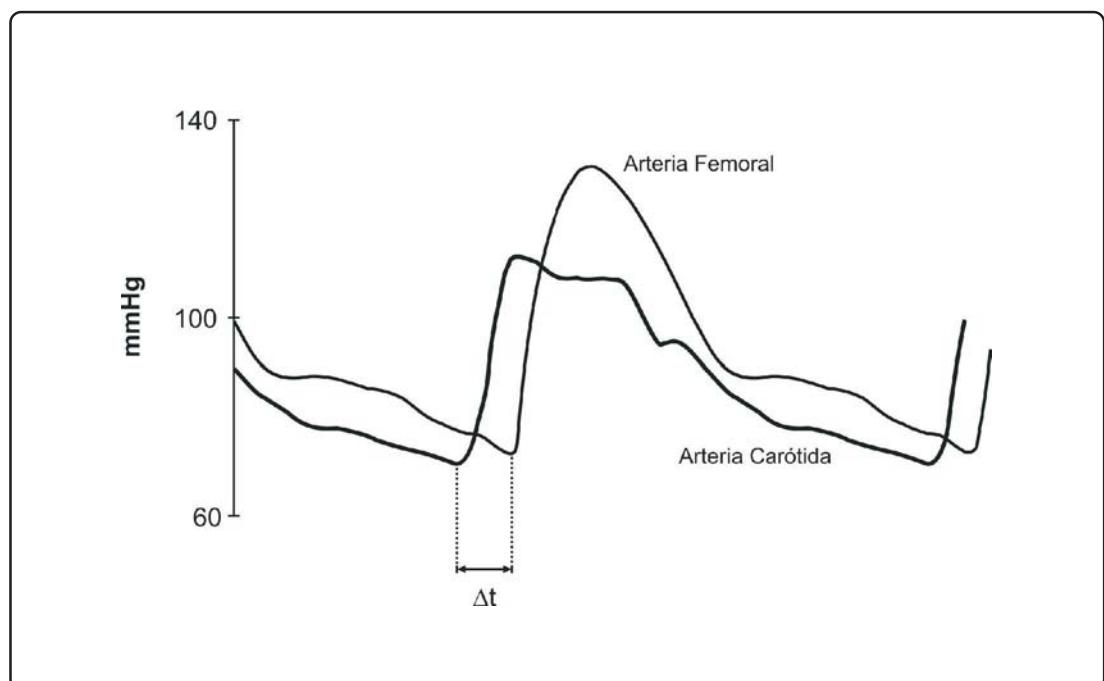


Figura 1. Un mismo latido cardíaco, a medida que avanza en la circulación sistémica es observado con un desfase en tiempo. También se producen cambios morfológicos. La Velocidad de la Onda del Pulso se obtiene midiendo el retardo ( $\Delta t$ ) entre los pies de ondas de presión arterial obtenidas a nivel carotídeo y femoral. Conociendo este tiempo, se lo relaciona con la distancia en metros entre los dos puntos de determinación de la onda del pulso (arterias carótida y femoral).

<sup>1</sup> La compliance arterial ( $C$ ; el término en castellano es complianza, pero es muy utilizado el término compliance, en inglés) se define como la variación de diámetro ante una variación de presión y se puede calcular derivando la señal del diámetro arterial respecto de la presión ( $C=dD/dP$ ).

Actualmente se emplean sensores especiales que permiten un estudio no invasivo y las señales obtenidas son digitalizadas por un conversor análogo/digital y almacenadas en el disco rígido de una computadora. Usualmente los trayectos arteriales más usados son los comprendidos entre la arteria carótida en el cuello y la femoral en el inicio de un miembro inferior. La distancia entre estos dos puntos se mide usando una cinta métrica, que se coloca encima de los lugares en los que se apoyaron los transductores.

Posteriormente, y usando distintas técnicas, se calculan los valores de la Velocidad de la Onda del Pulso usando las señales almacenadas.

El valor normal de la Velocidad de la Onda de Pulso se encuentra alrededor de los 7 m/s (metros por segundo) en personas normales y se halla aumentado en estados alterados.

### Prototipo desarrollado en la Facultad Regional Buenos Aires

Teniendo en cuenta los requerimientos que las técnicas diagnósticas deben reunir en la actualidad, se desarrolló un dispositivo electrónico para la medición de la Velocidad de la Onda del Pulso. Dicho sistema permite calcular el tiempo que demora la onda de presión en recorrer una distancia comprendida entre dos sensores de presión. Conociendo el valor de dicha distancia, el cálculo de la Velocidad de la Onda del Pulso se reduce a realizar el cociente entre ambos valores. El sistema consiste

en una PC provista de un software desarrollado bajo la plataforma Windows, conectada a través del puerto serie a un módulo de adquisición, al cual se le anexan dos sensores de presión (Figura 2).

Las señales son captadas mediante dos transductores mecanográficos de presión (respuesta en frecuencia de 0,04 - 300 Hz). El módulo de adquisición realiza el acondicionamiento y la digitalización de la onda de presión. La etapa de acondicionamiento está compuesta por un amplificador de instrumentación, un filtro notch de 50 Hz y un filtro antialiasing con una frecuencia de corte de 80 Hz. La etapa de adquisición es la encargada de digitalizar la señal y enviar los datos a través de una interfase RS-232 al puerto serie de la PC. Todo el proceso es manejado por un software, encargado además de realizar los cálculos.

Tal como se dijera anteriormente, la Velocidad de la Onda del Pulso se obtiene mediante el cociente entre la distancia entre los transductores de presión y el tiempo que tarda la onda en recorrer dicha distancia. Este tiempo se mide entre los puntos correspondientes al "pie" de cada señal de presión, ya que dicho punto corresponde al comienzo de eyeción y se lo considera libre de reflexiones y distorsiones. El "pie" se define como el punto al final de la diástole, cuando se inicia el aumento de la pendiente del frente de onda (O'Rourke, 1982). Es por ello que, luego de ingresar manualmente el dato de la distancia entre sensores (medido superficialmente), el programa identifica todos los latidos válidos, y determina el pie de cada onda en forma automática.



Figura 2. Prototipo de dispositivo para la determinación automática de la Velocidad de la Onda del Pulso desarrollado en la Facultad Regional Buenos Aires.

Los valores son presentados luego en una ventana de diálogo junto con su valor medio y su desvío estándar, en donde es posible también eliminar algún valor no deseado. Por último, a modo de validación visual, el pie de cada onda se grafica junto a las ondas mediante una línea de puntos. Esto permite suprimir algún latido en el que se considere que la detección fue errónea (Ver Figura 3).

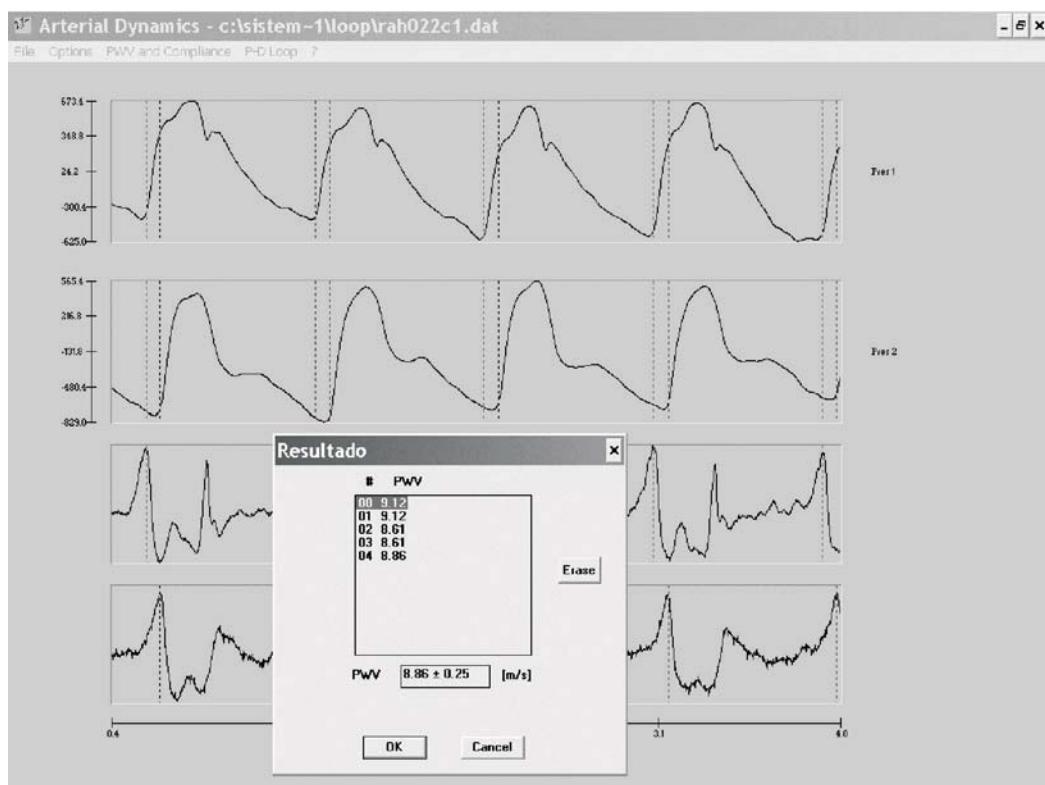
Para validar el sistema, se estudiaron 26 pacientes (Graf, 2000). Se colocaron a cada paciente los sensores en las arterias humeral y radial. Utilizando el sistema descripto anteriormente, las ondas de presión fueron digitalizadas a 1000 Hz durante un tiempo de 20 segundos y almacenadas en disco. Simultáneamente se registraron en papel continuo a una velocidad de 100 mm/s. Para cada latido se determinó, tanto en forma automática como manual, la separación temporal de las ondas de presión, así como el valor de la Velocidad de la Onda del Pulso.

La detección automática se realizó utilizando el programa, mientras que para la detección manual se procedió a reconocer los latidos en el registro en

papel. El método manual se caracteriza por encontrar el "pie" de la onda de presión mediante la intersección de la extrapolación hacia abajo de la parte ascendente de la onda de presión con la extrapolación de la última parte de la diástole de la onda precedente.

