

# Proyecciones

Volumen 14

Número 1

Abril, 2016

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Rector

*Ing. Héctor C. Broto*

Vice - Rector

*Ing. Pablo Andrés Rosso*

Decano

*Ing. Guillermo Oliveto*

Director

*Lic. Juan Miguel Languasco, Facultad Regional Buenos Aires*

Comité Editorial

*Lic. Gladys Esperanza, Facultad Regional Buenos Aires*

*Dr. Fernando Gache, Facultad Regional Buenos Aires*

Diseño y Diagramación

*Marcela Laura Ferritto, Facultad Regional Buenos Aires*

ISSN 1667-8400  
(Versión impresa)

ISSN 1853-6352  
(Versión en línea)

Registro de la  
Propiedad  
Intelectual  
No. 5252697  
(Versión impresa)

Registro de la  
Propiedad  
Intelectual  
No. 5252696  
(Versión en línea)

Propietario

*Universidad Tecnológica Nacional*

*Facultad Regional Buenos Aires*

*Medrano 951 (C1179AAQ)*

*Buenos Aires, República Argentina*



**UTN.BA**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES



# Proyecciones

Volumen 14

Número 1

Abril, 2016

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

## Consejo Editorial

*Dr. Julio Cabero Almenara - Universidad de Sevilla, España*

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

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

*Dra. Zulma Cataldi - Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*

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

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

*Dr. Walter Edgardo Legnani - Universidad Tecnológica Nacional,  
Argentina*

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

*Dr. Eduardo Jaime Quel - Universidad Tecnológica Nacional -  
CITEDEF, Argentina*

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

*Dr. Saverio Roberto Strangis - Cyclotop, Houston, Texas,  
Estados Unidos*

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

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



**UTN.BA**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES



# *Proyecciones*

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

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

Esta publicación cuenta también con una versión en línea, a la cual se puede acceder ingresando en el sitio <http://www.frba.utn.edu.ar/investigacion/proyecciones.html>

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

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



## INDICE

- 9**     **Editorial**
- 11**    **Presentación**
- 13**    **Fusión de imágenes médicas multimodales a partir de la maximización de su información mutua**  
Ariel Hernández, Claudio Verrastro
- 25**    **Tipología de suelos y excavaciones profundas en el Sudoeste de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires**  
Carlos Alberto Di Salvo, Marcelo Adrián Masckauchan, Alberto Rubén López, José Luis Verga, Alfredo Mario Graich
- 33**    **Investigación-Docencia en Planificación urbana sustentable (PLUS), nueva asignatura de Ingeniería Civil de UTN.BA**  
José Luis Verga
- 49**    **Corrección de mapas satelitales de precipitación mediante el uso de pluviómetros**  
Víctor Preatoni, Fernando Pazos, Alfredo Campo, Sebastián Verrastro
- 65**    **Desempeño del método de análisis transitorio en la detección de fallas paramétricas en circuitos integrados**  
Fernando Aguirre, Sebastián Pazos, Eduardo Romero, Gabriela Peretti, Sebastián Verrastro
- 77**    **Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la programación**  
Lucas Spigariol
- 89**    **Análisis químico de las especias: tomillo y salvia**  
Fernando Damián Reina, Luis Alberto Roche, María Angélica Bianchi, Juan Miguel Languasco, Patricia Della Rocca





# Editorial

Comenzar un nuevo año siempre nos llena de fuerzas para continuar reafirmando el lazo creciente de nuestra Facultad con el desarrollo sostenido del conocimiento, la ciencia y la tecnología del país.

Por ello, con la edición de esta nueva publicación de la revista *Proyecciones* de abril, abrimos el decimocuarto año de comunicación ininterrumpida desde este espacio, demostrando así la importancia que otorgamos a la difusión de la producción científica.

Una primera noticia que quiero compartir con los lectores es el nombramiento del licenciado Agustín Campero a cargo de la Secretaría de Articulación Científico Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación. Sin dudas, cuando supimos de su designación en el MINCyT sentimos un gran orgullo porque un miembro de nuestra Facultad ocupe tan honorable cargo. Pero, al mismo tiempo, se abrió el desafío de garantizar la continuidad y el impulso sostenido de las políticas de I+D+i que se vienen desarrollando en la UTN.BA, por lo que decidimos nombrar a la licenciada Patricia Cibeira como Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, quien acompañó a Agustín desde el comienzo de su gestión y contribuyó con compromiso y dedicación a su crecimiento sostenido.

En el campo del impulso a las políticas de formación cuaternaria que la Facultad viene priorizando, en el editorial anterior anticipamos que estábamos a la espera de un cambio de reglamentación de la CONEAU respecto de los doctorados cotutelados. Hoy podemos decir con satisfacción que, junto con las autoridades de la Université Technologie de Troyes, hemos firmado el convenio mediante el cual se concretó la creación del primer Doctorado con doble titulación entre la UTN y dicha casa de estudios. Este nuevo logro de la UTN.BA es una muestra de la sistemática construcción interinstitucional que realizamos, dado que se corresponde con un tercer estadio de vínculo entre ambas universidades, iniciado primero mediante el Programa ARFITEC (a nivel alumnos de grado); y seguido luego por el Master OSS (para graduados).

En esta misma línea, también quiero destacar que la Maestría en Administración de Negocios fue acreditada nuevamente por la CONEAU esta vez por un plazo de seis años con categoría B, lo cual se constituye en otro claro ejemplo del constante empeño que tenemos por sostener y mejorar día a día la formación de nuestros ingenieros.

Por otra parte, expresamos nuestro regocijo porque la Facultad cuenta con un nuevo Doctor en Ingeniería con mención en Procesamiento de Señales e Imágenes, Nicolás Mariano Zajarevich. Este hecho eleva a nueve el número de egresados del Doctorado que cursa su décimo año de funcionamiento exitoso.

Como lo dijimos desde que asumimos en el decanato en diciembre de 2009, continuamos con el impulso orientado a la formación de ingenieros de excelencia y comprometidos con la evolución del entorno económico y social y con el desarrollo tecnológico. En el marco de esta política trazamos como lineamientos prioritarios: aumentar significativamente la cantidad de investigaciones y de personas relacionadas con esa actividad, mejorar la calidad de las investigaciones y sus desarrollos tecnológicos, e incrementar el impacto de nuestras actividades de ciencia y desarrollo tecnológico e innovación en el entorno económico y social del país. Una prueba de esta política fue la segunda edición de las Jornadas de Investigación 2015 de la UTN.BA en la que se presentaron ciento veinte Proyectos de Investigación y Desarrollo distribuidos en catorce Programas de I+D+i.

Compartir estas noticias con los fieles lectores de *Proyecciones* nos llena de alegría, y renueva nuestro compromiso para seguir contribuyendo al desarrollo del conocimiento desde la universidad pública.

# Presentación



En mi carácter de flamante Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la UTN. BA. es un verdadero orgullo presentar los trabajos que integran este número de *Proyecciones*. Desde los inicios de la gestión del Ing. Guillermo Oliveto venimos sosteniendo la importancia de comunicar los avances científicos, en especial cuando lo que se publica es, además, producto del trabajo de una comunidad científica como la que está consolidándose en esta Facultad. En esa misma línea, quiero destacar que esta publicación es posible gracias al esfuerzo de muchos actores: los autores, que con absoluta rigurosidad ponen a disposición de los lectores sus reflexiones e investigaciones; el Comité Editorial, que con su cuidadoso trabajo garantiza la excelencia editorial de la revista y, el personal de la Secretaría, quienes brindan su apoyo permanente.

El artículo con que se inicia este nuevo número de la revista, *Fusión de imágenes médicas multimodales a partir de la maximización de su información mutua*, ha sido elaborado por A. Hernández y C. Verrastro, a través del proyecto AR-PET. Ambos son integrantes de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y, en el caso de C. Verrastro es, además, Director del Grupo de Inteligencia Artificial y Robótica de la UTN.BA. En el artículo los autores presentan la implementación de un algoritmo que contribuye a la registración de imágenes médicas en el modo multimodal (CT y PET). La metodología utilizada se basó en la búsqueda del gradiente de la información mutua respecto de la matriz de transformación geométrica. Para su resolución se utilizó el método iterativo Metrópolis, que permite obtener muy buenos resultados en unos pocos segundos. La fusión de imágenes 2D se realizó a partir de la maximización de su información mutua y con transformaciones de rotación y traslación, con resultados satisfactorios en cuanto a la alineación geométrica de las mismas. Este trabajo responde a la relevancia que actualmente han cobrado las imágenes médicas como herramientas vitales para el diagnóstico, planificación, ejecución y evaluación de los procedimientos quirúrgicos y radioterapéuticos.

A continuación se incluye un estudio de diversos factores, entre los que resaltan las condiciones geológicas y geotécnicas del entorno y la calidad y disposición del agua subterránea, en cuanto a su influencia en las características de cimentación y de excavación de un suelo. En particular, se lo enfoca a una región de la C.A.B.A. Luego de una revisión de antecedentes y regulaciones se evalúa la aptitud del método de hincado de tablestacas en relación al potencial de licuefacción de los suelos. Este artículo se denomina *Tipología de suelos y excavaciones profundas en el Sudoeste de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires* y sus autores son C. A. Di Salvo, M. A. Masckauchan, A. R. López, J. L. Verga y A. M. Graich. Este trabajo es uno de los avances de un proyecto de investigación de la UTN.BA, radicado en el Departamento de Ingeniería Civil.

La implementación de la innovación educativa es un tema en el que es necesario profundizar para lograr que los estudiantes incorporen nuevos modos de trabajo que les permitan resolver en su actividad profesional futura situaciones concretas. En ese sentido, el trabajo *Investigación-Docencia en Planificación urbana sustentable (PLUS), nueva asignatura de Ingeniería Civil de UTN.BA*, elaborado por J. L. Verga, da cuenta de un proceso de enseñanza-aprendizaje que promueve la participación activa de estudiantes y favorece resultados innovadores en la formación del futuro profesional. Un proceso diferente que hace hincapié en la idea de libre elección como modo de lograr la diversidad, la creatividad, la profundidad y la calidad en los resultados. La intención es la

de conseguir una formación donde lo social, lo urbano, lo ambiental-sustentable y lo tecnológico sean fundamentales. De ese modo, los futuros egresados estarán en condiciones de proponer proyectos en los cuales se observe como particularidad la ausencia de barreras que puedan generar situaciones de discriminación.

El siguiente artículo se titula *Corrección de mapas satelitales de precipitación mediante el uso de pluviómetros*, sus autores son V. Preatoni, F. Pazos, A. Campos y S. Verrastro, tratándose de un proyecto realizado en colaboración entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - Instituto de Clima y Agua, y nuestra Facultad. Se destacan varios aspectos, por un lado la necesidad de contar con la medición confiable de las precipitaciones para el estudio de los recursos naturales. Los datos satelitales de precipitación brindan una buena resolución temporal y espacial. Por otra parte, esos datos pueden ampliarse con aquellos recogidos por estaciones terrenas en Argentina y utilizar técnicas computacionales que permiten corregirlos por interpolación y mejorarlos. Finalmente se discuten los avances obtenidos.

En el artículo *Desempeño del método de análisis transitorio en la detección de fallas paramétricas en circuitos integrados* se evaluó la capacidad de la estrategia de test denominada Metodología de Análisis de Respuesta Transitoria (TRAM), a los efectos de discriminar entre circuitos dentro y fuera de especificaciones. La característica de este análisis radica en la utilización de un modelo de simulación que utiliza un filtro bicuadrático de segundo orden en la topología de variables de estados, diseñado totalmente a medida (*full custom*) en una tecnología comercial CMOS de 500 nm. Como resultado de la evaluación se obtuvo una cobertura óptima con un compromiso totalmente tolerable en cuanto a la pérdida de rendimiento en la capacidad para detectar circuitos malos (cobertura de fallas), y el monitoreo de los parámetros TS-TD en forma conjunta. Son sus autores F. Aguirre, S. Pazos, E. Romero, G. Peretti y S. Verrastro.

El trabajo *Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la programación*, elaborado por L. Spigariol aborda la dificultad que representa para un estudiante de los primeros años de la carrera de Sistemas de Información aprender a programar utilizando una herramienta profesional de desarrollo de *software*. Su autor presenta la experiencia desarrollada en la materia Paradigmas de Programación de dicha carrera a partir del uso del *software* educativo *Ozono*. La estrategia pedagógica implementada se enmarca en el enfoque de las pedagogías críticas y del construccionismo y ella facilitó el proceso de aprendizaje de los estudiantes. La mirada de los estudiantes y de los docentes recogida durante la investigación indica que los resultados de la aplicación de esta suma de prácticas, organización y herramientas informáticas son satisfactorias y positivas.

El artículo con que se cierra este número de la revista se denomina *Análisis químico de las especias: tomillo y salvia* y sus autores son F. D. Reina, L. A. Roche, M. A. Bianchi, J. M. Languasco y P. Della Rocca. Se trata de un trabajo experimental en que se analizaron los extractos de las dos especias por espectrofotometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), a fin de identificar grupos funcionales típicos de componentes que poseen capacidad antioxidante. Asimismo, se determinaron los compuestos fenólicos totales en cada uno de ellos por el método cuantitativo de Folin-Ciocalteu. El tenor de los compuestos es mayor en el extracto de tomillo que en el de salvia. La presencia de estos componentes en las especias les confieren importantes características antioxidantes, antimicrobianas y antifúngicas, además de mejorar la calidad sensorial de los alimentos a los que se adicionan. Este trabajo fue producido en el marco del proyecto de investigación y desarrollo *Valorización de cortes cárnicos aplicando tecnologías de marinado y envasado*, radicado en el Grupo IDETQA y en el Departamento de Ingeniería Química de la UTN.BA, en colaboración con investigadores del CIDCA de la Universidad Nacional de La Plata - CONICET.

Así, con la confianza de que este nuevo número de *Proyecciones* siga sumando su aporte al incremento del conocimiento y despierte el interés de sus lectores, los saludo hasta la próxima entrega.

LIC. PATRICIA CIBEIRA  
Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

# Fusión de imágenes médicas multimodales a partir de la maximización de su información mutua

**Ariel Hernández, Claudio Verrastró**

Comisión Nacional de Energía Atómica, Pbro. Juan González y Aragón nº 15 (B1802AYA) Ezeiza, Provincia de Buenos Aires, Argentina

*ahernandez@cae.cnea.gov.ar*

*Recibido el 20 de diciembre de 2015, aprobado el 4 de febrero de 2016*

---

## Resumen

La utilización de imágenes médicas es una herramienta vital dentro del área de diagnóstico, planificación, ejecución y evaluación de los procedimientos quirúrgicos y radioterapéuticos. Por esta razón es muy útil la integración de la información proveniente de diferentes imágenes médicas mediante alineación de ellas en base a su correlación o información en común, con el objetivo de obtener la mejor coincidencia espacial. El algoritmo implementado en este trabajo se realizó en el contexto del proyecto AR-PET de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y utiliza la información mutua y la técnica Metrópolis como medida de similitud y método de búsqueda estocástica respectivamente. La fusión de imágenes 2D se realizó a partir de la maximización de su información mutua y con transformaciones de rotación y traslación, con resultados satisfactorios en cuanto a la alineación geométrica de las mismas.

**PALABRAS CLAVE:** IMÁGENES MÉDICAS – REGISTRACIÓN – INFORMACIÓN MUTUA – METRÓPOLIS NES DE IRRADIACIÓN

## Abstract

Medical Imaging is a vital tool within the areas of diagnostic, planning, implementation and evaluation of surgical and radiotherapy procedures. For this reason, it is helpful to integrate the information from different medical images by aligning them according to their correlation or information in common, with the aim of getting the best spatial coincidence. The algorithm presented in this work has been developed within the context of the AR-PET project belonging to the National Atomic Energy Commission (CNEA in Spanish). The key in the process of developing the algorithm is mutual information and the Metropolis technique as a similarity measure and search method respectively. The 2D fusion imaging has been achieved by maximizing mutual information and carrying out rigid transformations of rotation and translation with satisfactory results with respect to their geometric alignment.

**KEYWORDS:** MEDICAL IMAGING – REGISTRATION – MUTUAL INFORMATION – METROPOLIS

## Introducción

Dentro del actual contexto clínico, la utilización de imágenes médicas es una herramienta importante para el diagnóstico y tratamiento de distintas patologías. Se utilizan en un gran número de estudios que se prescriben durante todo el seguimiento del paciente, no solo durante el diagnóstico, sino también en las de planificación, ejecución y evaluación de los procedimientos quirúrgicos y radioterapéuticos (Maintz, 1998). Durante la etapa de diagnóstico algunos estudios médicos dan como resultado imágenes que se distinguen por mostrar diferentes aspectos de la misma patología. Bajo este concepto, es muy útil la integración de la información proveniente de los diferentes equipos. Cuando se alinean geométricamente las imágenes combinando la información otorgada por cada una, se logra una mejor observación y un diagnóstico mucho más acertado. Este procedimiento de mapear puntos de una imagen a sus correspondientes en otra, se denomina *fusión o registración de imágenes* (Wyawahre, 2009). La técnica de registración es fundamental en el seguimiento de tratamientos, evolución de lesiones y progresión de enfermedades, permitiendo al profesional obtener un panorama más claro al momento de definir un diagnóstico.

La fusión de imágenes es el proceso de alineación de dos imágenes en base a su correlación o información en común, y tiene como objetivo determinar una transformación tal que ambas tengan la mejor coincidencia espacial (Chumchob, 2009). Las imágenes entre sí suelen tener una o más de las siguientes características (Wyawahre, 2009):

- Fueron adquiridas en distinto tiempo.
- Proviene de distintos dispositivos de diagnóstico como Resonancia Magnética (MRI), Tomografía Computada (CT), Tomografía de Emisión de Positrones (PET), Tomografía Computada por Emisión de Fotón Único (SPECT), etc.
- Se adquirieron desde diferentes ángulos para obtener una perspectiva 2D o 3D.

Las imágenes pueden provenir del mismo equipo de diagnóstico, método *monomodal*, o proveniente de diferentes equipos, en este caso se denomina método *multimodal* (Maintz, 1998). En este último caso, normalmente, se comparan imágenes anatómicas (MRI o CT)

e imágenes metabólicas (PET o SPECT). La transformación espacial se aplica siempre a las imágenes metabólicas (denominada *objetivo o detectada*) utilizando como referencia las imágenes anatómicas (denominada *referencia o fuente*). Actualmente hay equipos combinados como PET-CT o PET-MRI que facilitan la registración porque el paciente se encuentra en la misma posición.

En un algoritmo de registración de imágenes se presentan cuatro etapas básicas (Kostelec, 2003):

1. *Espacio de características*, este espacio se refiere a las características elegidas en la imagen para realizar el proceso de alineación, como por ejemplo el *valor del pixel* o la información del *contorno o picos* de objetos identificados dentro de ella. En función de esta elección, se determinan qué técnicas serán utilizadas en la registración.

2. *Espacio de búsqueda*, en esta etapa se define el tipo de transformación para la alineación de las imágenes. Las tres clases de transformaciones básicas son: rígidas (traslación y rotación), afín (traslación, cambio de escala, rotación y sesgado o transvección) y no rígidas (transformaciones elásticas).

3. *Estrategia de búsqueda*, mecanismo para la elección de las sucesivas transformaciones de la imagen objetivo para obtener una registración óptima. Una de las más comunes es *hill climbing*, es una estrategia irrevocable y puede estancarse en máximos locales.

4. *Medida de similitud*, en esta etapa se elige el mecanismo de cuantificación de las diferencias geométricas entre ambas imágenes, este cálculo se realiza después de cada transformación aplicada en cada una de las iteraciones del algoritmo, es la medida de comparación que indica la similitud. Existen diferentes estrategias utilizadas como medida de similitud: correlación, error cuadrático medio e información mutua.

Este trabajo se realizó dentro proyecto ARPET de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) (SECYT, 2011; FCDN, 2014). El objetivo es obtener un método de registración para imágenes 2D que utiliza como Medida de Similitud la maximización de la información

mutua (Viola, 1997) y el algoritmo Metrópolis (también llamado de *Recocido Simulado*) como método de búsqueda estocástica (Beich, 2000). Con este proceso se busca alinear las imágenes obtenidas por el equipo AR-PET con imágenes de tomografía computada o resonancia magnética. Estas imágenes así alineadas permiten calcular coeficientes de atenuación a partir de las imágenes CT o RMI para la corrección de las imágenes PET y para ampliar la capacidad diagnóstica del equipo.

La implementación del algoritmo fue realizado en MATLAB y se utilizaron imágenes provenientes del *Insight Journal Database* (Insight). Los resultados obtenidos fueron satisfactorios mostrando un importante grado de robustez al momento de realizar el proceso de registración como se verá en las secciones de Resultados y Conclusiones.

## Metodología

En los últimos tiempos los conceptos de *teoría de la información* se tornan cada vez más relevantes, dando sus primeros pasos en el área de las telecomunicaciones y luego migrando hacia otros campos de la ingeniería. De este contexto surge la necesidad de encontrar una medida que cuantifique la *información*. En 1928 Harley define la primera medida de la cantidad de información de una secuencia de datos, y en 1948 Shannon el concepto y la formulación matemática de *entropía* (Caro, 2004), que adapta la medida introducida por Harley para símbolos de diferente probabilidad de ocurrencia. La entropía depende directamente del concepto de autoinformación o *self-information*, donde la cantidad de autoinformación contenida en un evento probabilístico depende únicamente de la probabilidad de tal evento, entonces cuanto menor es la probabilidad, mayor será la autoinformación asociada con la recepción de la información de dicho evento. Por lo tanto, se define la autoinformación  $I$  asociada al evento  $n$  de una variable aleatoria  $A$  con una probabilidad asociada  $p_A$  como:

$$I(A_n) = \log\left(\frac{1}{p_A(n)}\right) = -\log(p_A(n)) \quad (1)$$

Cuando el logaritmo se encuentra en base 2, la unidad de la autoinformación es *bits*. De esta

manera, la entropía de una variable aleatoria  $A$  se define como la esperanza de la autoinformación  $I$ , es decir:

$$H(A) = E(I(A)) = E(-\log(p_A)) \quad (2)$$

De esta manera la entropía  $H$  para una variable aleatoria  $A$ , conformada por una secuencia de símbolos diferentes, cada uno con su respectiva probabilidad de ocurrencia  $p_A(i)$  puede definirse como:

$$H(A) = \sum p_A(i)I(A_i) = -\sum p_A(i) \cdot \log(p_A(i)) \quad (3)$$

$H(A)$  puede verse como una *medida de incertidumbre*, ya que su valor máximo está determinado cuando todos los símbolos tienen igual probabilidad de ocurrencia. En el caso que un símbolo tenga una mayor probabilidad que el resto genera una reducción en la incertidumbre (ya que este símbolo va a ocurrir la mayor parte de las veces) y por ende una reducción en la entropía. Las imágenes pueden también ser consideradas como portadoras de información, aunque en lugar de probabilidades de ocurrencia de letras en un mensaje, se estudia la distribución de valores de sus píxeles. En este caso, en la ecuación (3) la variable  $A$  es una imagen. A modo de ejemplo, es sencillo inferir que una imagen uniforme en tonos de gris no posee información (Caro, 2004).

Dada la definición de entropía, es intuitivo pensar que usar conceptos que involucren y relacionen entre sí las entropías de dos variables aleatorias puede servir en el registro de imágenes. En efecto, Woods (Caro, 2004) propuso usar las entropías conjuntas para una medida de registro de las imágenes, definida como:

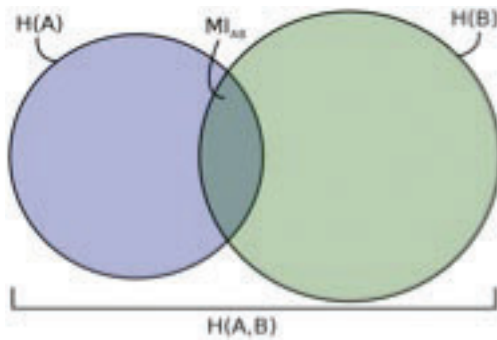
$$H(A, B) = -\sum p_{A,B}(i, j) \cdot \log(p_{A,B}(i, j)) \quad (4)$$

Donde  $A, B$  son las imágenes a registrar y  $p_{A,B}(i, j)$  su función de probabilidad conjunta de ocurrencia de cada uno de sus píxeles.

Woods sostuvo que tonos de grises similares en ambas imágenes correspondían a tejidos similares en dos imágenes médicas correspondientes a distintas modalidades. Luego Hill et al. definieron lo que llamaron un Espacio de Ca-

racterísticas (*feature space*). De esta manera plantearon que similares tejidos se mapeaban en la misma región del Espacio de Características. Este espacio hace referencia al *histograma conjunto*, y cambia con la alineación de las imágenes, que permite calcular la distribución de probabilidad conjunta entre las imágenes (Caro, 2004).