Los resultados mostraron que el desfasaje temporal de las ondas promedio medido en los 26 pacientes de  $53 \pm 12$  años (con un promedio de 5 latidos por paciente) fue de  $25,5 \pm 8,1$  ms para las mediciones realizadas con el programa y de  $25,4 \pm 8,6$  ms para el método manual, la Velocidad de la Onda del Pulso promedio fue de  $10,6 \pm 3,7$  m/s para el programa y de  $11,0 \pm 5,0$  m/s para el método manual, siendo no significativa la diferencia. El análisis de regresión lineal aplicado al desfasaje temporal medido por ambos métodos arrojó un coeficiente de correlación  $R = 0,9$ .

El prototipo fue también evaluado en personas voluntarias sanas, a quienes se midió la Velocidad de la Onda del Pulso entre las arterias carótida y femoral.



**Figura 3:** Pantalla del software en la cual se visualiza la identificación automática de los "pies" de cada onda así como los valores calculados de la Velocidad de la Onda del Pulso para cada latido.

## Comentarios

La utilización de métodos de diagnóstico complementarios es muy importante pero no suficiente para que redunde en un real beneficio en los pacientes afectados de patologías arteriales. Es preciso que la utilización de un dispositivo o técnica diagnóstica determinada demuestre que es capaz de reunir dos condiciones: sensibilidad y especificidad. La sensibilidad es la capacidad de un método de detectar una anomalía. Especificidad es la capacidad de un método de detectar lo que se desea estudiar y no otra cosa. Así existen casos en que un método es muy sensible, pero da positivo cuando hay alteraciones buscadas y también cuando se trata de las no buscadas. En el caso de la Velocidad de la Onda del pulso, Blacher y sus colaboradores (2003) publicaron los resultados obtenidos en 242 pacientes seguidos por un período de 78 meses. Esto significa que, en ese tiempo, efectuaban en forma periódica a los mismos pacientes la misma determinación de la Velocidad de la Onda del Pulso. El resultado es que se demostró por primera vez que la determinación de la Velocidad de la Onda del Pulso tenía un alto valor predictivo y una capacidad pronostica por encima de los factores de riesgo conocidos.

Existen métodos directos e indirectos para determinar no invasivamente la Velocidad de la Onda del Pulso en pacientes. Los métodos indirectos requieren la medición simultánea de señales arteriales de diámetro, presión y/o flujo arterial, y la aplicación de modelos. Generalmente requieren de equipamiento sofisticado, que los torna poco prácticos para su uso clínico. Los métodos directos, por el contrario, resultan mucho más prácticos. El método directo más utilizado para determinar la Velocidad de la Onda del Pulso consiste en el registro simultáneo de dos formas de onda del pulso separadas por un trayecto arterial conocido. Se obtiene como el cociente entre la distancia entre dos sensores de presión y el tiempo que demora el frente de onda en recorrer los dos puntos (O'Rourke, 1982).

## Conclusiones

El prototipo desarrollado en la Facultad Regional Buenos Aires para la medición de la Velocidad de la Onda del Pulso está basado en el método directo del desfasaje temporal, que consiste en medir el intervalo de tiempo entre dos puntos característicos de las ondas de presión. Los puntos característicos se miden cerca del pie de la onda de presión, ya que el "pie" se encuentra relativamente libre de reflexiones. El sistema implementado se basa en el uso de dos sensores de presión debidamente acondicionados y un software bajo sistema operativo Windows encargado del cálculo automático. Para validar el método automático, se registraron las formas de onda de 26 pacientes, en la arteria humeral y braquial, simultáneamente en papel y en la computadora. El método manual se consideró

como gold Standard. Al contrastar el método automático contra el método manual, el análisis de regresión presentó altos coeficientes de correlación y una distribución normal del error, sugiriendo que las diferencias entre los métodos son aleatorias y no debidas a errores sistemáticos. Esto lo convierte en una herramienta útil, eliminando la variabilidad y la subjetividad inherentes en el análisis manual de las ondas del pulso de presión arterial.

Por otra parte, las mediciones de Velocidad de la Onda del Pulso realizadas entre las arterias carótida y femoral de los voluntarios mostraron que el prototipo es capaz de realizar determinaciones con valores que concuerdan con las características de una población normal. Se destaca la sencillez con la que se pudieron realizar los registros de los pulsos arteriales mediante los dos sensores adosados para tal propósito (Ver Figura 2). La obtención de los valores de la Velocidad de la Onda del Pulso correspondientes a múltiples pares de pulsos tomados en el mismo voluntario, fue automática y dio la posibilidad de eliminar aquellos latidos en los que hubiera defectos técnicos de sensado.

Dos son los estudios que se deben realizar a partir de la etapa actual: (a) un estudio de repetibilidad en una población sana, (b) un estudio longitudinal en una población en la que se asegure la posibilidad de contar con el voluntario a lo largo de años de seguimiento. El primer estudio (a) está destinado a demostrar que el dispositivo tiene la capacidad de medir siempre el mismo valor cuando el substrato (las arterias de los voluntarios estudiados) tiene valores que pueden ser cuantitativamente estimados (si son normales se supone que la Velocidad de la Onda del Pulso sería menor de 10 m/s). El segundo estudio (b) estaría mostrando la evolución de las características de las arterias del voluntario estudiado a lo largo del tiempo.

## Referencias

- ARMENTANO, R. L.; BAGLIVO, H.; CABRERA FISCHER, E. I.; SÁNCHEZ, R. (1994a) *Hipertensión Arterial Limítrofe (Borderline). ¿Es un estado prehipertensivo? Implicancias Clínicas y Pronósticas*, 1a. edición, p. 51. Buenos Aires, Centro Editor de la Fundación Favaloro.
- ARMENTANO, R. L.; CABRERA FISCHER, E. I. (1994b) *Biomecánica Arterial. Fundamentos para su Abordaje en la Clínica Médica*, 1a. edición, p. 161. Akadia, Buenos Aires.
- ARMENTANO, R. L.; SIMON, A. C.; LEVENSON, J.; CHAU, N. P. H.; MEGNIEN, J. L.; PICHEL, R. (1991) Hypertension 18, 657.
- BLACHER, J.; SAFAR, M.; GUERIN, A.; PANNIER, B.; MARCHAIS, S.; LONDON, G. (2003) Kidney International 63, 1852.
- BOUTOUYRIE, P.; TROPEANO, A. I.; ASMAR, R.; GAUTIER, I.; BENETHOS, A.; LACOLLEY, P.; LAURENT S. (2002) Hypertension 39, 10.
- BRAMWELL, J. C.; HILL, A. V. (1922) Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 93, 298.
- GRAF, S.; PESSANA, F.; ARMENTANO, R.; MASSARO, D.; MASANET, S.; CORNES, P.; MURAD, C. (2000) *Desarrollo de un Sistema para la Medición Automática de la Velocidad de la Onda del Pulso Basado en Microcontrolador*. Anales XVII Congreso Brasileño de Ingeniería Biomédica, Florianópolis, p. 915.
- LAÍN ENTRALGO, P. (1995) Tomo 5: Ilustración y Romanticismo. La Fisiología empírica alemana de 1800 a 1850. Versión Electrónica de: Historia Universal de la Medicina.. CD-ROM ISBN 978844580670-8. Masson S A. Madrid, España.
- LYONS, A. S., PETRUCELLI, R. J. (1987) *Medicine, an Illustrated History*, p. 521, edited by Walton Rawls. Abradale Press, Hong Kong.
- O'ROURKE, M. F. (1982) *Arterial Function in Health and Disease*. Churchill Livingstone, New York.
- VON FREY, M. (1911) Die Bewegung des Blutes un der Lymphe. En: *Physiologie, Zweite Auflage*, p. 66. Verlag von Julius Springer, Berlin.



# **Diseño curricular por competencias: una oportunidad de mejoras para la carrera Ingeniería Química**

**G. C. Celma<sup>1</sup>, M. C. Gutiérrez<sup>1</sup>, L. Tulic<sup>2</sup>**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química, <sup>2</sup>Secretaría Académica  
Medrano 951, (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

e-mail: [info@quimica.frba.utn.edu.ar](mailto:info@quimica.frba.utn.edu.ar)

Recibido el 30 de mayo de 2007; Aceptado el 19 de julio de 2007.

---

## **Resumen**

Se ha elaborado una propuesta de competencias profesionales específicas para la carrera de Ingeniería Química que se desarrolla en la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional. A la luz de las mismas, se analiza el diseño curricular vigente a través de los distintos niveles de la carrera y de cada asignatura en particular.

**PALABRAS CLAVE:** CURRÍCULO, COMPETENCIAS PROFESIONALES, INGENIERÍA QUÍMICA.

## **Abstract**

A proposal of specific professional competences for the Chemical Engineering Programme developed at Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, has been elaborated. On these grounds, the present curricular design is analysed throughout the different levels of the programme, as well as of the each particular course.

**KEYWORDS:** CURRICULUM, PROFESSIONAL COMPETENCES, CHEMICAL ENGINEERING.

## Introducción

Desde la década del 80 han tenido lugar en la sociedad numerosos cambios, que influyeron notoriamente en la educación en todos los niveles. Entre ellos es posible destacar el incremento en la matrícula de estudios superiores, los cambios pedagógicos que traen como consecuencia una concepción distinta de los procesos de enseñanza y aprendizaje, el rápido desarrollo de la tecnología y la presión externa a las universidades para que rindan cuenta de sus actos ante la Sociedad.

Asimismo, los diferentes actores del medio educativo marcan, en el desarrollo de distintas carreras universitarias, falencias tales como:

- Planes de estudio extensos.
- Énfasis en la información, que resulta en muchos casos enciclopédica y obsoleta.
- Desarticulación entre los procesos de enseñanza y aprendizaje y la evaluación.
- Dicotomía entre la teoría y la práctica.
- Falta de integración de conocimientos durante el proceso formativo.
- Escasa relación entre la actividad académica y la inserción profesional.

Antecedentes del planteo de esta problemática pueden encontrarse en los documentos a los que dieron origen las Jornadas de Discusión Académica de la Universidad Tecnológica Nacional realizadas en Vaquerías- Argentina en 1988.

A partir de las consideraciones surgidas en las mismas, referidas a planes de estudio, y de los emergentes planteados por las diferentes Facultades Regionales y Unidades Académicas, se planteó la necesidad de explicitar lineamientos generales para la elaboración de un nuevo diseño curricular y una metodología acorde a efectos de solucionar los problemas mencionados:

El desarrollo del currículo basado en competencias puede proponerse como una alternativa educativa que intenta dar solución a las falencias mencionadas. "El movimiento de competencias es, en esencia, la búsqueda de la conjunción de la práctica y la teoría, lo vocacional y lo general-académico, y significa un desarrollo progresivo en el pensamiento educativo, que se hizo necesario por los cambios producidos en la fuerza de trabajo de las sociedades industriales." (Vázquez Esquivel, 2005)

Es importante destacar que existen en la bibliografía numerosas definiciones de competencias aplicadas al proceso educativo; lo esencial reside en analizarlas bajo la óptica de la conjunción teoría-praxis, es decir, el saber hacer con saber.