A partir de esto, Viola y Wells (Viola, 1997) optaron por utilizar *la información mutua o MI* entre imágenes como métrica para el proceso de registración, utilizando el concepto de *entropía*.



**Fig.1. Diagrama de Venn correspondiente a la información mutua** (Sander, 2015)

La información mutua de dos variables aleatorias es una cantidad que mide la dependencia mutua entre ellas, es decir, mide la reducción de la incertidumbre (*entropía*) de una variable aleatoria,  $X$ , debido al conocimiento del valor de otra variable aleatoria  $Y$  (Figura 1). La información mutua es una medida de la información común a dos variables aleatorias. Formalmente la información mutua de dos imágenes  $A$  y  $B$  puede ser definida como:

$$MI(A, B) = \sum \sum p_{A,B}(i, j) \log \left( \frac{p_{A,B}(i, j)}{p_A(i)p_B(j)} \right) \quad (5)$$

Donde  $p_A(i)$  y  $p_B(j)$  son las funciones de probabilidad de las variables  $A$  y  $B$  respectivamente. Se puede destacar que si las variables  $A$  y  $B$  son independientes, nos queda que  $p_{A,B}(i, j) = p_A(i)p_B(j)$  y el valor de MI es nulo, es decir:

$$\frac{p_{A,B}(i, j)}{p_A(i)p_B(j)} = 1 \Rightarrow \log \left( \frac{p_{A,B}(i, j)}{p_A(i)p_B(j)} \right) = 0 \Rightarrow MI = 0 \quad (6)$$

Si reemplazamos las ecuaciones (3) y (4) en la ecuación (5) la información mutua puede adoptar tres formas distintas:

$$1. MI(A, B) = H(B) - H(B/A) = H(A) - H(A/B) \quad (7)$$

En esta definición la información mutua entre  $A$  y  $B$  está dada por la entropía de una de ellas menos su entropía a partir del conocimiento de la otra imagen.

$$2. MI(A, B) = H(B) + H(A) - H(A, B) \quad (8)$$

Esta definición puede interpretarse como la suma de sus incertidumbres menos la entropía conjunta, dando como resultado la información compartida o mutua.

$$3. MI(A, B) = H(A, B) - H(A/B) - H(B/A) \quad (9)$$

Finalmente, la información mutua puede obtenerse a partir de la entropía conjunta menos las incertidumbres de cada una de las imágenes a partir del conocimiento de la otra.

En la Figura 1 se puede observar el diagrama de Venn que ilustra la información mutua como el área de intersección entre los dos conjuntos que corresponden a cada una de las imágenes.

Viola y Wells (Ibíd.) proponen un método de alineación de imágenes basado en la maximización de la información mutua entre ellas. Una de las ventajas más importantes es que se basa en valores de intensidad, el cual muestra una mayor robustez que el uso de la *correlación*. Bajo este concepto, en este trabajo se plantea un algoritmo iterativo de registración a partir de la maximización de la información mutua entre dos imágenes. Para lograr este objetivo se utiliza el algoritmo Metrópolis (Beich, 2000) que permite encontrar un valor máximo local de la información mutua.

Con respecto a la alineación se utiliza una matriz de transformación rígida, es decir que solo contempla rotación y traslación de la imagen *objetivo* con respecto a la de *referencia*. La matriz de transformación está dada por la siguiente expresión:



$$M = \begin{pmatrix} \cos(\Theta) & \sin(\Theta) & 0 \\ -\sin(\Theta) & \cos(\Theta) & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{pmatrix} \quad (10)$$

Donde los parámetros  $\Theta$ ,  $t_x$  y  $t_y$  corresponden al ángulo de rotación, al desplazamiento en la dirección de X y al desplazamiento en la dirección de Y respectivamente. Por lo tanto, el principal objetivo es encontrar el valor de estos parámetros tal que la información mutua entre las imágenes sea máxima, es decir, se encuentren alineadas (Viola, 1997).

Existen diferentes métodos de maximización de la información mutua, en el caso del algoritmo Metrópolis, se realiza un sorteo probabilístico para estimar el valor de los parámetros de rototraslación a partir del valor de la información mutua en forma iterativa.

El algoritmo Metrópolis genera una secuencia de variables aleatorias a partir de una distribución probabilística (generalmente gaussiana) cuando no es posible el muestreo directo. En este caso, estas variables corresponden a los parámetros  $\Theta$ ,  $t_x$  y  $t_y$ , donde la función de probabilidad conjunta  $p_{A,B}$  es función de ellos, ya que cualquier transformación geométrica entre las imágenes a registrar modifica directamente su  $p_{A,B}$ . Al variar la función  $p_{A,B}$ , como se observa en las ecuaciones (4), (5), (7), (8) y (9), la información mutua se ve afectada también. De esta manera, en cada iteración del algoritmo se calcula la  $MI$  para cada sorteo de los parámetros y se verifica si la  $MI$  actual es mayor al valor que se tiene como referencia, en el caso de resultar mayor, este es el nuevo  $MI$  de referencia y se guardan los parámetros asociados y se los clasifica como *aceptados*, caso contra-

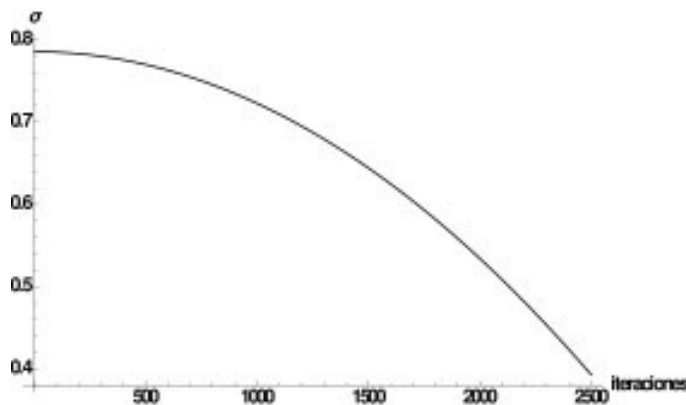
rio se evalúa una probabilidad de ser *aceptado* como se verá más adelante. Esto se lo conoce como *condición de aceptación*.

Entonces, en primer lugar se calcula la información mutua entre las imágenes *objetivo* y *referencia*, se inicializan los parámetros y se genera una distribución gaussiana para cada uno de ellos centrada en sus respectivos valores iniciales. Estos valores son los primeros valores que cumplen la *condición de aceptación* del algoritmo, es decir, son los primeros parámetros aceptados. Por lo tanto:

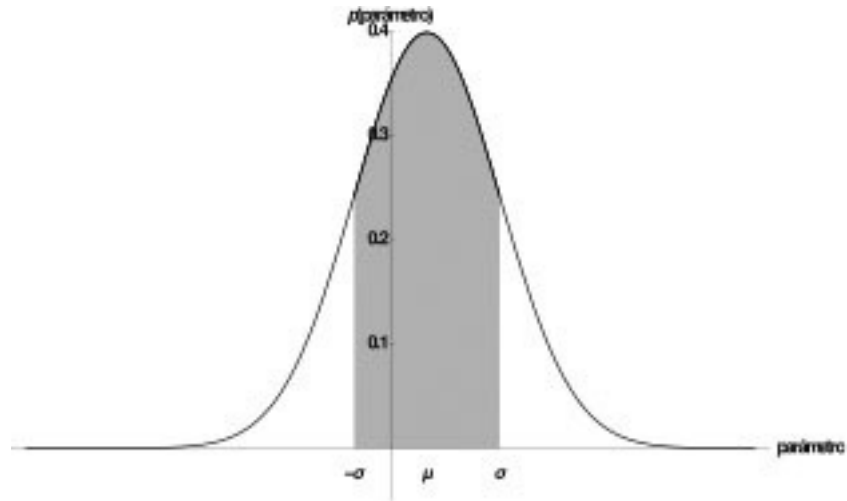
$$\begin{aligned} \Theta_{aceptado} &= \Theta_0 \\ t_{x_{aceptado}} &= t_{x_0} \\ t_{y_{aceptado}} &= t_{y_0} \\ mi_{aceptado} &= MI(\text{referencia}, \text{objetivo}) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \Theta &\sim N(\mu_{\Theta_{aceptado}}, \sigma_{\Theta_{aceptado}}) \\ t_x &\sim N(\mu_{t_{x_{aceptado}}}, \sigma_{t_{x_{aceptado}}}) \\ t_y &\sim N(\mu_{t_{y_{aceptado}}}, \sigma_{t_{y_{aceptado}}}) \end{aligned} \quad (12)$$

Los desvíos de cada una de las distribuciones de probabilidad se calculan a partir de una expresión cuadrática que varía con el número de iteración  $i$ , es decir, que en la medida que aumenta el valor de  $i$ , disminuye el desvío estándar (sigma) de la distribución. En la Figura 2 se puede observar cómo varía el valor de sigma durante todo el proceso, que como condición de diseño, alcanza un valor máximo de 2500 iteraciones (configurable hasta 5000 iteraciones).



a) Variación del desvío estándar en función de las iteraciones



### b) Distribución de probabilidad de los parámetros

**Fig.2. Configuración del valor de desvío estándar para los parámetros de la matriz M**

(Fuente: Elaboración propia)

Si definimos la ecuación cuadrática simétrica de la siguiente manera:

$$\sigma(x) = ax^2 + b \quad (13)$$

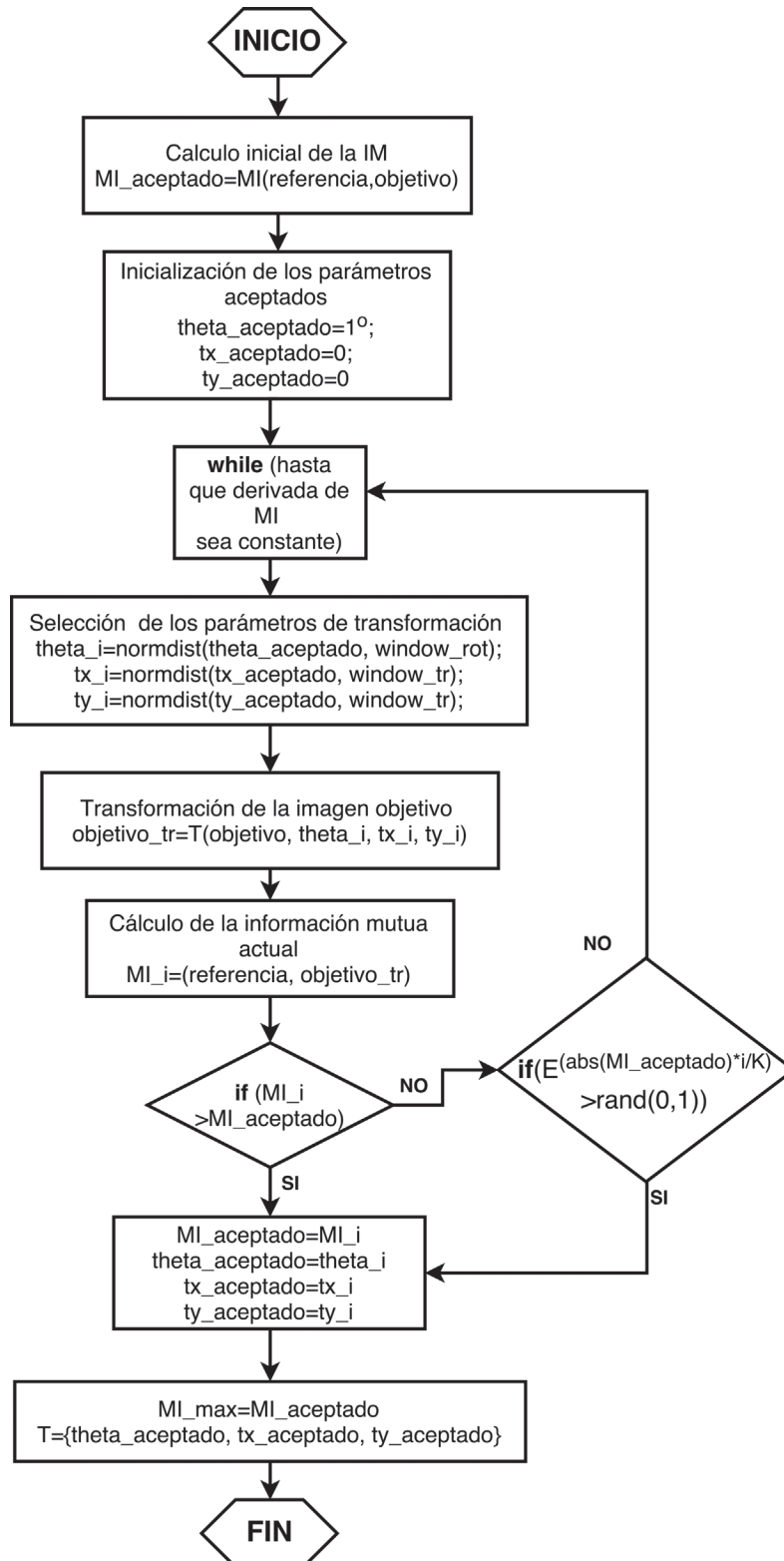
En la Tabla 1 se muestran los coeficientes de la curva cuadrática (ecuación (13)) para cada uno de los parámetros. Cabe destacar que las curvas están calculadas para un máximo de 5000 iteraciones, pero por defecto está configurado en un valor de 2500 iteraciones.