"En la actualidad, las competencias se entienden como la actuación eficaz en situaciones determinadas, que se apoyan en los conocimientos adquiridos y en otros recursos cognitivos" (Condemarín y Medina, 2000). Los autores consideran que esta definición es la que sintetiza con mayor claridad el concepto de competencia profesional desde la perspectiva educativa.

"El diseño curricular por competencias integradas para la educación superior es una opción que busca generar procesos formativos de mayor calidad, sin perder de vista las necesidades de la sociedad, de la profesión, del desarrollo disciplinar y del trabajo académico. Asumir esta responsabilidad implica que la institución educativa promueva de manera congruente acciones en los ámbitos pedagógico y didáctico que se traduzcan en reales modificaciones de las prácticas docentes; de ahí la importancia de que el docente también participe de manera continua en las acciones de formación y capacitación, que le permitan desarrollar competencias similares a aquéllas que se busca formar en los estudiantes" (Velásquez Montoya, 2005).

Esta nueva propuesta implica no sólo el reemplazo de objetivos por competencias; requiere de adaptaciones del currículo, participación de todos los docentes como actores que impulsan el cambio, evaluaciones basadas en la verificación de desempeño y, sobre todo, capacitación docente para enfrentar el currículo por competencias como un proceso de cambio.

El objetivo del presente trabajo es realizar una propuesta de competencias profesionales específicas para la carrera de Ingeniería Química que se desarrolla en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires - y analizar el diseño curricular vigente (Ordenanza 1028 del Consejo Superior Universitario) a través de los distintos niveles de la carrera y de cada asignatura en particular.

Es importante mencionar que el enfoque del diseño curricular se centra en el estudio de los problemas que han dado origen a la carrera y sostienen las actividades de la profesión. La carrera, pautada en cinco años, está organizada por grupos de asignaturas:

- asignaturas comunes (básicas de la ingeniería)
- asignaturas que abordan temas de ciencias básicas inherentes a la especialidad, temas básicos, temas específicos y temas de apoyo a la especialidad
- asignaturas integradoras, que conforman una línea curricular que se desarrolla a lo largo de la carrera y cuyos objetivos principales son:
  - Conocer los problemas del país y de la región en los que la ingeniería química puede colaborar en su solución.

- Relacionar e integrar los conocimientos dentro del nivel de estudio, que motivarán al alumno dando significación al aprendizaje.
  - Aprender la práctica profesional ejercitándola.
- asignaturas electivas

En este diseño curricular se acerca al alumno desde el inicio de sus estudios a las actividades propias de la profesión, por lo que el mismo alumno desempeña un rol activo protagonizando sus propios aprendizajes. Esta forma de enfocar el estudio conduce a la integración superando la tradicional separación entre teoría y práctica.

La distribución de las asignaturas por niveles es la siguiente:

**1º Nivel:** Integración I, Ingeniería y Sociedad, Álgebra y Geometría Analítica, Análisis Matemático I, Análisis Matemático II, Química General, Sistemas de Representación, Fundamentos de Informática

**2º Nivel:** Integración II, Probabilidad y Estadística, Química Inorgánica, Física I, Física II, Química Orgánica, Inglés I, Matemática Superior Aplicada

**3º Nivel:** Integración III, Termodinámica, Economía, Legislación, Mecánica Eléctrica Industrial, Físico Química, Fenómenos de Transporte, Química Analítica, Inglés II

**4º Nivel:** Integración IV, Operaciones Unitarias I, Tecnología Energía Térmica, Biotecnología, Operaciones Unitarias II, Ingeniería Reacciones Químicas, Control Estadístico Procesos, Organización Industrial

**5º Nivel:** Integración V-Proyecto Final, Control Automático Procesos, Práctica Profesional Supervisada

**Electivas:** Gestión de la Calidad, Diseño Estadístico de Experiencias, Química Analítica

Aplicada, Ingeniería de Instalaciones, Preservación Ambiental y Seguridad Laboral, Gestión y Tecnología Ambiental I, Gestión y Tecnología Ambiental II, Tecnología Alimentos I, Tecnología Alimentos II, Diseño de Equipos, Introducción a la Tecnología Nuclear.

## Desarrollo Metodológico

En primera instancia, es importante aclarar que el actual diseño curricular no está formulado por competencias, sino por objetivos. La elaboración del trabajo permitió detectar falencias y fortalezas en el plan de estudios vigente y en las cátedras, como así también comenzar a pensar en los métodos de evaluación que mejor permitan verificar el grado de cumplimiento de las competencias planteadas.

Para comenzar a definir las competencias específicas del Ingeniero Químico, el equipo de gestión del Departamento de Ingeniería Química estableció una metodología participativa, realizando reuniones con docentes de asignaturas pertenecientes a diferentes áreas de conocimiento. En la primera reunión se analizaron las actividades reservadas al título y el perfil del ingeniero químico tecnológico que figuran en la Ordenanza 1028/04 del Consejo Superior Universitario de la UTN y, sobre la base de las mismas, se definieron las dimensiones de competencias específicas.

Se formularon para la carrera cinco dimensiones de análisis de competencias:

- Tecnología
- Medio ambiente, seguridad e higiene
- Diseño
- Gestión, operación y normativa
- Comunicación

En reuniones posteriores se definieron las competencias correspondientes a cada una de las dimensiones de análisis, obteniendo los resultados que se observan en las Tablas 1 a 5:

**Tabla 1. Competencias específicas del egresado de la carrera de Ingeniería Química. Dimensión Comunicación**

Ítem	Descripción
1C	Demostrar capacidad para comunicarse con claridad, tanto en reuniones, como en presentaciones y documentación escrita incluyendo los sistemas de representación típicos de la ingeniería.
2C	Demostrar capacidad para realizar estudios bibliográficos y sintetizar resultados, incluyendo búsqueda de patentes, fuentes alternativas y contactos profesionales.
3C	Demostrar capacidad para aplicar y transferir la aplicación de herramientas informáticas a la resolución, la simulación y la optimización de equipos o procesos.
4C	Demostrar la capacidad de redactar informes, argumentarlos, y defenderlos ante diferentes audiencias, de opiniones diversas y contrarias.
5C	Demostrar capacidad para resolver problemas en equipo, integrando proactivamente en la solución la opinión de los otros.

**Tabla 2. Competencias Específicas del egresado de la carrera de Ingeniería Química. Dimensión Tecnología**

Ítem	Descripción
1T	Demostrar conocimiento y comprensión de los conocimientos de matemáticas, física, química, tecnologías básicas y aplicadas.
2T	Demostrar capacidad de aplicar los conocimientos de matemáticas, física y química en la resolución de problemas ingenieriles y de aquéllos derivados de su práctica profesional los conocimientos de matemáticas, física, química.
3T	Demostrar capacidad de transferir las tecnologías básicas, así como los desarrollos tecnológicos de avanzada y las tecnologías aplicadas en la resolución de los problemas derivados de una práctica profesional situada en los diferentes ámbitos de inserción.
4T	Demostrar capacidad de analizar sistemas utilizando balances de materia y energía, tanto en régimen estacionario como no estacionario, con y sin reacción química.
5T	Demostrar capacidad de realizar y ejecutar estudios y evaluaciones de la factibilidad de aplicación de sistemas con transferencia de masa, calor y cantidad de movimiento a aplicaciones específicas.
6T	Demostrar capacidad de manejo y comprensión de conocimientos que le posibilite realizar comparaciones y seleccionar las diferentes alternativas técnicas de procesos químicos, físico-químicos y biotecnológicos.
7T	Demostrar capacidad de evaluar y construir la viabilidad normativa, técnica operacional, económica financiera, organizacional y estratégica para las diferentes alternativas técnicas de procesos químicos, físico-químicos y biotecnológicos.
8T	Demostrar capacidad de especificar equipos e instalaciones aplicando los conocimientos de las ingenierías mecánica y de materiales.
9T	Demostrar manejo de conocimientos y capacidad para realizar estudios y cuantificación de la sostenibilidad de los proyectos de ingeniería.
10T	Demostrar comprensión de los conocimientos necesarios y capacidad para identificar las tecnologías emergentes y evaluar su posible impacto sobre los procesos actuales.
11T	Demostrar capacidad en el manejo de los recursos: humanos, tecnológicos, materiales y de tiempo como elemento esencial para garantizar la productividad en la práctica profesional.

**Tabla 3. Competencias específicas del egresado de la carrera de Ingeniería Química. Dimensión Diseño**

Ítem	Descripción
1D	Implementar programas estructurados de diseño de experimentos a escala laboratorio y planta piloto y analizar la validez de los resultados.
2D	Demostrar capacidad para realizar el diseño básico de equipos con transferencia de masa, energía, cantidad de movimiento, con o sin reacción química, e instalaciones de acuerdo con normas y especificaciones.
3D	Seleccionar y acotar las variables fundamentales que rigen los procesos.
4D	Analizar los procesos reales, establecer el modelo matemático y resolver problemas ligados a situaciones prácticas y a cuellos de botella en el proceso.
5D	Simular procesos y operaciones industriales.
6D	Diseñar sistemas de manipulación y transporte de materiales en cualquiera de sus estados físicos.
7D	Integrar diferentes operaciones y procesos, alcanzando mejoras globales.
8D	Establecer la viabilidad económica de un proyecto nuevo o de mejora de un proceso existente.
9D	Modelar procesos dinámicos y proceder al diseño básico de los sistemas de automatización y control.

**Tabla 4. Competencias específicas del egresado de la carrera de Ingeniería Química. Dimensión Medio Ambiente, Seguridad e Higiene**

Ítem	Descripción
1M	Demostrar la comprensión y el manejo de los conocimientos y la comprensión de los mismos para ejecutar procesos de evaluación e implementar criterios de higiene, seguridad y control ambiental aplicables a los procesos que diseñe, opere o tenga a su cargo.
2M	Demostrar capacidad de realizar la evaluación de impacto de las propuestas técnicas que desarrolle o formule, dentro del más amplio contexto social.
3M	Demostrar capacidad de promover e instalar, el uso racional de la energía y de los recursos naturales.
4M	Demostrar capacidad de controlar y supervisar los procesos de fabricación para que las producciones se ajusten a los requerimientos legales, de rentabilidad económica, calidad, seguridad e higiene, mantenimiento y medioambientales.
5M	Demostrar el desempeño para cuantificar las componentes ambientales de los proyectos de ingeniería, ofreciendo soluciones de minimización y tratamiento.

**Tabla 5. Competencias Específicas del egresado de la carrera de Ingeniería Química. Dimensión Gestión, Operación y Normativa**

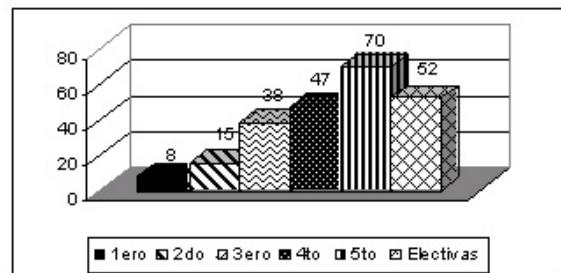
Ítem	Descripción
1G	Demostrar conocimiento, comprensión de procedimientos y capacidad para operar las instalaciones y equipos.
2G	Demostrar capacidad para realizar y coordinar proyectos de mejora e innovación tecnológica de procesos.
3G	Demostrar capacidad para planificar, ordenar y supervisar el trabajo en equipo.
4G	Demostrar capacidad para la toma de decisiones y el ejercicio efectivo de las funciones de liderazgo.
5G	Demostrar capacidad para ejecutar tareas de arbitrajes, pericias y tasaciones.
6G	Demostrar capacidad para realizar evaluaciones económicas, en cualquiera de sus grados de precisión, de diseños conceptuales o de plantas reales.
7G	Demostrar capacidad para realizar tareas y acciones de administrar y dinamizar los recursos humanos para favorecer el clima laboral, calidad de desempeño, aprovechamiento de capacidades y desarrollo profesional.
8G	Demostrar capacidad para ejercer el control y el seguimiento del mantenimiento predictivo y el mantenimiento correctivo de los procesos.
9G	Demostrar capacidad, manejo y aplicación técnicos, para realizar la definición y la gestión de programas de Calidad, Seguridad y Medioambiente de acuerdo con la legislación vigente.
10G	Demostrar la capacidad de resolver problemas organizacionales que impliquen tareas de negociación y resolución de conflictos e intereses en situaciones de poder compartido.

Una vez consensuadas y definidas estas competencias, se analizó el Plan de Estudios con el propósito de verificar si aquéllas se encontraban desarrolladas en el mismo.

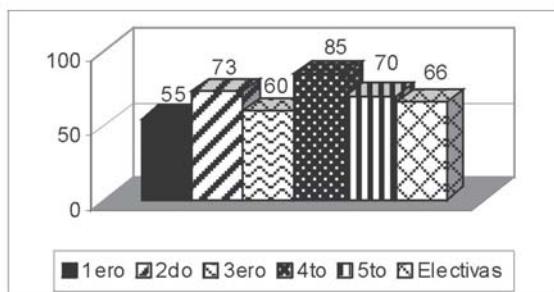
Este diagnóstico nos permitió detectar fortalezas y debilidades en el Plan vigente. Se confeccionaron tablas de doble entrada, para los distintos niveles de la carrera en las cuales se vincularon las diferentes asignaturas y competencias. A partir de las mismas se realizaron los gráficos (Figuras 1 a 5) en los que se indica el porcentaje de competencias cubiertas por nivel.

En ellos se puede observar que las competencias referidas a la Dimensión Comunicación se desarrollan, con un cierto grado de cumplimiento satisfactorio, a lo largo de todos los niveles de la carrera.

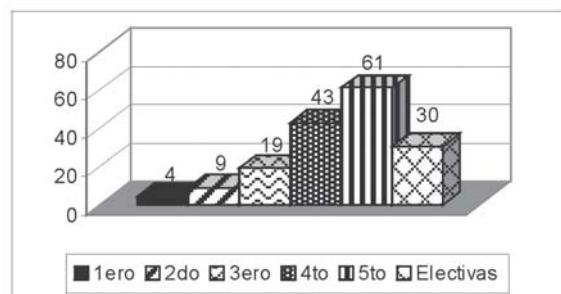
En cuanto a la dimensión Tecnología, en los dos primeros niveles de la carrera se observa un desarrollo apreciable en las asignaturas Integración I y II, este hecho es concordante con los objetivos de las mismas. A partir del tercer nivel, en general, hay un alto grado de cumplimiento. En la dimensión Diseño se observa una tendencia similar.



**Figura 2. Porcentaje de competencias cubierto en cada nivel para la Dimensión Tecnología**

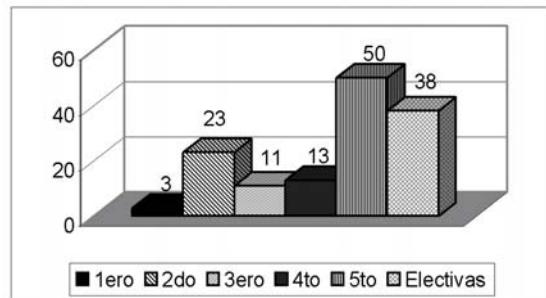


**Figura 1. Porcentaje de competencias cubierto en cada nivel para la Dimensión Comunicación**



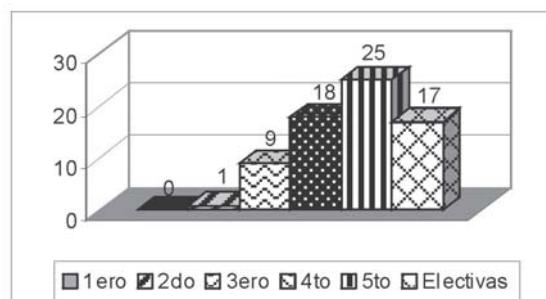
**Figura 3. Porcentaje de competencias cubierto en cada nivel para la Dimensión Diseño**

La dimensión Medio Ambiente, Seguridad e Higiene desarrolla competencias asociadas en los diferentes niveles de la carrera sin embargo, del análisis de los Programas Analíticos, se desprende que éstas están concentradas fundamentalmente en asignaturas electivas. Esto puede ser considerado una debilidad del Plan de Estudios vigente.



**Figura 4. Porcentaje de competencias cubierto en cada nivel para la Dimensión Medio Ambiente, Seguridad e Higiene**

En cuanto a la dimensión Gestión, Operación y Normativa, se puede observar que no existe un desarrollo significativo en los primeros niveles de la carrera. Si bien a partir del tercer nivel esta situación parece revertirse, sólo las competencias G1 (Demostrar conocimiento, comprensión de procedimientos y capacidad para operar las instalaciones y equipos) y G6 (Demostrar capacidad para realizar evaluaciones económicas, en cualquiera de sus grados de precisión, de diseños conceptuales o de plantas reales), son abordadas por un mayor número de asignaturas del cuarto y el quinto nivel. Es importante destacar que estas competencias están asociadas fundamentalmente a la operación. Esta situación, posiblemente originada en la orientación fuertemente técnica del currículo, merece un análisis.



**Figura 5. Porcentaje de competencias cubierto en cada nivel para la Dimensión Gestión, Operación y Normativa.**

La Práctica Profesional Supervisada (PPS), incorporada al Plan de Estudios a partir del año 2004 a través de la Resolución Nº: 06/04 del Consejo Académico de la UTN – FRBA, merece un tratamiento particular.

La PPS es un dispositivo académico que intenta garantizar en forma efectiva la estructuración en los futuros ingenieros de determinadas competencias y capacidades profesionales sustantivas e imprescindibles en su futuro desarrollo profesional. Esta estructuración de competencias se genera en una instancia práctica, con inserción in situ, que implica la articulación y la apropiación de conceptos y procedimientos incorporados en el tránsito de la formación y derivados de las Ciencias Básicas, las Tecnologías Básicas y las Tecnologías Aplicadas específicas y que se corresponden con cada una de las especialidades ingenieriles.

La PPS supone además el seguimiento y la evaluación permanente por parte de un supervisor pedagógico. Este realiza un monitoreo del proceso y de los productos académicos específicos, generados en el seno de una experiencia académica que anticipa la futura práctica profesional, de modo tal que, finalmente, se puedan certificar académicamente el logro de las competencias profesionales que ha ido incorporando el alumno en su proceso de formación. En este marco la estrategia adoptada para concretar las Prácticas Profesionales se basa en la ejecución de un trabajo planificado y programado que permite progresivamente el logro de determinadas capacidades profesionales. Asimismo la PPS logrará poner en acto otras capacidades, académicas y profesionales, tales como la investigación, la indagación crítica, la creatividad, la producción de informes, la expresión oral y escrita, la capacidad de síntesis y finalmente el trabajo en equipo en una experiencia de profunda vinculación y arraigo con un medio productivo que se encuentra en proceso de concreción y que genera permanentes desafíos al alumno.

Las características particulares que adquiera cada PPS (ámbito de inserción, características del proyecto, duración, etc), marcarán las competencias específicas que se desarrollarán en la misma.

### **La evaluación de las competencias**

La evaluación es por excelencia la retro-información al proceso educativo más que la discriminación normativa de los alumnos y, por ende, el elemento clave para el desarrollo continuo del currículo.

La evaluación de competencias se debe realizar teniendo en cuenta que los enfoques integrales de evaluación del desempeño combinan conocimiento, entendimiento, solución de problemas, habilidades

técnicas, actitudes y ética de la evaluación. "Una evaluación integrada u holística se caracteriza por estar orientada a problemas, ser interdisciplinaria, cubrir grupos de competencias, exigir habilidades analíticas y combinar la teoría con la práctica" (Macdonald, 1995).

Información, conocimiento, comprensión y capacidad se utilizan como niveles de complejidad creciente y como criterios de evaluación, para indicar el nivel del logro requerido en cada tema y la progresión del estudiante en la carrera.

Esto sólo pretende plantear el problema de evaluación de competencias, ya que en sí mismo podría constituir otro trabajo, con la idea de que sea útil para nuevas reflexiones y nuevos espacios en la construcción de las Competencias profesionales.

## Conclusiones

Las Competencias Profesionales no deben ser tratadas como una moda; representan una propuesta de reorientación curricular soportada en teoría educativa y especialmente en reflexiones de expertos en educación profesional como una alternativa frente a las demandas actuales.