A continuación se estiman los nuevos valores de los tres parámetros en la iteración  $i$  a partir de las distribuciones gaussianas definidas en el inicio con media en el parámetro aceptado y un desvío estándar que varía inversamente proporcional al número de iteraciones. Con estos parámetros se le aplica la trans-

formación geométrica a la imagen *objetivo* y se calcula su información mutua  $mi_i$ . En esta instancia se aplica el criterio de aceptación mencionado anteriormente entre el valor de  $mi_i$  con el de  $mi_{aceptado}$ . Si en el resultado de esta comparación surge que el valor de  $mi_i$  es mayor, es el nuevo valor de información mutua aceptado. A su vez, se registran también los valores de  $\Theta_i$ ,  $t_{xi}$  y  $t_{yi}$  como  $\Theta_{aceptado}$ ,  $t_{xaceptado}$ ,  $t_{yaceptado}$  respectivamente, y se reconfiguran las distribuciones gaussianas con los nuevos valores. En el caso de que el valor de  $mi_i$  fuera menor se aplica la técnica de recocido simulado (o *simulated annealing*), donde se le asigna una probabilidad aleatoria de ser aceptado a través de la ecuación (14). Esta técnica evita caer en máximos locales de la función. En la Figura 3 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo.

Parámetro	a	b	Valor mínimo de $\sigma$ en $i = 5000$	Valor máximo de $\sigma$ en $i = 0$
$\Theta$	$-\pi/2 E^{-10}$	$\pi/4$	$\pi/8$	$\pi/4$
$t_x$	$-4 E^{-8}$	2	1	2
$t_y$	$-4 E^{-8}$	2	1	2

**Tabla 1. Coeficientes de las curvas cuadráticas para el cálculo del desvío estándar en cada parámetro de M** (Fuente: Elaboración propia)



**Fig.3. Diagrama de flujo del algoritmo de registraci3n**  
(Fuente: Elaboraci3n propia)

$$E(-abs(mi_{aceptado}-mi_i)*\frac{i}{K}) > rand(0,1) \quad (14)$$

La ecuación (14) solo se aplica para pequeñas diferencias entre  $mi_i$  y el  $mi_{aceptado}$  e indica que  $mi_i$  es aceptado si el valor del miembro de la izquierda es mayor a un número aleatorio entre cero y uno, correspondiente a una variable aleatoria distribuida de manera uniforme. La constante K en la ecuación (14) se obtuvo de manera empírica y su valor es 20.

Este proceso finaliza cuando se da una de las siguientes condiciones:

1. Cuando la variación de la derivada de la información mutua es cero durante un determinado número de iteraciones.
2. Cuando el algoritmo llega a un número máximo de iteraciones.

En la primera condición se analiza el valor de la información mutua a lo largo del proceso y se observa el tiempo en el cual este valor se mantiene constante, es decir:

$$\Delta mi_{aceptado} = mi(i) - mi_{aceptado}(i - 1) = 0 \quad (15)$$

La condición correspondiente a la ecuación (11) indica que el valor de la información mu-

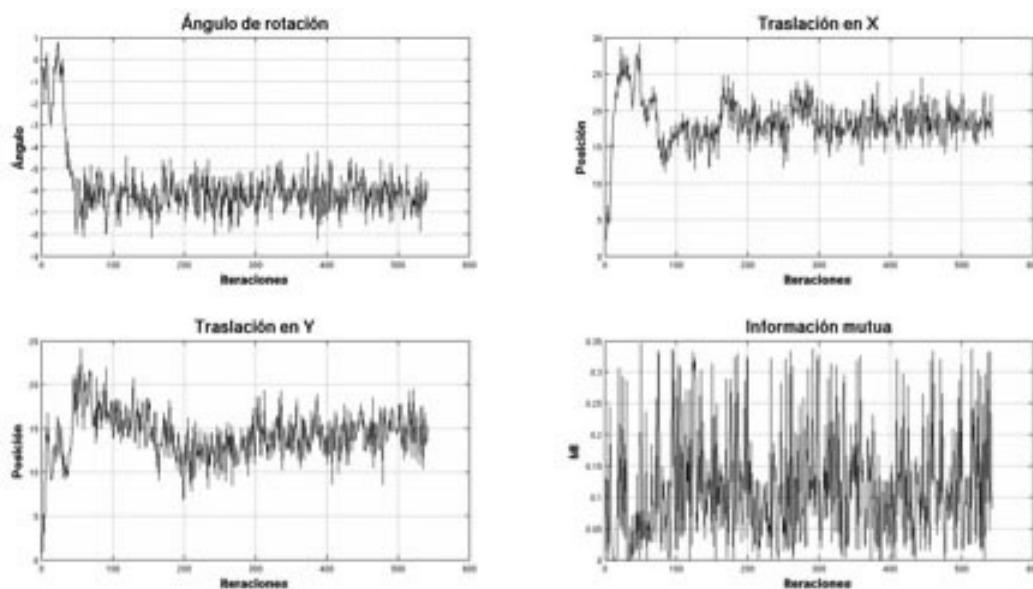
tua entre las iteraciones  $i$  e  $(i-1)$  es constante, y una vez que esta condición se haya cumplido durante un número específico de iteraciones el algoritmo finaliza el proceso. Esto indica que durante un determinado tiempo no hubo variación en el valor máximo de la información mutua. En el caso que este valor no converja, como se mencionó anteriormente, el algoritmo como condición de diseño interrumpe el proceso a las 2500 iteraciones.

## Resultados

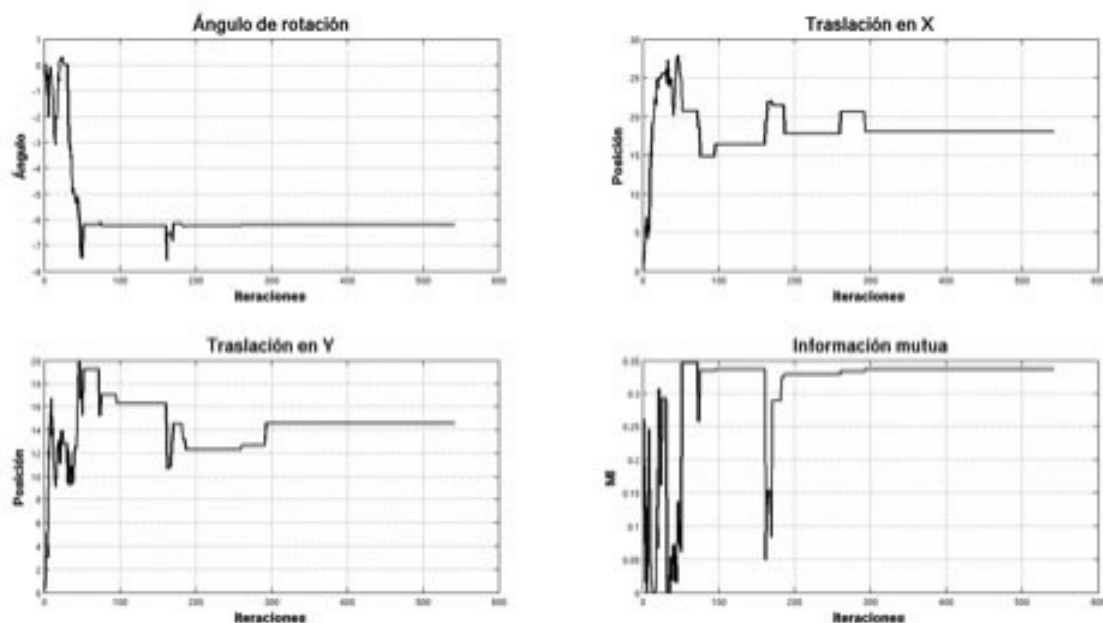
Para el análisis de resultados se utilizaron estudios de diagnóstico cerebrales correspondientes a tres pacientes. Estos estudios fueron obtenidos a través del *Insight Journal Database (Insight)* y corresponden a un estudio de tomografía computada (CT) y otro de tomografía por emisión de positrones (PET) por paciente.

Durante la ejecución del algoritmo en los tres casos se llegó al valor máximo de la información mutua en un tiempo aproximado de 20 segundos con un total entre 500 y 1000 iteraciones.

En la Figura 4 se muestran los gráficos correspondiente a la evolución de los parámetros de la matriz de transformación  $M$  durante el proceso de registración de los estudios del Paciente 1. La Figura 4a) exhibe todos los parámetros *testeados* por el algoritmo y en la Figura 4b) aquellos que fueron aceptados por su valor de  $MI$ . En la gráfica de los valores aceptados correspondiente a la información mutua (Figura 4b))



(a) Todos los parámetros obtenidos



**(b) Parámetros aceptados**

**Fig.4. Información mutua y parámetros de rototraslación correspondiente a los estudios del paciente 1** (Fuente: Elaboración propia)

se puede observar que a partir de la iteración 301 se mantiene, donde además los cambios en la *MI* desde la iteración 200 son despreciables. Por esta razón la condición de la derivada de *MI* permite identificar esta zona y finalizar el proceso de registración.

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos durante la registración para cada uno de los estudios evaluados. Como se mencionó anteriormente, los tiempos de cálculo fueron entre 10 y 20 segundos llegando a unas 1000 iteraciones dependiendo del estudio.

El valor máximo de *MI de referencia* que figura en Tabla 2 se obtiene a partir de aplicarle diferentes variaciones a la matriz de transformación *M* y calcular el valor máximo de la información mutua entre dos imágenes. En este caso, se realiza una transformación de traslación de a 1 pixel hasta completar el tamaño de la imagen

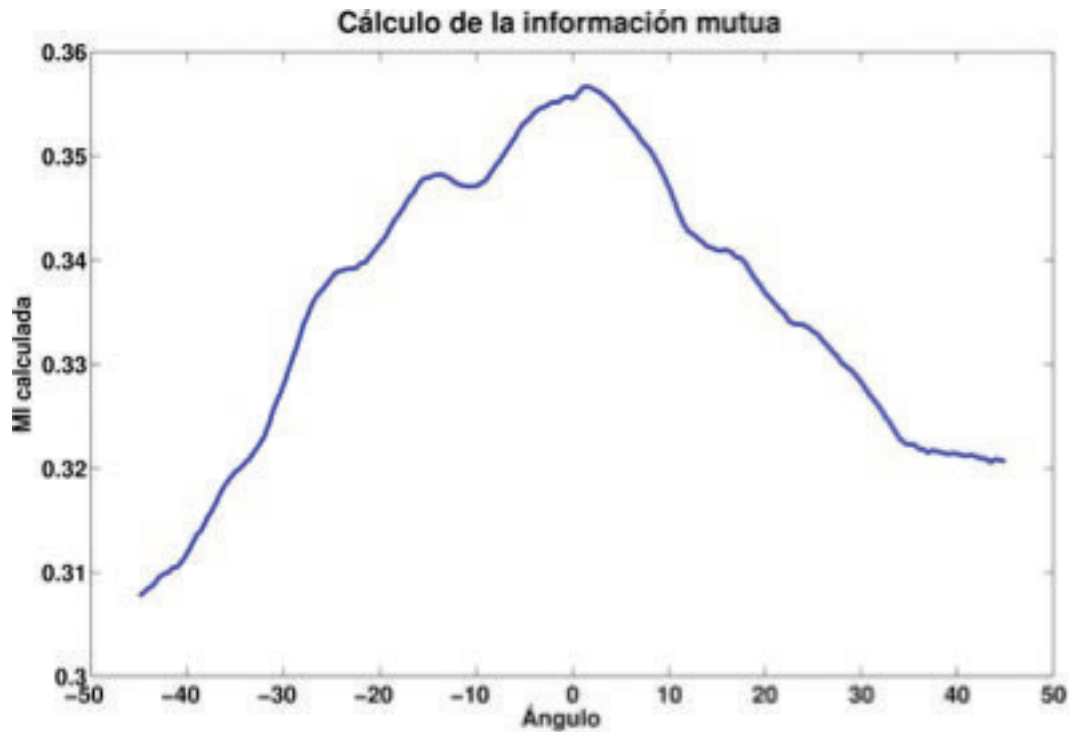
y medio grado en la rotación de  $-45^{\circ}$  a  $45^{\circ}$ , donde se obtiene una matriz de *MI* de tamaño  $512 \times 512 \times 181$ , ya que son  $512 \times 512$  traslaciones por cada rotación. Este proceso demanda varias horas de cálculo. Esta búsqueda exhaustiva se realizó para obtener un valor de referencia con el propósito de validar el algoritmo iterativo de registración.