El docente se vuelve un pilar clave para el desarrollo del currículo orientado por Competencias. La formación de docentes en los principios, las implicaciones y las herramientas del enfoque de competencias es fundamental en el proceso de cambio.

## Referencias

- CONDEMARÍN, M; MEDINA, A (2000) *Evaluación Auténtica de los aprendizajes. Un medio para mejorar las competencias en el lenguaje y comunicación*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, Chile.
- CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES (2004) Resolución N°: 06/04: Lineamientos Para La Práctica Profesional Supervisada.
- CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (2004) Ordenanza 1028: Adecua el Diseño curricular de la Carrera Ingeniería Química.
- MACDONALD, R. D.; BOUD, J.; FRANCIS, A.; GONCZI, A. (1995) Nuevas perspectivas sobre la evaluación UNESCO, París. Citado en Posadas Álvarez, R. (2004) Formación Superior basada en Competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo del estudiante, Revista Iberoamericana de Educación, en: [www.rieoi.org/deloslectores/648Posada.PDF](http://www.rieoi.org/deloslectores/648Posada.PDF).
- VÁZQUEZ ESQUIVEL, J (2005) *Seminario Internacional de Currículo orientado a Competencias Profesionales*. SICEVAES, Barranquilla, Colombia.
- VELÁSQUEZ MONTOYA, H. (2005). *Diseño curricular por competencias integrales para la educación superior*. Congreso Internacional de Investigación Educativa. Instituto de Investigaciones para el Mejoramiento de la Educación Costarricense - Instituto de Investigación en Educación, Colombia.

Del análisis realizado en este trabajo se puede concluir que las dimensiones Tecnología y Diseño se desarrollan fundamentalmente del tercer nivel de la carrera en adelante; las correspondientes a Medio Ambiente, Seguridad e Higiene, si bien están abordadas en diferentes asignaturas, se tratan con mayor profundidad en las electivas: Preservación Ambiental y Seguridad Laboral y Gestión y Tecnología Ambiental I y II; las referentes a Gestión, Operación y Normativa, aun cuando se vienen desarrollando en asignaturas fundamentalmente del último nivel, se verán profundizadas en las futuras prácticas que se desarrollarán en la Planta Piloto, actualmente en construcción; en cuanto a la dimensión Comunicación, se puede observar que la misma es transversal a lo largo de toda la carrera.

Las Prácticas Profesionales Supervisadas representan el espacio curricular en el cual se pueden desarrollar todas las competencias propuestas.

Las conclusiones detalladas responden al análisis de los programas analíticos de cada asignatura por lo tanto, su validez debe verificarse con, la observación de las metodologías, los materiales de enseñanza empleados y el tipo de evaluaciones implementadas.

## Agradecimientos

Las autoras desean expresar su agradecimiento a M. Diyarian y M. L. Bou, por su colaboración y las observaciones críticas realizadas sobre este trabajo



# Antioxidantes naturales adicionados al aceite de maíz y sus emulsiones en agua para retardar su oxidación

Y. Maureira Gómez, L. Janczuk, P. Della Rocca

Tecnología de Alimentos del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional.

Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

e-mail: patriciadellarocca@hotmail.com

Recibido el 1 de junio de 2007; Aceptado el 2 de agosto de 2007.

## Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar la acción antioxidante del extracto etanólico de ajo en la oxidación de un aceite comestible (aceite de maíz) y sus emulsiones en agua. Se llevaron a cabo ensayos de oxidación y a distintos intervalos de tiempo se evaluó el grado de oxidación mediante la determinación del índice de peróxido, según AOCS (1997). Asimismo, se caracterizó el aceite utilizado al que se le determinó su composición en ácidos grasos por cromatografía gaseosa y se determinó si tenía algún antioxidante sintético adicionado por HPLC. Varios componentes del extracto de ajo son los responsables de su capacidad antioxidante, entre ellos los compuestos fenólicos. Éstos se midieron por métodos espectrofotométricos. También se estudió la cinética de formación de hidroperóxidos durante la oxidación de las emulsiones y se aplicó un modelo que considera reacción de orden 1 que ajustó satisfactoriamente los datos experimentales.

**PALABRAS CLAVE:** ANTIOXIDANTES NATURALES, EXTRACTO DE AJO, OXIDACIÓN LIPÍDICA, ACEITES Y EMULSIONES

## Abstract

The aim of this work was the study of the antioxidant action of the garlic ethanolic extract in the oil (corn oil) and its water emulsions oxidation. Oxidation tests were carried out and at different time intervals the antioxidant activity was evaluated by the peroxide index (AOCS, 1997). Also, the oil was characterized in its fatty acid composition by gas chromatographic and it was determined if the oil held additional synthetic antioxidants by HPLC. Numerous components of the garlic extract are responsible of their antioxidant capacity, the phenolic compounds are some of them. These ones were determined by spectrophotometric methods. Furthermore, the kinetic study of the hidroperoxide formation during the oil and its emulsions oxidation was performed. A model that considers a reaction of one order was adjusted satisfactorily to the experimental data.

**KEYWORDS:** NATURAL ANTIOXIDANT, GARLIC EXTRACT, LIPIDIC OXIDATION, OILS AND EMULSIONS

## Introducción

El estudio de la oxidación de los aceites comestibles y de las emulsiones de estos aceites en agua, que constituyen alimentos tales como mayonesas, sopas, salsas y aliños para ensaladas, tiene como principal objetivo evitar el desarrollo de rancidez (lores y sabores desagradables) y la disminución en la calidad nutricional del producto por formación de productos secundarios indeseables.

La oxidación se lleva a cabo a través de una serie de reacciones en cadena que generan la formación de radicales libres y pueden tener lugar durante el almacenamiento, la cocción o el procesado. Estas reacciones que intervienen en la oxidación de los lípidos son extremadamente complejas (Chan, 1987). Para su estudio se pueden subdividir en tres etapas, conocidas cada una de ellas como: iniciación, propagación y terminación. Por la acción del calor, la luz o la presencia de cationes metálicos, en la etapa de iniciación se produce la ruptura homolítica de la molécula de un ácido graso no saturado o su éster dando origen a la formación de un radical libre alquílico,  $R\bullet$ . En la fase de propagación, este radical reacciona rápidamente con el oxígeno para formar un radical peroxy,  $ROO\bullet$ , el cuál a su vez reacciona con otras moléculas de lípidos no saturados para formar hidroperóxidos,  $ROOH$  y más radicales lipídicos,  $R\bullet$ . Los hidroperóxidos pueden descomponerse en otros radicales peroxy,  $ROO\bullet$  y radicales alcoxi,  $RO\bullet$  que luego darán lugar a la generación de nuevos radicales libres lipídicos,  $R\bullet$  y más hidroperóxidos. Cabe resaltar que la descomposición de los hidroperóxidos puede ser catalizada por metales presentes en el medio,  $M^{n+}$ ,  $M^{(n+1)+}$ . Durante la fase de terminación se unen los radicales libres entre sí. Como la velocidad de reacción entre un radical alquílico y el oxígeno es muy rápida, la mayoría de los radicales libres son radicales peroxy,  $ROO\bullet$ . Entonces, el principal producto obtenido en la etapa de terminación es el obtenido a partir de la unión de dos radicales peroxy (reacción 10).

### Etapa de iniciación:

- (1)  $RH \rightarrow R\bullet + H\bullet$  (luz, calor, cationes metálicos)
- (2)  $2 ROOH \rightarrow ROO\bullet + RO\bullet + H_2O$
- (3)  $ROOH + M^{n+} \rightarrow RO\bullet + M^{(n+1)+} + OH\bullet$
- (4)  $ROOH + M^{(n+1)+} \rightarrow ROO\bullet + M^{n+} + H^+$

### Etapa de propagación

- (5)  $R\bullet + O_2 \rightarrow ROO\bullet$
- (6)  $ROO\bullet + RH \rightarrow ROOH + R\bullet$
- (7)  $RO\bullet + RH \rightarrow ROH + R\bullet$

### Etapa de terminación

- (8)  $R\bullet + R\bullet \rightarrow 2R$
- (9)  $R\bullet + ROO\bullet \rightarrow ROOR$
- (10)  $ROO\bullet + ROO\bullet \rightarrow ROOR + O_2$

Uno de los métodos para controlar la oxidación es el agregado de sustancias antioxidantes. Estas retrasan o inhiben la aparición de los fenómenos de oxidación manteniendo intactas las características sensoriales y prolongando la vida útil del producto. Los antioxidantes pueden actuar de varias formas: capturando radicales libres, descomponiendo peróxidos o como agentes quelantes de metales. Algunos antioxidantes pueden actuar en más de una forma a la vez (Moure et al, 2000).

Actualmente cada vez es mayor la preferencia por el uso de antioxidantes naturales aunque muchos de ellos han sido usados desde la antigüedad. Numerosos estudios recientes han comprobado que varios de estos antioxidantes naturales contribuyen también a la inhibición de las reacciones de oxidación que se producen en nuestro organismo y que suelen ser las responsables de enfermedades crónicas entre ellas cardiovasculares, inmunológicas, inflamatorias, alérgicas, neurodegenerativas, etc. y de los procesos de envejecimiento.

Muchos extractos de especies vegetales han demostrado un considerable efecto de estabilización de los lípidos ante las reacciones de oxidación y sus componentes demostraron poseer un gran potencial comercial como fuente de nutraceuticos o ingredientes de alimentos funcionales (Shui G. y Leong L., 2006). Antioxidantes con importante actividad han sido encontrados en berries (Abuja et al., 1998; Heinonen et al., 1998; Prior et al., 1998), cerezas (Wang et al., 1999), cítricos (Saleh et al., 1998), kiwis (Dawes y Keene, 1999), olivos (Romani et al., 1999), chauchas de cacao (Sanbongi et al., 1998), papas (Al-Saikhan et al., 1995; Friedman, 1997), tomates (Abushita et al, 1997), espinaca (Gil et al., 1999), ajo (Auroma et al, 1997) y legumbres (Ganthavorn y Hughes, 1997; Tsuda et al., 1994). La mayoría de las especias como el pimentón (Markus et al., 1999), el orégano y el jengibre (Kikuzaki y Nakatani, 1989) así como también el romero (Hall y Cuppett, 1998) poseen importantes propiedades antioxidantes. La protección antioxidante proveniente de las frutas y los vegetales ha sido atribuida a numerosos y variados compuestos que las integran, entre ellos: vitaminas C y E, tocopheroles, carotenos y compuestos fenólicos (Abushita et al., 1997).