En la Figura 5a) se muestra el valor máximo para cada uno de los 181 ángulos de rotación calculados en el Paciente 1, y en la Figura 5b) los valores de información mutua en función de la traslación en X e Y para el ángulo que presenta su máximo valor en Figura 5a). Se puede observar que el ángulo en el cual la información mutua es máxima se encuentra en  $1,5^{\circ}$  con un valor de 0,3567. El mapa de colores va desde el azul hasta el rojo, indicando desde los valores de *MI* bajos hacia los altos respectivamente.

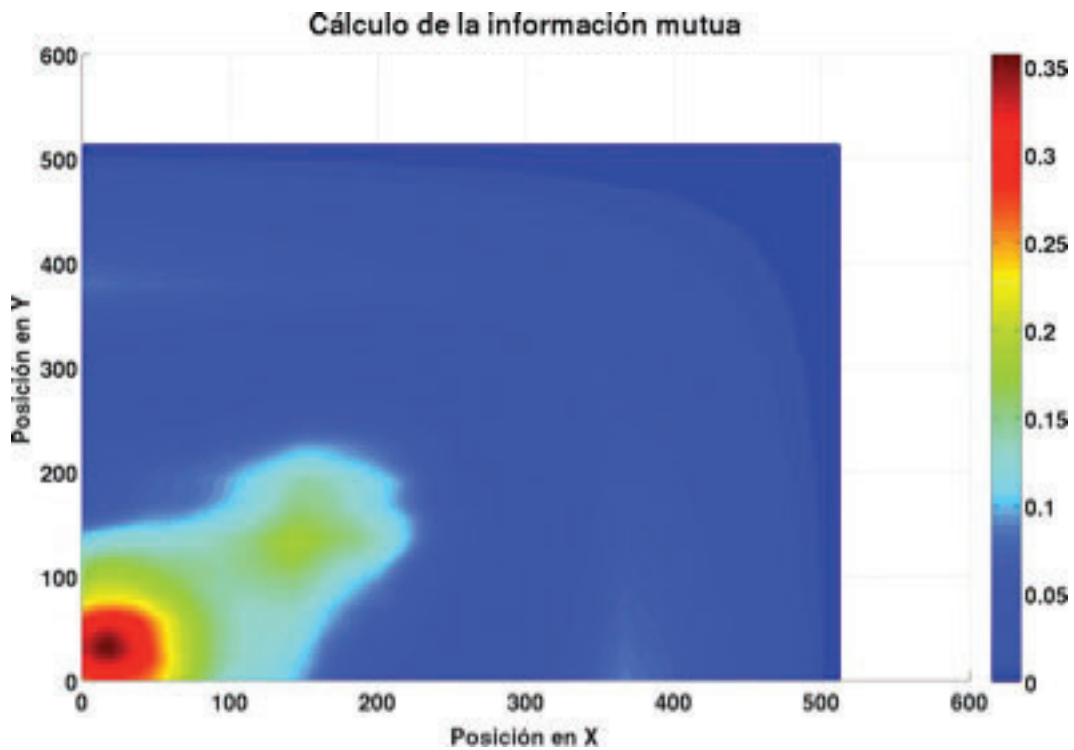
Paciente	Tiempo (seg.)	Iteraciones	máximo <i>MI</i> obtenido	máximo <i>MI</i> de referencia
1	10,4065	542	0,3367	0,3567
2	16,1634	855	0,3525	0,3648
3	17,9433	912	0,2637	0,3045

**Tabla 2. Métricas obtenidas durante la registración de imágenes**

(Fuente: Elaboración propia)



(a) Máximo valor de la información mutua para cada ángulo de rotación



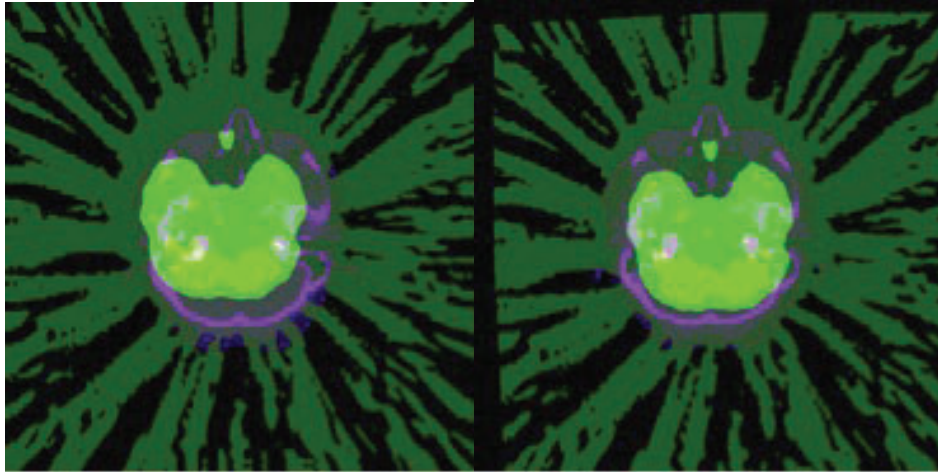
(b) Valores de información mutua en función de la posición

**Fig.5. Cálculo de la información mutua para el Paciente 1**

(Fuente: Elaboración propia)

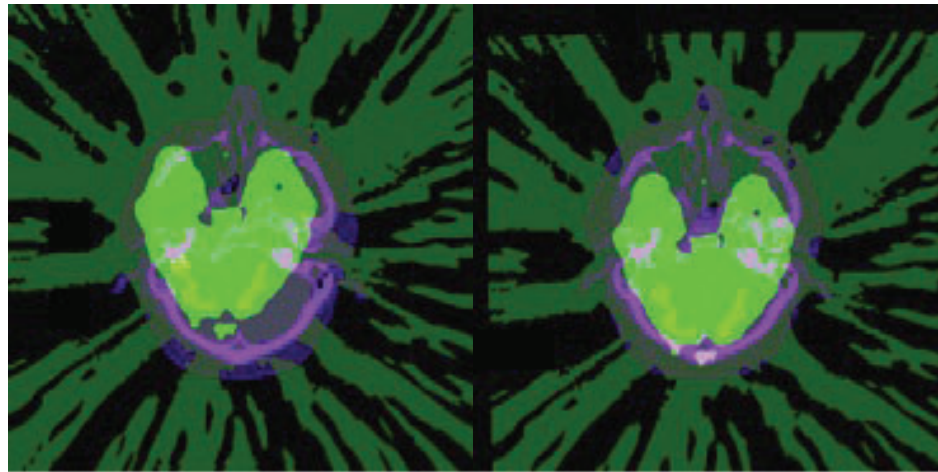
Finalmente, en las Figura 6 a-f) se observa la registraci3n realizada para los tres pacientes, donde las m3tricas se encuentran en la Tabla 2. Cada imagen muestra estudios de diagn3stico

cerebral, donde el color *magenta* corresponde al estudio de la tomograf3a computada (CT) y el verde a la tomograf3a por emisi3n de positrones (PET).



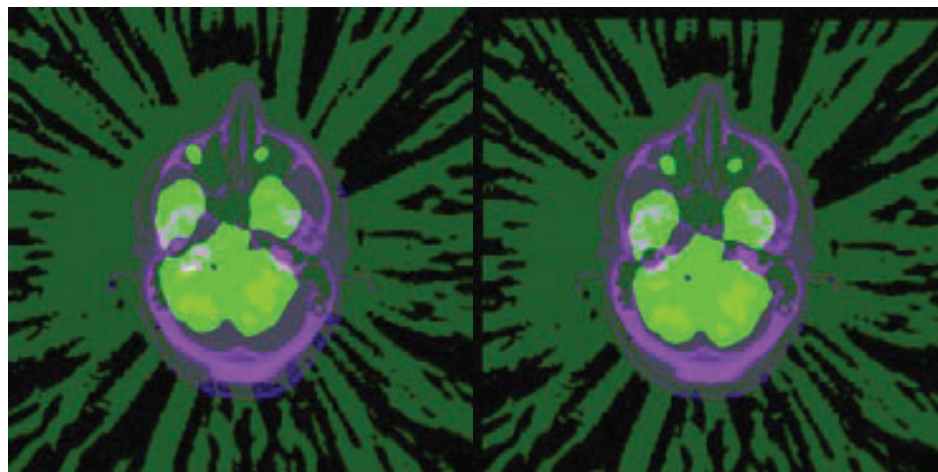
(a) Paciente 1: no registradas

(b) Paciente 1: registradas



(c) Paciente 2: no registradas

(d) Paciente 2: registradas



(e) Paciente 3: no registradas

(f) Paciente 3: registradas

## Conclusiones

Durante el desarrollo del presente trabajo siempre se optó por elegir una técnica de registración compatible con imágenes multimodales. El uso de información mutua como métrica fue la que produjo mejores resultados. En la última década se han publicado diversos trabajos relacionados con el uso de esta métrica obteniéndose resultados muy positivos respecto a otras técnicas, como por ejemplo la correlación o error cuadrático medio (Kim, Fessler 2004; Vs, Revathy 2008).

En función de los resultados obtenidos el algoritmo presenta cierta robustez en cuanto a la registración en el modo multimodal (CT y PET), pero aún le queda un camino por recorrer respecto a la optimización de tiempo si se compara con otras técnicas existentes. Uno de los puntos clave de este algoritmo es la búsqueda

del gradiente de la información mutua respecto a la matriz de transformación geométrica. Este paso requiere la estimación de la función de probabilidad conjunta entre las imágenes. En el presente trabajo fue resuelto a partir del método iterativo Metrópolis, el cual muestra muy buenos resultados resolviendo todo el proceso de registración en unos pocos segundos.

Como trabajo a futuro se tiene previsto mejorar la estimación del valor máximo de información mutua y agregar técnicas de transformaciones geométricas afines como transvección y cambio de escala. Posteriormente con el propósito de mejorar los tiempos de procesamiento se realizará una implementación en C++ y utilizando Unidades de Procesadores Gráficos (GPU) en lenguaje CUDA de NVIDIA. Finalmente se realizará una extensión a imágenes en tres dimensiones.

## Referencias

- MAINTZ, J. A.; VIERGEVER, M. (1998). A survey of medical image registration. *Medical Image Analysis*, Volume 2, Number 1.
- WYAWAHRE, M. V.; PATIL, P. M.; ABHYANKAR, K. (2009). Image Registration Techniques: An overview. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition* Vol. 2, No.3.
- CHUMCHOB, N.; CHEN, K. (2009). A robust affine image registration method. *International Journal of Numerical Analysis and Modeling*, Volume 6, Number 2, Pages 311–334.
- KOSTELEK, P. J.; PERIASWAMY, S. (2003). Image Registration for MRI. *Modern Signal Processing MSRI Publications*, Volume 46.
- VIOLA, P.; WELLS III, W. (1997). Alignment by Maximization of Mutual Information, *International Journal of Computer Vision*, 24(2) pp 137–154.
- BEICH, I.; SULLIVAN, F. (2000). The Metropolis Algorithm, *IEEE Computational Science & Eng.*, Volume 2, pp 65-69.
- SECYT FRBA (2011). AR-PET: Tomografía por Emisión de Positrones <http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/pet.html>
- FCDN (2014). Técnicos argentinos desarrollaron el primer Tomógrafo por Emisión de Positrones fabricado en Latinoamérica <http://bit.ly/1TTQHfc>
- CARO, F. (2004). Aplicación de las técnicas de la Teoría de la Información en el registro de Imágenes Médicas. XIII Seminario de Ingeniería Biomédica, Facultades de Medicina e Ingeniería, Univ. de la República Oriental del Uruguay.
- SANDER, E; WOOTTHON J. T.; ALLESINA S. (2015). Mutual Information Venn Diagram for 5-species partitions A and B. Fig\_2.tif, *PLOS Computational Biology*, 10.1371/journal.pcbi.1004330.g002. INSIGHTInsight Journal Database, [http://www.insight-journal.org/rire/download\\_data.php](http://www.insight-journal.org/rire/download_data.php)
- KIM, J.; FESSLER J. A. (2004). Intensity-based Image Registration using Robust Correlation Coefficients. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Volume 23, Issue 11, Pages 1430-1444.
- VS, R.; REVATHY, K. (2008). Using mutual information and cross-correlation as metrics for registration of images. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, Volume 4, Number 6.