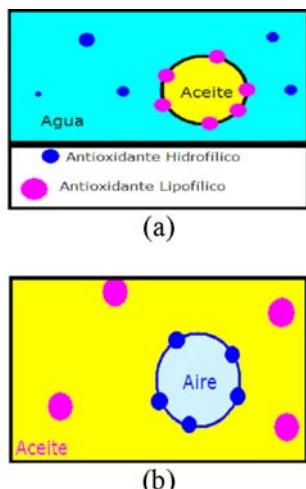
El ajo cuyo nombre botánico es Allium sativum L. es una de las hortalizas frescas de mayor exportación en la Argentina. El término allium procede de la palabra celta all, que significa ardiente o caliente y sativum es un término latino cuyo significado es cultivado. Las principales regiones productoras son Mendoza (aproximadamente 80 % de la producción nacional), San Juan, sur de la provincia de Buenos Aires y el Noroeste Argentino (NOA). San Juan y Mendoza poseen características agroecológicas óptimas para producir y secar ajo que facilitan la inserción del producto en el mercado de exportación (M. Barembaum y M. di Paola, 2006).

## Propósito

El propósito del presente trabajo fue evaluar la capacidad antioxidante del extracto etanólico de ajo frente a un aceite comestible (aceite de maíz) y a sus emulsiones en agua (al 10 % m/m y al 50 % m/m). Los resultados obtenidos se compararon con los alcanzados utilizando un antioxidante sintético, el 2,6-di-ter-butil-4-hidroxitolueno o vulgarmente llamado butilhidroxitolueno (BHT), de naturaleza lipofílica, en una concentración de 0.01%.

## Naturaleza hidrofílica o lipofílica de los antioxidantes

Los antioxidantes en los sistemas lipídicos multifásicos exhiben diferentes afinidades por las interfases aire-aceite y aceite-agua según la naturaleza hidrofílica o lipofílica de los mismos (Frankel, 1994, 1996). Porter (1980, 1983) y Porter et al. (1989) observaron que en sistemas lipídicos donde la relación superficie volumen es pequeña como en el caso de los aceites los antioxidantes hidrofílicos (polares) son más efectivos que los antioxidantes lipofílicos (no polares). En contraste, estos últimos, en los alimentos con altas relaciones superficie volumen como en las emulsiones de aceite en agua resultan ser más efectivos. Según Frankel, este comportamiento se atribuye a que en los aceites los antioxidantes hidrofílicos se orientan en la interfase aire-aceite y protegen de la oxidación mejor que uno de naturaleza lipofílica que tiende a permanecer en el aceite. En el caso de las emulsiones de aceite en agua los antioxidantes lipofílicos son suficientemente tensioactivos para orientarse hacia la interfase aceite-agua y proteger al aceite emulsionado de su oxidación mejor que un antioxidante hidrofílico que se disolvería en la fase acuosa y estaría lo suficientemente diluido para no proteger eficazmente el aceite emulsionado. En la Figura 1 se esquematiza este fenómeno conocido como paradoja polar.



**Figura 1. Fenómeno interfacial que explica la acción de los antioxidantes en sistemas lipídicos según su naturaleza hidrofílica o lipofílica a) emulsión aceite en agua b) aceite.**

## Materiales y métodos

### Determinación de ácidos grasos del aceite original

Se realizó la hidrólisis de los triglicéridos del aceite, y luego la metilación para finalizar con la extracción y el purificado según Norma IRAM 5652.

Los ésteres metílicos así obtenidos se analizaron en un cromatógrafo de gases marca Shimadzu con detector FID.

### Determinación de antioxidantes en el aceite original empleado en los ensayos de oxidación

Se analizó si el aceite original poseía antioxidantes sintéticos adicionados. Se llevó a cabo el análisis por HPLC (marca Hewlett Packard 1050) según AOCS Official Method Ce 6-86 empleando una columna LiChrosorb RP-18 y un detector de arreglo de diodos a una longitud de onda de 280 nm.

**Preparación del extracto:** El ajo molido se tamizó hasta alcanzar un diámetro de partícula inferior a 400  $\mu\text{m}$ . y posteriormente se secó en estufa a 55 °C. El solvente de extracción fue etanol al 96%. El extracto de ajo se preparó en una concentración inicial de 25% m/m, luego se llevó a cabo un almacenamiento en condiciones de agitación intermitente a una temperatura de 45° C durante una semana. Finalmente, se procedió a la filtración y concentración de la solución con una bomba de vacío, a temperatura ambiente, hasta alcanzar una concentración tres veces superior.

**Preparación de las emulsiones:** El agente emulsionante fue Tween 20, un monoéster de polioxietilensorbitano. Se prepararon dos emulsiones de aceite en agua, una al 10 % m/m y la otra al 50% m/m.

### Ensayos de oxidación

Al aceite de maíz y a las emulsiones (10 % y 50% m/m) se agregó el extracto de ajo en una concentración 20 % m/m. Asimismo, se analizaron muestras control sin la adición de antioxidante y muestras conteniendo el antioxidante sintético, butilhidroxitolueno (BHT) en una concentración de 0.01 %, con fines comparativos. Cabe resaltar que la concentración máxima permitida de BHT en alimentos es de 0,0075 % por el CODEX STAN 19-1981, rev.2-1999, por ello la concentración utilizada. En cuanto a la concentración del extracto de ajo no se encuentran restricciones hasta el momento, si bien las altas concentraciones podrían otorgar un aroma muy intenso al sustrato a proteger.

Las muestras fueron almacenadas en frascos color caramelo en condiciones estáticas en estufa a una temperatura de  $60 \pm 0.5^\circ\text{C}$  y a distintos intervalos

de tiempo se evaluó su grado de oxidación mediante la determinación del índice de peróxido, según AOCS (1997). Los análisis se llevaron a cabo por duplicado y los resultados obtenidos corresponden al promedio de las determinaciones.

### Determinación de compuestos fenólicos totales

Se tomó una alícuota de extracto de 20 ml y se adicionó agua destilada hasta alcanzar 1 ml. Luego, 0.5 ml de reactivo de Folin-Ciocalteau se adicionó a los tubos y se agitaron. A continuación se agregó carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y los tubos fueron agitados nuevamente. Después de ser incubados a temperatura ambiente durante 35 min, los tubos fueron centrifugados y se midió la absorbancia contra un blanco a 725 nm utilizando un espectrofotómetro marca Metrolab. Los resultados se informaron con base al equivalente de fenol por gramo de muestra.

### Tratamiento estadístico de los datos experimentales

Mediante ANOVA se analizó si existían diferencias significativas entre los distintos tratamientos a que fueron sometidos el aceite y sus emulsiones consistentes en: adición de antioxidante natural, extracto de ajo; antioxidante sintético, BHT o sin agregado de antioxidantes. Se utilizaron niveles de significación del 0,05 y del 0,01

## Resultados y Discusión

### Caracterización del aceite de maíz

Los resultados obtenidos al analizar la composición de los ácidos grasos en el aceite de maíz por cromatografía gaseosa se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Composición porcentual en ácidos grasos del aceite de maíz.**

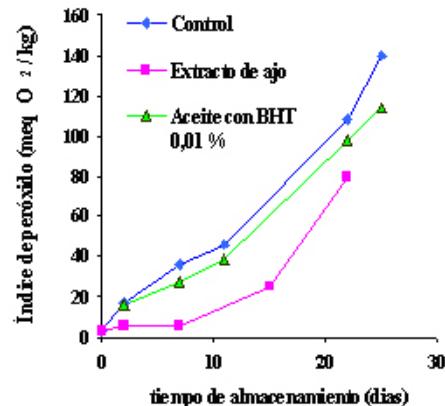
Ácido Palmítico	10.5
Ácido Esteárico	2.5
Ácido Oleico	32.5
Ácido Linoleico	52.0
Ácido Linolénico	1.0
Ácido Araquídico	0.5

El análisis por HPLC realizado al aceite original comprobó la ausencia de antioxidantes sintéticos agregados al mismo.

### Ensayos de oxidación

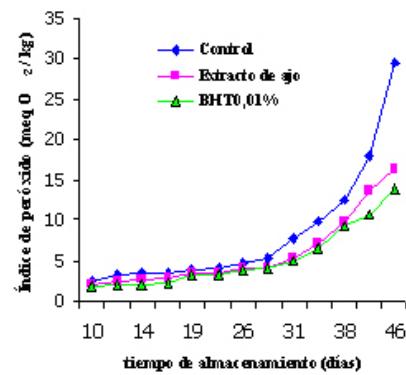
En los ensayos de oxidación del aceite de maíz, el extracto de ajo demostró poseer una capacidad antioxidante significativamente superior que el BHT

en las concentraciones analizadas. Estos resultados se aprecian en la Figura 2. Varios constituyentes del ajo actúan como antioxidantes, entre ellos algunos compuestos sulfurados y compuestos fenólicos. El contenido de estos últimos en el extracto fue de 3099 ppm. Al comparar este resultado con el obtenido en otros extractos vegetales podemos afirmar que se trata de un valor muy significativo



**Figura 2. Índice de peróxido (miliequivalentes de oxígeno por kg de muestra, meq  $\text{O}_2/\text{kg}$ ) del aceite de maíz, muestra control sin el agregado de antioxidante, muestra con extracto etanólico de ajo y muestra con BHT al 0,01 %**

En la Figura 3 correspondiente a los ensayos de oxidación con la emulsión de aceite en agua al 10 % m/m se puede inferir un comportamiento aproximadamente similar ante la oxidación de las muestras conteniendo el antioxidante natural (extracto de ajo) y el antioxidante sintético (BHT) ya que ambas curvas de oxidación se hallan prácticamente superpuestas hasta los 38 días. Mediante el ANOVA se pudo comprobar que las diferencias entre tratamientos resultaron ser significativas al nivel de significación del 0,05 pero no del 0,01%.



**Figura 3. Índice de peróxido (miliequivalentes de oxígeno por kg de muestra, meq  $\text{O}_2/\text{kg}$ ) de la emulsión de aceite de maíz en agua al 10 % m/m, muestra control: emulsión sin el agregado de antioxidante, muestra con extracto etanólico de ajo y muestra con BHT al 0,01 %**

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos para la emulsión de aceite en agua al 50% m/m. Aproximadamente transcurridos 30 días de almacenamiento, la curva correspondiente a las muestra con extracto de ajo evidencia una capacidad antioxidante levemente superior a la del BHT. En este caso, las diferencias entre tratamientos fueron significativas al nivel de significación del 0,05 y del 0,01 %.

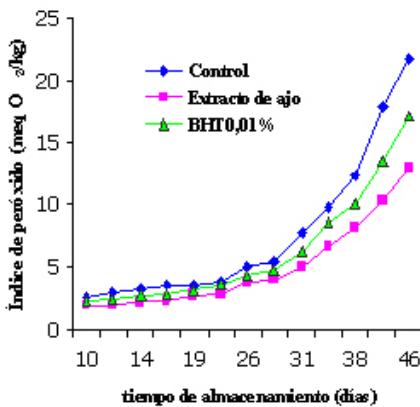


Figura 4. Índice de peróxido (miliequivalentes de oxígeno por kg de muestra, meq O<sub>2</sub>/kg) de la emulsión de aceite de maíz en agua al 50 % m/m, muestra control: emulsión sin el agregado de antioxidantes, muestra con extracto etanólico de ajo y muestra con BHT al 0.01 %

En la Figura 5 se comparan los datos experimentales obtenidos con las emulsiones de aceite en agua al 10% y al 50% y el extracto de ajo. Hasta aproximadamente transcurridos 34 días las emulsiones tanto del 10% como del 50% con extracto de ajo se oxidan de manera similar pero

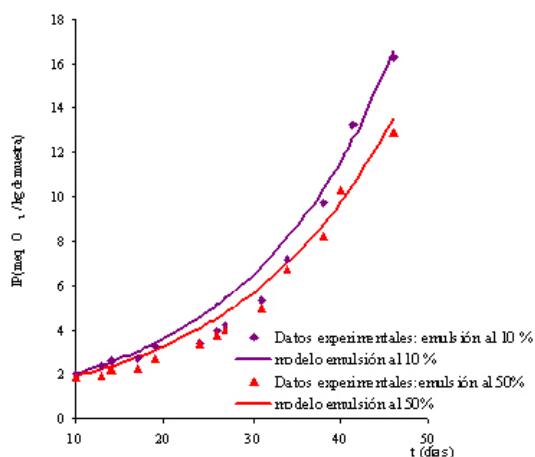


Figura 5. Índice de peróxido (miliequivalentes de oxígeno por kg de muestra, meq O<sub>2</sub>/kg) de la emulsión de aceite de maíz en agua al 10 % m/m y al 50% m/m y ajuste de los datos experimentales por los modelos de reacción de orden uno

luego la emulsión al 10% se oxida más fácilmente. Este resultado se puede atribuir a que el extracto de ajo con componentes antioxidantes en su mayoría polares no protege de manera eficiente la emulsión con mayor proporción de agua tal como lo predicho por la paradoja polar.

Se supuso un modelo de reacción de orden uno para la formación de hidroperóxidos en la oxidación de las emulsiones. La siguiente ecuación representa el modelo:

$$\frac{dIP}{dt} = k IP \quad (1)$$

donde,

t= tiempo (días)

k= constante de velocidad específica (día<sup>-1</sup>)

IP = concentración de hidroperóxidos (miliequivalentes de oxígeno por kg de muestra)  
velocidad de formación de hidroperóxidos (miliequivalentes de oxígeno/kg de muestra\* día)

Luego de integrar la ecuación anterior teniendo en cuenta las condiciones iniciales resulta:

$$IP = IP_0 \exp (k (t - t_0)) \quad (2)$$

Se consideró la relación entre la constante de velocidad específica y la temperatura mediante la ecuación de Arrhenius:

$$k = k_0 \exp (-E_a / R T) \quad (3)$$

donde,

t<sub>0</sub> = tiempo inicial (día)

IP<sub>0</sub> = índice de peróxidos inicial (miliequivalentes de oxígeno por kg de muestra)

k<sub>0</sub> = factor preexponencial (día<sup>-1</sup>)

E<sub>a</sub> = energía de activación (cal/mol)

R = constante universal de los gases (2 cal/K mol)

T = temperatura absoluta (K)

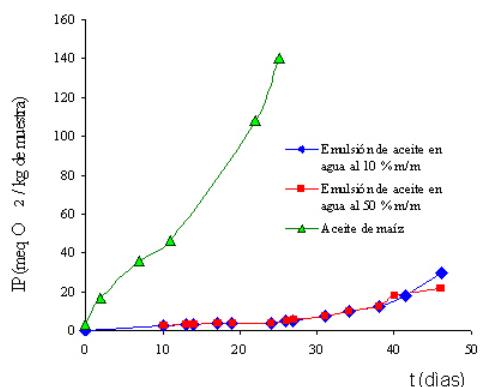
En la Tabla 2 se pueden apreciar los valores de los parámetros cinéticos obtenidos al aplicar el modelo.

**Tabla 2. Parámetros cinéticos del modelo**

Muestra	$K_0$ (día <sup>-1</sup> )	$e_0$ (cal/mol)	K (T=60 °C)	$r^2$
Emulsión al 10 %	5,3060	3000	0,05868	0,9992
Emulsión al 50 %	4,9539	3000	0,05478	0,9999

En la Figura 5 se muestra como el modelo ajusta los datos experimentales de las dos muestras: emulsión de aceite en agua al 10 % y extracto de ajo y emulsión de aceite en agua al 50 % y extracto de ajo. El factor  $k_0$  y por lo tanto k (T=60 °C) es un poco menor en la emulsión al 50 % indicando una menor velocidad de formación de peróxidos en esta muestra ya que el extracto de ajo ejerce una acción antioxidante más efectiva sobre la emulsión con mayor proporción de aceite.

Si se compara la oxidación del aceite y de las emulsiones en el tiempo (Figura 6) se evidencia que el aceite se oxida más rápido que las emulsiones de aceite en agua ya que en estas últimas el oxígeno debe difundir en el agua para alcanzar los glóbulos de aceite además de difundir en el aire que queda en la cabeza superior del frasco. En los ensayos de oxidación con el aceite sólo tenemos que considerar esta última difusión. También hay que tener en cuenta que la difusión del oxígeno en el agua se lleva a cabo con más lentitud que en el aire. En consecuencia, la velocidad global del proceso de oxidación en la emulsión es más lenta que en el aceite. Tal como Marcuse y Fredriksson, 1968 lo habían resaltado, a baja presión de oxígeno la etapa limitante de la oxidación lipídica es la difusión del oxígeno a través de la fase acuosa. Asimismo, el que el oxígeno sea 3 veces más soluble en aceite que en agua contribuye a la mayor velocidad de oxidación del aceite



**Figura 6. Índice de peróxidos (miliequivalentes de oxígeno por kg de muestra, meq O<sub>2</sub>/kg) del aceite de maíz, de la emulsión de aceite de maíz en agua al 10 % m/m y de la emulsión de aceite de maíz en agua al 50 % m/m.**

## Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se puede inferir que el aceite de maíz se oxidó más rápidamente que sus emulsiones en agua y al analizar la oxidación del aceite de maíz, el extracto de ajo que posee componentes con actividad antioxidante de naturaleza hidrofílica como los compuestos fenólicos y algunos compuestos sulfurados se concentran en la superficie interfacial aire-aceite actuando como barrera ante el oxígeno. En cambio, en las emulsiones, los antioxidantes de naturaleza más lipofílica como el BHT resultan ser más efectivos frente a la oxidación lipídica y esta eficiencia denota ser superior en emulsiones con concentraciones de aceite en agua inferiores. En este caso el antioxidante lipofílico se sitúa en la interfase aceite-agua protegiendo los glóbulos de aceite de la emulsión.

Además, tal como lo señala Huang et al., 1997, la inferior efectividad de los antioxidantes hidrofílicos en las emulsiones puede atribuirse no sólo a su afinidad por la fase acuosa sino también a su afinidad por las micelas del emulsionante, en este caso el Tween 20.

Cabe resaltar que en las experiencias llevadas a cabo se pudo comprobar el fenómeno conocido como paradoja polar en el que un antioxidante de naturaleza hidrofílica se comporta mejor protegiendo un lípido y uno de naturaleza lipofílica resulta más efectivo para una emulsión lípido-agua.

## Agradecimientos

Agradecemos al Departamento de Ingeniería Química y a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional por el financiamiento de este trabajo.

## Referencias

- ABUJA, P.; MURKOVIC, M.; PFANHAUSER, W. (1998). J. Agric. and Food Chem., 46, 4091-96.
- ABUSHITA, A., HEBSHI, E., BIACS, P. (1997). Food Chem., 60, 207-212.
- AL-SAIKHAN, M; HOWARD, L.; MILLER, J. (1995). J. Food Science, 60, 341-343.
- AOCS. 1997. American Oil Chemists' Society
- ARUOMA, O. I., SPENCER, J., WARREN, D., JENNER, P., BUTLER, J. Y HALLIWELL, B. (1997), Food Chemistry, 60, 149-156.
- BAREMBAUM, M. Y DI PAOLA, M. (2006). Apuntes Agroeconómicos, FAUBA.
- CHAN, H. (1987). In Autoxidation of Unsaturated Lipids; Chan H. Ed., Academic Press, London, U.K., 1-16
- DAWES, H.; KEENE, J. (1999). J. Agric. and Food Chem., 47, 2398-2403.
- FRANKEL, E., HUANG, S., KANNER, J., GERMAN. J. (1994). J. Agric. and Food Chem., 42, 1054-1059.
- FRANKEL, E., HUANG, S., AESCHBACH, R. Y PRIOR, E. (1996). J. Agric. Food Chem., 44, 131-135.
- FRANKEL, E. (1996). Food Chemistry, 57, (1), 51-55
- FRIEDMAN, M. (1997). J. Agric. and Food Chem., 45, 1523-1540.
- GANTHAVORN, C. Y HUGHES, J. (1997). J. Amer. Oil Chem. Soc., 74, 1025-1030.
- GIL, M., HOLCROFT, D. Y KADER, A. (1997). J. Agric. Food Chem., 45, 1662-1667.
- HALL, C., CUPPETT, S., DUSSAULT, P. (1998). J. Am.Oil Chem. Soc., 75, 1147-1154.
- HEINOMEN, M., LEHTONEN, P, HOPIA, A. (1998). J. Agric. Food Chem., 46, 25-31.
- HUANG, S. Y FRANKEL, E. (1997). J. Agric. Food Chem, 45, 3033-3038.
- KIKUZAKI, H, NAKATAMI, N. (1993). J. food Sci., 58, 1407-1410.
- MARCUSE, R., FREDRIKSSON, P. (1968). J.Amer.Oil Chem. Soc.,45, 400-407.,
- MARKUS, F., DAOOD, H., KAPITÁN, J., BIACS, P., (1999). J.Agric.Food Chem., 47, 100-107.
- MOURE, A., CRUZ, J., FRANCO, D., DOMINGUEZ, J., SINEIRO, J, DOMÍNGUEZ, H., NUÑEZ, M., PARAJÓ, J. (2001). Food Chem. 72, 145-171.
- PORTER, W. (1980). Recent Trends in food applications of antioxidants, In Autoxidation in Food and Biological Systems, eds M.G. Simic & M. Karel. Plenum Press, New York, 295-365.
- PORTER, W. (1983). Paradoxical behaviour of antioxidants in food and biological systems, In Antioxidants: Chemical, Physiological, Nutritional and Toxicological Aspects, ed. G. Williams. Princeton Scientific, Princeton, New Jersey, 93-122.
- PORTER, W., DROLET, A. (1989). J. Agric. and F. Chem., 37, 615-624.