# Tipología de suelos y excavaciones profundas en el Sudoeste de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

**Carlos Alberto Di Salvo, Marcelo Adrián Masckauchan, Alberto Rubén López, José Luis Verga, Alfredo Mario Graich<sup>1</sup>**

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

*carlosalbertodisalvo@gmail.com*

*Recibido el 23 de diciembre de 2015, aprobado el 26 de enero de 2016*

## Resumen

El comportamiento de las excavaciones de obras civiles de mediana profundidad durante su construcción y su puesta en servicio depende de diversos factores, entre los que resaltan las condiciones geológicas y geotécnicas del entorno, y la calidad y disposición del agua subterránea. Los suelos emplazados en el sector bajo estudio, corresponden a los denominados Sedimentos Pospampeanos, caracterizados por una aptitud de cimentación regular a mala, lo que se suma a un nivel freático elevado. En este entorno, se evalúa la aptitud del método de hincado de tablestacas en relación al potencial de licuefacción de los sedimentos pospampeanos.

**PALABRAS CLAVE:** LICUEFACCIÓN – SUELOS – POSPAMPEANO – TABLESTACAS – CIUDAD AUTÓNOMA BUENOS AIRES

## Abstract

The medium depth excavations behavior in civil works during their construction and operation depends on several factors, among which geological and geotechnical conditions and groundwater position and quality are the most remarkable. Soils under the studied area are called Postpampeano Sediments, characterized by regular to bad foundation behavior, in addition with an elevated water table. In this environment, the aptitude of the sheet piles sinking method is assessed, regarding the liquefaction potential of postpampeano sediments.

**KEYWORDS:** LIQUEFACTION – SOILS – POSTPAMPEANO – SHEET PILES –BUENOS AIRES CITY

<sup>1</sup> También han participado de la elaboración de este trabajo: Silvio Antonio Bressan, Jorge González Morón, Alejandro Emmanuel Celli, Aitor Porcel Laburu y Juan Pablo Guerra

## Introducción

El comportamiento de las excavaciones de obras civiles de mediana profundidad durante su construcción y su puesta en servicio depende, además del objetivo de la obra, de las condiciones geológicas y geotécnicas del entorno, del proyecto geométrico de la excavación, del proceso constructivo, del tipo de suelo, de la posición, caudal y características químicas del agua subterránea (freática).

Para la caracterización de los suelos y el desarrollo de la presente investigación se han tomado los datos obtenidos del PID ECUTI-BA0002101TC: Interacción de las Construcciones con las Condiciones Geotécnicas. Base de Datos para la Ampliación de la Carta Geotécnica del Sudoeste de la C.A.B.A. (2011 – 2012). A partir de ellos se analiza su potencialidad de licuación, analizando asimismo las obras que en este ambiente han sufrido problemas.

El Reglamento Argentino CIRSOC 103 (INTI - CIRSOC, 2013) prevé que se deberá estudiar el riesgo potencial de desarrollo de problemas derivados de la "inestabilidad dinámica de suelos", así como también "disponer, cuando resulte posible, las medidas adecuadas para eliminar o mitigar sus efectos".

Entre los sostenimientos de las excavaciones a cielo abierto que generalmente se proponen en los pliegos de condiciones técnicas de estas obras, prevalecen las tablestacas hincadas. Este sistema de trabajo puede favorecer la pérdida de resistencia cortante de terrenos incoherentes saturados sometidos a cargas cíclicas en condiciones no drenadas.

La finalidad de la investigación es determinar si estos suelos se corresponden con suelos licuefactables y formular metodologías para eliminar o mitigar los efectos mencionados precedentemente e incorporarlas a los pliegos de especificaciones técnicas particulares.

### Objetivos particulares

Los objetivos particulares de la investigación de la cual forma parte este trabajo, son:

1. Caracterizar los suelos de la zona, su grado de saturación, diámetro medio  $D_{50}$ , coeficiente de uniformidad, contenido de finos, densidad

relativa del SPT para profundidades menores de 10 metros.

2. Definir, para el caso particular de suelos con posible movilidad cíclica, su potencial de licuación.

3. Establecer zonas con similares características geotécnicas, recomendando técnicas de excavación, sostenimiento y fundación.

4. Evaluar las metodologías actuales constructivas disponibles y proponer otras, si fuese el caso.

### Características de los suelos en el S.O. de la C.A.B.A.

Pertencen a los Sedimentos Pospampeanos, denominación que abarca depósitos recientes de arenas limosas, limos y arcillas de origen fluvial y marítimo, normalmente consolidados y poco estructurados, con espesores de cinco a veinticinco metros, que se encuentran en la ribera del Paraná inferior, Río de la Plata y afluentes. La edad de la formación va desde el presente hasta unos diez mil años. Existen dos tipos de materiales: limos y arenas limosas subangulares de origen fluvial (Formación Luján) y arcillas CH de origen marino (Formación Querandí). La disposición general de estos suelos en la C.A.B.A. puede apreciarse en la Figura 1.

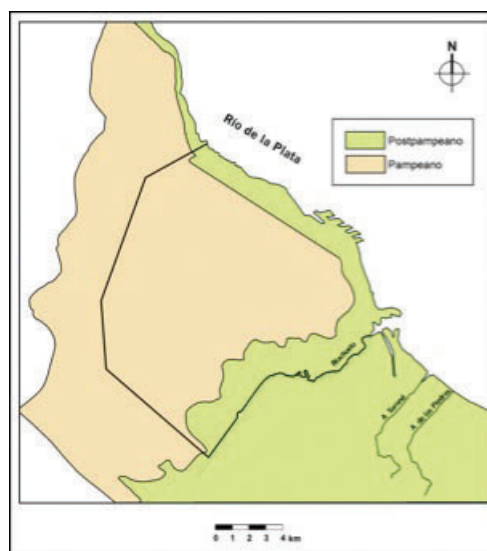


Fig. 1. Mapa Geológico de la C.A.B.A. (Auge, 2004)

Entre 1998 y 2001, bajo la dirección de H. V. Rimoldi y sobre la base del Convenio celebrado por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) con la Universidad de Buenos Aires (UBA), por intermedio de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, se llevó a cabo la tarea preliminar de la elaboración de la Carta Geológica - Geotécnica de la Ciudad de Buenos Aires. Primera parte: Carta Geológica y base de datos de estudios geotécnicos (Rimoldi, 2001).

Como tarea inicial se realizó una base de datos de estudios geotécnicos a partir del análisis de más de 1400 sondeos de longitud variable, los

que posibilitaron conocer los horizontes atravesados y las litologías reconocibles en función de la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) de Casagrande (1948). Se incluyeron las densidades relativas, el número de golpes según el ensayo de penetración standard y el nivel freático.

En una segunda instancia, se elaboró una carta geológica en escala 1:25.000 del ejido urbano, en la que se separaron las formaciones aflorantes con el apoyo de la base de datos geotécnicos mencionada anteriormente (véase Figura 2).



**Fig. 2. Carta geológica de la C.A.B.A.** (Rimoldi, 2001)

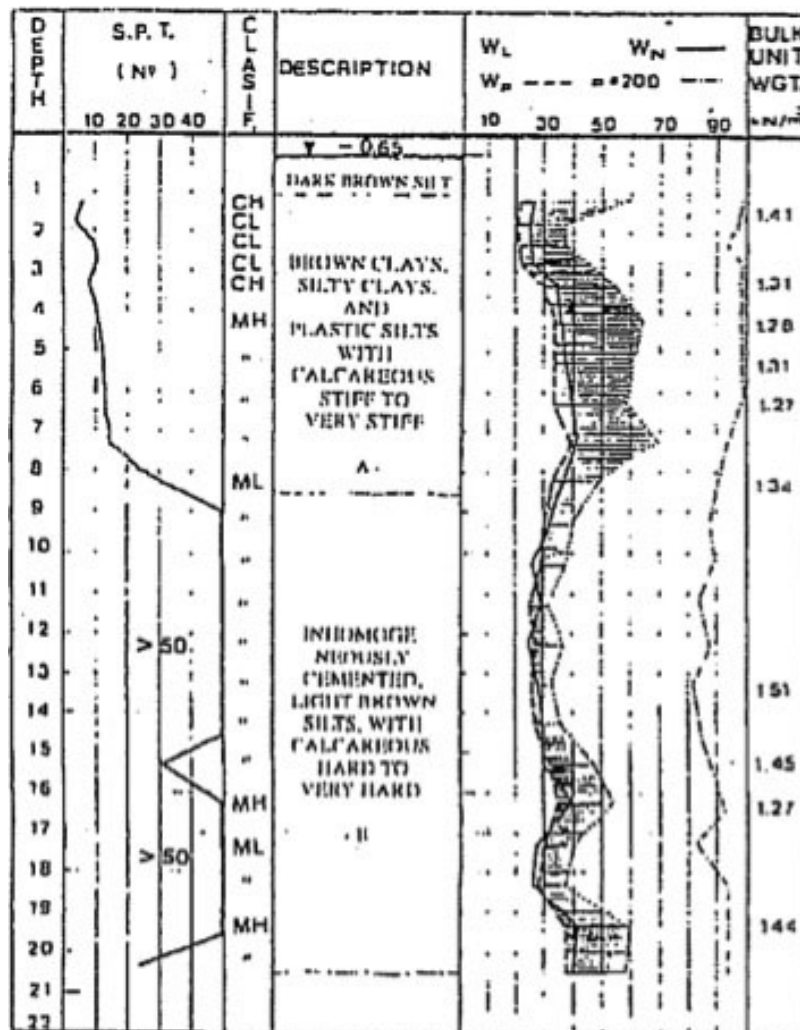
Se elaboraron ocho perfiles con la información obtenida que atraviesan la ciudad en distintas direcciones y constituyen un documento objetivo, ya que incorporan datos de la clasificación unificada, el número de sondeo representativo y la correlación entre unidades geotécnicas y formaciones geológicas.

Se representaron también diferentes cartas temáticas, como: curvas de nivel con equidistancia 5 m y escala gráfica; nivel isofreático con equidistancia 2 m; techo del acuífero Puelches con equidistancia 5 m; áreas de crecida máxima, referida al 15 de abril de 1945 (+ 4,5 m), todas referidas al cero del Riachuelo y áreas inundables.

En el PID mencionado se trabajó en el área que

se encuentra delimitada por Avenida General Paz, Avenida Eva Perón, Avenida Lacarra, AU. Presidente H. Cámpora y la Avenida. 27 de Febrero (margen izquierda del Riachuelo). Se recopilamos estudios sobre el terreno, ensayos de laboratorio y otras documentaciones de obras públicas y privadas ya realizadas, a fin de volcar esos resultados en una base de datos.

El área objeto de esta investigación, presenta una problemática geotécnica particular: los sedimentos postpampeanos por encima de la cota de 6 m.s.n.m., son suelos limosos ML o MH con una aptitud de cimentación regular a mala, en tanto los limos inorgánicos de alta plasticidad (MH) tienen una aptitud mala a muy mala. Todos estos terrenos poseen características desfavorables para las construcciones.



**Fig. 3. Perfil tipo correspondiente a los Sedimentos Pospampeanos** (Núñez y Trevisán, 1997)

nes civiles, dadas las proporciones variables de arcillas expansibles y las malas condiciones de drenaje, que generan limitaciones en la construcción en excavaciones a cielo abierto, como redes cloacales, viaductos y pasos bajo nivel. En estos casos se deben emplear metodologías de sostenimiento de tipo estructural como así también tratamientos o mejoras a aplicar en los terrenos linderos.

Estos suelos, que podrían ser tipificados en una primera instancia como licuefactables bajo ciertos niveles de excitación dinámica (Seed e Idriss, 1971; Casagrande, 1975), dejan de constituir un medio adecuado para excavaciones, ya que podrían sufrir notables deformaciones y desplaza-

mientos relativos a consecuencia de la pérdida transitoria de su capacidad portante.

Un perfil tipo es el que se expone en la Figura 3.