PRIOR, L., CAO, G., MARTIN, A., SOFFIC, E., MCEWEN, J., O'BRIEN, C., LISCHNER, N., EHLENFELDT, M., KALT, W., KREWER, G., MAINLAND, C. (1998). *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2686-2693.

ROMANI, A., MULINACCI, N., PINELLI, P., VINCIERI, F. Y CIMATO, A. (1999). *J. Agric. Food Chem.*, 47, 964-967.

SALEH, M., HASHEM, F., GLOMBITZA, K. (1998). *FOOD CHEMISTRY*, 63, 397-400.

SANBONGI, C., OSAKABE, N., NATSUME, M., TAKIZAWA, T., GOMI, S., OSAWA, T. (1998). *J. Agric. Food Chem.*, 46, 454-457.

SHUI G., LEONG L. (2006). *Food Chem.*, 97, 277-284.

TSUDA, T., WATANABE, M., OHSHIMA, K., YAMAMOTO, A., KAWAKISHI, S., OSAWA, T. (1994). *J. Agric and Food Chem.*, 42, 2671-2674.

WANG, H., NAIR, M., STRASBURG, G., GRAY, J. (1999). *J. Nat. Produc.* 62, 294.

# Instrucciones para la presentación de artículos

El presente instructivo reúne las condiciones generales de presentación y formato e información general para todos los interesados en remitir sus contribuciones.

## Presentación de los textos

Los trabajos, en versión impresa (original y copia), podrán ser remitidos a los miembros del Comité Editorial:  
Lic. Miguel Languasco  
Dr. Isaac Marcos Cohen

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

## Recomendaciones generales

Proyecciones es una publicación destinada a un público amplio, con formación específica en diferentes campos del conocimiento, que se distribuye en diversos países de habla castellana. Por tal razón, se recomienda a los autores preservar la pureza y la claridad idiomática de sus textos y evitar el uso de vocablos de uso corriente en disciplinas particulares, pero no conocidos (o con significado distinto) en otros ámbitos. Asimismo, no deberán emplearse palabras derivadas de traducciones incorrectas (por ejemplo, *asumir* en lugar de *suponer*, o *librería* por *biblioteca*) o pertenecientes a otros idiomas, salvo cuando no existan en castellano equivalencias válidas, o cuando se refieran a técnicas o procesos conocidos por su denominación en la lengua original.

Se recomienda también evitar el uso indiscriminado de mayúsculas cuando se haga mención a sustantivos comunes, como por ejemplo elementos químicos o técnicas particulares.

Es conveniente, en todos los casos, efectuar una adecuada revisión ortográfica y de sintaxis de los textos antes de su envío.

## Pautas específicas

Se deberán contemplar las siguientes pautas:

La presentación corresponderá a un formato adecuado para hojas tamaño A4 (21 cm x 29,7 cm) escritas con interlineado simple, conservando los siguientes márgenes: superior e inferior, 2,5 cm; derecho e izquierdo, 3 cm; encabezado y pie de página, 1,2 cm. La fuente escogida es Tahoma, tamaño 12. Se recomienda muy especialmente a los autores respetar esta pauta, pues las conversiones posteriores desde otras fuentes, diferentes a la mencionada, pueden representar la distorsión o la pérdida de caracteres especiales, como las letras griegas. Se deberá emplear sangría en primera línea de 1 cm y alineación justificada en el texto.

En la página inicial se indicará el título en negrita, centrado y con mayúscula sólo en la primera letra de la palabra inicial; en otro renglón, también en negrita, iniciales y apellido del (de los) autor(es) y, finalmente, en itálica, el nombre y la dirección postal de la(s) institución(es) a la(s) que pertenece(n), junto con la dirección de correo electrónico del autor principal.

A continuación, dejando tres espacios libres, el texto, en espacio simple, comenzando con un resumen de 50 a 100 palabras, en castellano e inglés, también en negrita y con tamaño de fuente 10. Luego del resumen, deberán consignarse las palabras clave que orienten acerca de la temática del trabajo, hasta un máximo de cinco. Asociaciones válidas de palabras (por ejemplo, contaminación ambiental, fluorescencia de rayos X) se considerarán como una palabra individual.

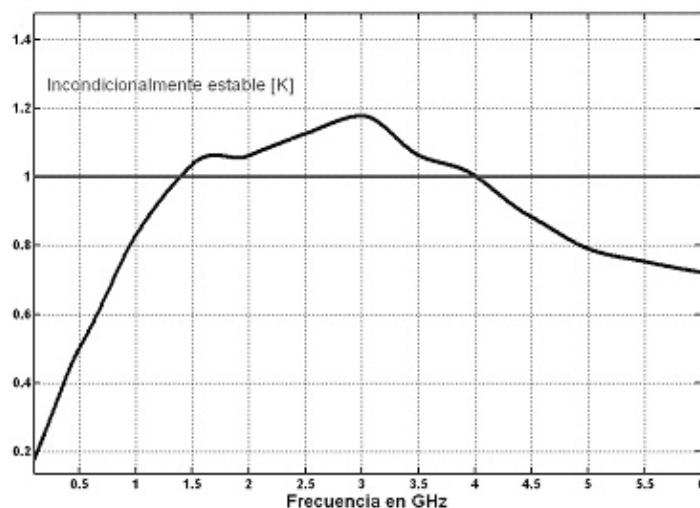
Se aconseja ordenar el trabajo de acuerdo con los siguientes ítems: Introducción, Parte Experimental, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si existieren) y Referencias. Cada uno de ellos tendrá categoría de título y deberá ser presentado en forma equivalente al título original del trabajo, en negrita y centrado, mientras que los subtítulos se consignarán en el margen izquierdo y en negrita. Ninguno de estos ítems deberá ser numerado. La extensión del trabajo no podrá ser mayor que 20 páginas.

En hoja aparte se indicará el tipo de procesador de texto utilizado y la versión correspondiente.

Los autores deberán entregar un disquete contenido su trabajo y diagramado en la forma propuesta para la versión final impresa.

## Tablas y figuras

Las figuras deberán ser ubicadas en el texto, en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y leyendas explicativas al pie. Las imágenes fotográficas deberán estar al tamaño 1.1 a 300 ppi, en formato tif, jpg o eps. Los gráficos o dibujos se presentarán, preferentemente, en vectores (formato .cdr o .ai); en el caso de estar presentados en forma de mapa de bits su resolución en 1.1 deberá ser mayor a 800 ppi. No podrán reproducirse figuras en color.



**Figura 1. Ejemplo de ubicación de la figura (centrada) y su leyenda explicativa (en negrita y fuente 9)**

Las tablas se incluirán en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y acompañadas con un título auto-explicativo en el encabezado.

**Tabla 1. Ejemplo de formato para tabla y título (centrada, en negrita y fuente 9)**

Posición	$Q_0(\alpha)$	Incertidumbre	Incertidumbre, %
F5	15,02	0,50	3,3
I6	13,85	0,34	2,5

## Agradecimientos

Los agradecimientos deberán ser escuetos y específicos, vinculados al trabajo presentado. Serán suprimidos los de naturaleza general o no aplicables a la contribución.

## **Referencias**

Las referencias se consignarán en el texto indicando el apellido del autor (o primer autor, en trabajos de autoría múltiple) y el año de la publicación. Ejemplos: Gould (1958); Sah y Brown (1997); Probst y colaboradores (1997). Cuando la referencia se coloque a continuación de una oración completa en el texto, la forma indicada se convertirá en: (Gould, 1958). Las referencias múltiples se indicarán bajo un único par de paréntesis; ejemplo: (Sah y Brown, 1997; Probst y colaboradores, 1997). El ítem Referencias contendrá todas las citas consignadas en el texto, ordenadas alfabéticamente, tomando el apellido del primer autor. Los artículos incluidos en publicaciones colectivas deberán figurar en el orden: apellido e iniciales de todos los autores; entre paréntesis, año de publicación; abreviatura internacionalmente aceptada de la publicación; volumen; primera página del artículo. Las referencias a libros consignarán iniciales y apellido de todos los autores; título; página (si corresponde); editorial:

Ejemplos:

- GOULD, E. S. (1958)** *Curso de Química Inorgánica*. Selecciones Científicas, Madrid, España.  
**PROBST, T.; BERRYMAN, N.; LARSSON, B. (1997)** Anal. Atom. Spectrom. 12, 1115.  
**SAH, R.; BROWN, P. (1997)** Microchem. J., 56, 285.

No deberán incluirse, bajo el ítem **Referencias**, citas bibliográficas no mencionadas específicamente en el texto del trabajo.

## **Mecanismos de aceptación y normativa general**

Los trabajos serán revisados por reconocidos especialistas, designados por el Comité Editorial. El dictamen será, en cada caso: a) aprobado en su versión original; b) aprobado con pequeñas modificaciones; c) revisado, con necesidad de modificaciones significativas; d) rechazado. En los casos diferentes a su aprobación directa, 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 para Proyecciones supone que ésta no ha sido publicada previamente y, adicionalmente, la cesión de los derechos de publicación por parte de los autores. Cuando el trabajo ha sido ya presentado en una reunión científica (sin publicación de actas) o inspirado en una presentación de esta naturaleza, se aconseja citar la correspondiente fuente.

**PROYECCIONES** se terminó de imprimir en los talleres gráficos Forma Color  
Impresores S.R.L. Camarones 1768 (C1416ECH),  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina,  
Octubre de 2007