Tomando como base la Carta Geotécnica de la Ciudad de Buenos Aires (Rimoldi, 2001), y con la adición de nuevos sondeos recopilados de distintos estudios de suelos para fundaciones, se pueden apreciar las características del suelo (ver resumen en la Tabla 1), halladas en distintos sondeos, las cuales corresponden a limos arcillosos normalmente consolidados, color gris y pardo, con predominio de los primeros de la Formación Querandí.

Sondeo N°	Ubicación	Profundidad del N.F. (m)	Profundidad ensayada (m)	Número de golpes	Tipo de suelo	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Phi	Capacidad de Carga (kg/cm <sup>2</sup> )	LL	LP	IP
455	C. Alvarez y Av. Lacarra	1,10	4	-	-	-	-	1,8	-	-	-
	C. Alvarez y Av. Lacarra	1,10	5	-	-	-	-	2	-	-	-
	C. Alvarez y Av. Lacarra	1,10	8	-	-	-	-	2	-	-	-
453	Av. Escalada y Saraza	0,90	1	-	-	-	-	0,5	-	-	-
	Av. Escalada y Saraza	0,90	6	-	-	-	-	1,5	-	-	-
	Av. Escalada y Saraza	0,90	7	-	-	-	-	2	-	-	-
S1	Mozart 2300	2,05-2,40	3	10	ML	1,3	14°	-	36	26	10
	Mozart 2300	2,05-2,40	6	12	ML-CL	0,6	16°30'	-	25	20	5
	Mozart 2300	2,05-2,40	8	5	ML	0,3	9°	-	24	21	3
	Mozart 2300	2,05-2,40	11	22	ML	3,2	15°	-	35	28	7
S2	Mozart 2300	2,05-2,40	2	13	ML	1,4	12°	-	47	33	14
	Mozart 2300	2,05-2,40	5	12	ML	3,1	10°30'	-	42	31	11
	Mozart 2300	2,05-2,40	8	4	ML	0,3	9°	-	26	24	2
S3	Mozart 2300	2,05-2,40	1	13	CL	4,9	7°	-	31	22	9
	Mozart 2300	2,05-2,40	5	10	CL	4,5	6°30'	-	35	23	12
	Mozart 2300	2,05-2,40	7	7	ML-CL	0,5	12°30'	-	27	22	5
S4	Mozart 2300	2,05-2,40	2	11	ML	0,1	12°30'	-	36	26	10
	Mozart 2300	2,05-2,40	3	8	SM	0	16°30'	-	21	-	N.P.
	Mozart 2300	2,05-2,40	6	12	CL	3,7	3°	-	27	17	10
	Mozart 2300	2,05-2,40	8	24	ML-CL	2,9	13°30'	-	28	23	5
	Mozart 2300	2,05-2,40	10	22	ML	3,8	12°	-	41	29	12
S5	Mozart 2300	2,05-2,40	11	19	CL	4,7	5°	-	29	19	10
	Mozart 2300	2,05-2,40	1	14	ML	3,3	12°30'	-	33	25	8
	Mozart 2300	2,05-2,40	3	7	SM	0,2	15°	-	22	-	N.P.
	Mozart 2300	2,05-2,40	4	2	ML	0,2	8°30'	-	26	23	3
	Mozart 2300	2,05-2,40	6	10	ML-CL	2,5	10°	-	27	22	5

**Tabla 1. Parámetros medidos en suelos del Pospampeano. Los valores resaltados corresponden a suelos potencialmente licuables.**

## Relación entre las características de los suelos y su potencial de licuación

El reglamento CIRSOC 103 (INTI – CIRSOC, 2013) prevé en su capítulo 2.3.2. *Suelos que requieren evaluación específica del sitio ( $S_F$ )*, en el caso que los mismos estén sometidos a vibraciones sísmicas. Si bien no es el caso de la zona en estudio, si los métodos de sostenimiento que han sido proyectados en una excavación incluyen sistemas de hinca, se podría trazar un cierto paralelismo con las cargas no monótonas producto de la actividad sísmica.

Los siguientes suelos son considerados por el reglamento CIRSOC 103 (Ibíd.) como suelos dinámicamente inestables sujetos a una evaluación específica:

- a) Suelos vulnerables o propensos a falla, pérdida de la capacidad portante o colapso.
- b) Suelos potencialmente licuables.

- c) Arcillas altamente sensitivas, suelos colapsables débilmente cementados.
- d) Turbas o arcillas altamente orgánicas de más de 3 m de espesor.
- e) Arcillas de muy alta plasticidad con espesores mayores a 8 m e  $IP > 75$
- f) Arcillas de media o baja rigidez de espesores mayores a 15 m.
- g) Suelos expuestos a inestabilidad de taludes, laderas o terraplenes.

También se prevé en el reglamento mencionado seis categorías de suelos, basadas en la velocidad media de la onda de corte  $V_{sm}$  o su correlación con el ensayo de penetración normalizado (SPT) o la tensión admisible, y más actualmente (año 2013) la resistencia al corte no drenada.

En la Tabla 2 se transcribe la correlación de estos parámetros según el reglamento.

Tipo espectral	Sitio	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELOS	PROPIEDADES DE SUELO PROMEDIO		
			Velocidad media de la onda de corte, $V_{sm}$ (m/s)	Nº de golpes medio del ensayo de penetración normalizado $N_m$	Resistencia media al corte no drenado $S_{um}$ (kPa)
Tipo 1	<b>S<sub>A</sub></b>	Formación de roca dura, con presencia superficial y escasa meteorización.	>1500	-	-
	<b>S<sub>B</sub></b>	Formación de roca dura con pequeña capa de suelo denso y/o roca meteorizada <3m	760 a 1500	-	-
	<b>S<sub>C</sub></b>	Formación de roca blanda o meteorizada que No cumple con <b>S<sub>A</sub></b> y <b>S<sub>B</sub></b> . Gravas y/o arenas muy densas. Suelo cohesivo pre-consolidado, muy duro. Gravas y/o arenas de densidad media.	360 a 760	>50	>100
Tipo 2	<b>S<sub>D</sub></b>	Suelo cohesivo consistente, de baja plasticidad. Gravass y/o arenas de baja densidad.	180 a 360	15 a 50	50 a 100
Tipo 3	<b>S<sub>E</sub></b>	Suelo cohesivo blando de baja plasticidad.	<180	<15	< 50
	<b>S<sub>F</sub></b>	Suelos dinámicamente inestables. Requieren estudios especiales.			

Tabla 2. Clasificación del sitio – Influencia del suelo, según CIRSOC 103 (2013)

Para los suelos SF: suelos granulares poco densos; suelos cohesivos blandos o semiduros (cohesión menor que  $0,05 \text{ MN/m}^2$ ); suelos colapsibles, los valores son:

- Velocidad de propagación de ondas de corte:  $< 100 \text{ m/s}$
- Prueba de penetración normalizada S.P.T.: N° de golpes  $< 10$
- Tensión admisible del suelo:  $\sigma_{adm} < 0,1 \text{ MN/m}^2$

Por otra parte, González de Vallejo *et al.* (2002), define ciertas condiciones que debe reunir un suelo, para ser considerado como potencialmente licuefactable:

- Grado de saturación del 100%
- Diámetro medio  $D_{50}$  entre 0,05 y 1,00 m
- Coeficiente de uniformidad  $C_u$ :  $D_{60}/D_{10} < 15$
- Contenido de finos inferior al 10%
- Bajo grado de compactación, es decir  $N < 10$  para profundidades  $< 10 \text{ m}$  y  $N < 20$  para profundidades  $> 10 \text{ m}$ .

Además, resalta que:

- Por debajo de los 15 m de profundidad no se han observado licuefacciones.

En la mayoría de los casos en los que se producen licuefacciones, el nivel freático se encontraba a una profundidad menor a 3 m, y por debajo de 5 m la susceptibilidad de licuefacción es muy baja.

## Discusión

Realizando un análisis detallado de los datos obtenidos, es posible notar en algunos casos características compatibles con suelos que podrían ser considerados como dinámicamente inestables.

En los sondeos realizados en la calle Mozart al 2300, se observan niveles de suelos a distintas profundidades con un número de golpes menor o igual a 10, junto con una profundidad del nivel freático menor a 3 m. Tanto el reglamento CIRSOC como González de Vallejo *et al.* (Ibíd.), remarcan ante estas condiciones, la presencia de suelos dinámicamente inestables, recomendando la realización de estudios especiales.

También en el sondeo de Av. Escalada y Saraza, a una profundidad de 1 m, se observa un suelo

con una capacidad portante menor a  $0,1 \text{ MN/m}^2$  y un nivel freático de 0,90 m. Nuevamente el CIRSOC recomienda en este caso la realización de estudios especiales.

## Conclusiones

A partir de los estudios efectuados, ha sido posible detectar indicios de la presencia de suelos potencialmente licuables en la zona bajo estudio. Sin embargo, considerando la cantidad de sondeos disponibles para el análisis, no es posible *a priori* hacer extensivas estas características a todos los suelos de la zona, siendo recomendable continuar profundizando los estudios a fin de arribar a conclusiones generales y establecer recomendaciones respecto del sistema de sostenimiento de estos suelos.

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Facultad Regional Buenos de la Universidad Tecnológica Nacional y al Departamento de Ingeniería Civil de la misma, quienes nos han facilitado la concreción de esta labor.

También en honor a la memoria del Dr. Horacio V. Rimoldi (1925 – 2005), querido amigo y pionero en estas investigaciones acerca del subsuelo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, como asimismo de todo nuestro país.

## Referencias

- AUGE, M. (2004). Hidrogeología de la Ciudad de Buenos Aires. Cátedra Hidrogeología, Dpto. Cs. Geológicas, Fac. de Cs. Exactas y Naturales, UBA.
- CASAGRANDE, A. (1948). Classification and identification of soils, American Society of Civil Engineers, Transactions 113, 901.
- CASAGRANDE, A. (1975). Liquefaction and cyclic deformation of sands: A critical review. 5º Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 79. Sociedad Argentina de Geotecnia.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.; FERRER, M.; ORTUÑO, L. y OTEO, C. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid, Pearson Educación.
- INPRES-CIRSOC (2013). Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes. Parte I: Construcciones en general. Instituto Nacional de Prevención Sísmica - Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Ed. Julio 2013.
- PID UTN (2012). Interacción de las Construcciones con las Condiciones Geotécnicas. Base de Datos para la Ampliación de la Carta Geotécnica del Sudoeste de la C.A.B.A (2011 - 2012).
- NÚÑEZ, E. y TREVISÁN S. J. (1997). How to continue La Plata City Cathedral. Geotechnical Approach. Rotterdam, Balkema.
- RIMOLDI, H. V. (2001). Carta Geológico-Geotécnica de la Ciudad de Buenos Aires. Servicio Geológico Minero Argentino.
- SEED, H. e IDRISSE, M. (1971). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potencial. Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 97(9), 1249.



# Investigación-Docencia en Planificación urbana sustentable (PLUS), nueva asignatura de Ingeniería Civil de UTN.BA

José Luis Verga<sup>1</sup>

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

arqjlv@yahoo.com.ar

Recibido el 20 de diciembre de 2015, aprobado el 14 de enero de 2016

## Resumen

En este trabajo se muestra la incorporación de resultados vinculados a la conclusión alcanzada en el PID 'Diagnóstico sobre vías de comunicación terrestres como barreras o centralidades en la sectorización de barrios. Caso Villa Luro' (2012-2013) en 'Planificación urbana sustentable', asignatura del 5to año de la carrera de Ingeniería Civil. La transferencia investigación-docencia, el sentido de identidad-pertenencia barrial y la problemática sobre barreras son fundamentales en el desarrollo del trabajo práctico del ciclo 2014 denominado 'Propuestas socio-urbanotecnológicas de vinculación de sectores barriales. Caso Villa Luro'. Una enseñanza-aprendizaje particular y la participación activa de estudiantes permiten resultados innovadores en la formación del futuro profesional.

**PALABRAS CLAVE:** TRANSFERENCIA INVESTIGACIÓN-DOCENCIA – IDENTIDAD Y PERTENENCIA BARRIAL – PROBLEMÁTICA SOBRE BARRERAS – ENSEÑANZA-APRENDIZAJE – PARTICIPACIÓN ACTIVA

## Abstract

The incorporation of results linked with the conclusion reached in the PID 'Diagnosis of roads as barriers or centralities land in the neighborhood zoning. Case Villa Luro' (2012-2013) is shown in 'Sustainable urban planning', subject of the 5th year of Civil Engineering. The research-teaching transfer, the sense identity and belonging at neighborhood and the problem of barriers are critical in the development of practical work cycle 2014 called 'Technological urban social proposals at linking neighborhood sectors. Case Villa Luro'. A special teaching-learning and active participation of students allows innovative results in the formation of future professional.

**KEYWORDS:** TRANSFER RESEARCH-TEACHING – IDENTITY-BELONGING AT NEIGHBORHOOD – PROBLEM OF BARRIERS – TEACHING-LEARNING – ACTIVE PARTICIPATION

<sup>1</sup> El autor es director del Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) 2012-2013: 'Diagnóstico sobre incidencia de las vías de comunicación terrestres, como barreras o centralidades, en la sectorización barrial. Caso Villa Luro', considerado como referente para la realización del TP de la asignatura PLUS, de la que además es docente.

## Introducción

Planificación urbana sustentable (PLUS) es una nueva asignatura del 5to año de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, código 950280, que, desde 2014, reemplaza a Diseño Arquitectónico Planeamiento y Urbanismo II.

El contenido temático ha sido fuertemente incrementado respecto de la asignatura anterior formalizándose un programa analítico que incluye temas-marco con sus respectivos contenidos:

El desarrollo del único trabajo práctico (TP) presenta, durante 2014, una fuerte vinculación con el Proyecto de Investigación y Desa-

<b>Temas marco</b>	<b>Contenidos</b>
Comunidad (Verga, 2011)	Origen y Tipologías: Global, Particular e Intencional
Sustentabilidad	Carta de la Tierra y Criterios de Sostenibilidad,
Ambiente (Verga, 2007)	Impacto ambiental y su evaluación (EsIA/EIA), Impacto Territorial y su Evaluación (EsIT/EIT), Huella Ecológica, Capacidad de Carga, Socio-política ambiental,
Planificación de ciudades sostenibles	Acercamiento entre agendas verde y marrón, Planificación, Estructura espacial de ciudades, Ofertas de infraestructura, Construcción de un nuevo papel para la planificación urbana
Planeamiento (Verga, 2003/2004)	Región, Planes, Sistema urbano y su metodología, Planeamiento y su metodología, Transporte
Urbanismo (Verga, 2003,2011)	Paleo-urbanismo, Urbanística, Urbanismo, Nuevos Principios, Urbanismo Alternativo, Ciudad
Evaluación de obras complejas (Verga, 2004)	Metodología
Diseño de proyectos complejos (Verga, 2014)	Estrategia, Diseño

rollo denominado 'Diagnóstico sobre vías de comunicación terrestres como barreras o centralidades en la sectorización de barrios. Caso Villa Luro' debido a que toma precisamente su resultado para generar una propuesta de trabajo único a realizar en tres etapas durante todo el ciclo lectivo.

El PID mencionado parte del abordaje de la problemática presente en muchos barrios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y también en aglomeraciones humanas de distintos niveles de complejidad como es la de la sectorización físico-espacial y social-urbana de áreas pertenecientes a un mismo ámbito.

El barrio de Villa Luro, integrante junto a los de Versalles, Villa Real, Monte Castro, Vélez Sarsfield y Floresta de la Comuna 10 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires está delimitado desde lo administrativo-político-jurisdiccional por la Av. Emilio Castro, Escalada, Av. Juan B. Alberdi, Medina, Av. Rivadavia, Av. Canónigo Miguel Calixto del Corro, Av. Juan B. Justo, Av. Lope de Vega, Av. Álvarez Jonte, Irigoyen, Av. Juan B. Justo, Bacacay, Irigoyen, vías del ex FFCC Domingo F. Sarmiento, Anselmo Sáenz Valiente, Albariño. (Ver Figuras 1 a 3).

Villa Luro presenta una particularidad, que ha

sido el motivo de su elección como 'caso', de una conformación físico-espacial con dirección Norte-Sur que es atravesada en sentido Este-Oeste por una serie de elementos urbanos que generan una sectorización primaria entre el área Norte y el área Sur de Villa Luro.

Los elementos urbanos que potencian tal sectorización son, desde su conformación como barrio, el Arroyo Maldonado con sentido Oeste-Este, pero luego con sentido Este-Oeste, por su criterio radial en el tendido, el ex FFCC Domingo F. Sarmiento, la Avenida Rivadavia, la Av. Juan B. Justo, la Autopista Perito Moreno AU6 y el sistema de transporte denominado 'Metrobus' que circula por Av. Juan B. Justo.

Las vías de comunicación terrestre, vehiculares y férreas actúan como divisorias debido a que atraviesan el barrio en su totalidad en un área que no supera las cuatro cuadras en su ancho.

Es necesario establecer que la sectorización Norte-Sur, de alguna manera primaria, se encuentra influenciada por una centralidad de las denominadas 'Centro comercial a cielo abierto', que se ubica en el límite Norte y Noreste del barrio y por otra de menor valor, pero también influyente, en el límite sureste y sur de Villa Luro (Ver Figura 4).



**Fig. 1. Villa Luro, C.A.B.A.**



**Fig. 2. Comuna 10, C.A.B.A.**



**Fig. 3. Límite de Villa Luro, C.A.B.A.**

Las conclusiones alcanzadas en aquella investigación (2012-2013) arrojaron los siguientes resultados:

- Se valida la diferenciación espacial entre el Norte y el Sur pero no se toma como eje referencial Este-Oeste a las vías del ex FFCC Domingo F. Sarmiento sino a la Av. Juan B. Justo.
- Se verifica la proximidad vecinal entre habitantes del sector norte de Villa Luro con otros de sectores barriales lindantes como los de Versalles, Monte Castro y Vélez Sarsfield pero también la desvinculación con aquellos que se ubican al Sur de la Av. Juan B. Justo, dentro del mismo barrio.
- Se acrecienta la vinculación social mencionada a través de la centralidad existente como nodo/senda en Av. Álvarez Jonte y Av. Lope de Vega debido a la existencia del 'centro comercial a cielo abierto' aglutinante de los barrios ya mencionado.
- Los habitantes ubicados entre la Av. Juan B. Justo y la Av. Rivadavia se encuentran en

una situación de aislamiento y de ausencia de identificación ya que no pertenecerían al sector Norte ni tampoco al sector al Sur de las vías del ex FFCC Domingo F. Sarmiento.

Aquellos vecinos que habitan desde las vías hasta algunas cuadras al Sur de la Av. Rivadavia son quienes se identifican fuertemente con la etapa fundacional de Villa Luro. Se ubican en torno a su estación de ferrocarril y centran su atención desde lo comercial en la Av. Rivadavia entre Av. Canónigo Miguel Calixto del Corro/Medina e Irigoyen/Escalada y más específicamente en su intersección con la Av. Lope de Vega.

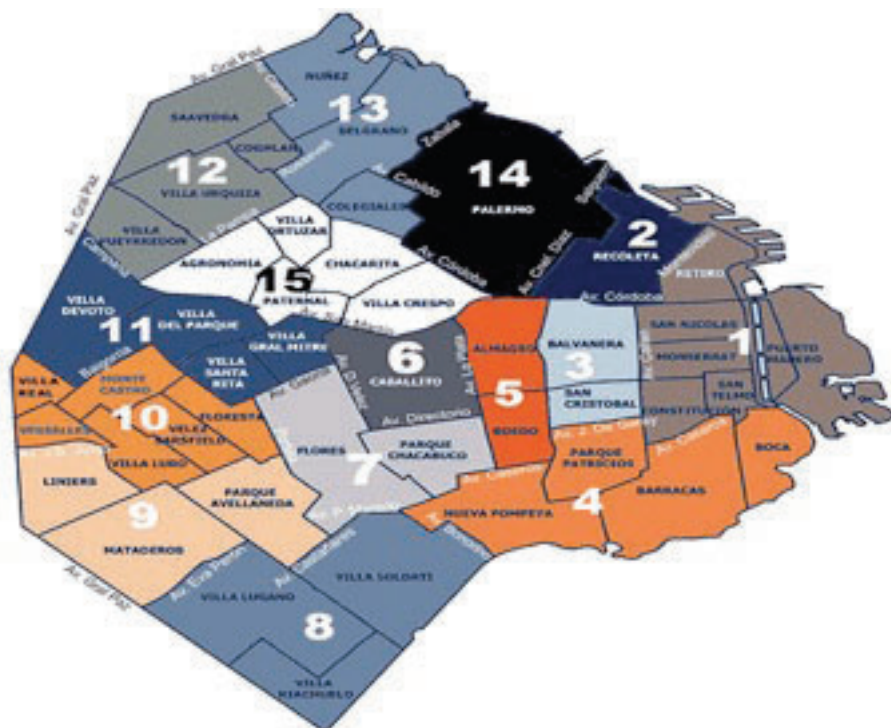
Finalmente, a quienes se ubican en el sector cercano a la Av. Emilio Castro y Av. Juan B. Alberdi, les sucede una situación similar que a los del sector Norte del barrio debido a que su centralidad, de menor jerarquía, es causante de la vinculación con vecinos de otros sectores barriales lindantes como Vélez Sarsfield dentro de la Comuna 10 y Liniers, Mataderos y Parque Avellaneda pertenecientes a la Comuna 9 (Figuras 5 y 6).



**Fig. 4. Barreras y centralidades, Villa Luro, C.A.B.A.**



**Fig. 5. Vinculaciones vecinales**



**Fig. 6. Barrios linderos, C.A.B.A.**

## Marco teórico

### Socialización barrial. Barrio

Se entiende por barrio a la organización político-administrativa de las ciudades que da origen a subdivisiones territoriales las que, con el desarrollo histórico, van recreando en su dinámica interna aspectos de identificación, fortaleciendo en los vecinos el sentido de pertenencia, eje básico de la integración social. Se constituyen así, los denominados 'barrios', conformados por construcciones simbólicas en territorios fijos (Bado, 2012).

El barrio puede ser considerado también como 'unidad urbanística identificable', que constituye un sistema organizado de relaciones a menor escala que la ciudad, y que se presenta como asiento de una comunidad urbana reconocible (Buraglia, 1999, p. 26). La escala del barrio debiera permitir la participación de sus habitantes de manera directa, sin la delegación a representantes, situación que permitiría inferir que la proximidad que ofrece la escala barrial puede permitir el fortalecimiento de la democracia urbana, reconociéndose que la ausencia de barrios generaría una aglomeración pero no vida colectiva (del Franco et al., 2008).

### Identidad, pertenencia, apropiación y participación

La identidad supone compartir la pertenencia a un conjunto social particular, en la que los vecinos están unidos por la proximidad, los afectos recíprocos, el territorio compartido, los símbolos locales, la historia del lugar y las problemáticas y proyectos en común, relaciones que despiertan solidaridades, descubren afinidades y generan acciones en común dentro de un espacio físico territorial, sentido como terruño (Ibíd.).

Tomando la conceptualización de Bordieu (1992) se considera que el proceso por el cual un individuo se posiciona en la estructura social de su barrio debería vincularse con las "formas de existencia social" que se alcanzan a través de la relación entre "*habitus*-representaciones sociales-*campus*-identidad".

*Habitus* como esquemas de clasificación (Amparán, 1998, pp. 186-187), 'representacio-

nes sociales' como formas de conocimiento o ideación construidas socialmente (Durkheim, 1898, Moscovici, 1961), *campus* determinado por el capital común y la lucha por su apropiación (Amparán, 1998, pp. 182-188) e 'identidad' como aspecto dinámico de construcción (Castells, 1998, p. 29).

Pensar el barrio, desde las teorías de identidad y el *habitus* hace necesario un referente geográfico como construcción simbólica, además de territorio físico. El espacio se carga entonces de "sentido" que es resignificado a través de los mecanismos de apropiación que utiliza el sujeto, actuando sobre este espacio de modo individual o colectivo (Pol, 1996).

La apropiación es entendida como la acción que un individuo o grupo produce sobre el espacio público cuando se instala para desarrollar alguna actividad, y este nuevo acontecimiento se incorpora a la historia del lugar. Apropiación podría asociarse a espacio vivo (del Franco et al., 2008).

La participación puede ser definida como la energía que motoriza las actividades colectivas que emanan del sentimiento de la comunidad y de compartir necesidades y proyectos al incluir al habitante, su tiempo y su persona en la vida comunitaria (Ibíd.). Participar en la red social del barrio permite constituir identidades vecinales, entendidas como construcciones imaginarias, que articulan las demandas de los habitantes, lugar de pertenencia primaria, vivido y experimentado en la cotidianeidad. Estas construcciones imaginarias pueden presentarse como lo 'deseado' por los grupos populares que conforman el barrio, sobreponiéndose con el barrio real o solapándose con las influencias de los barrios contiguos (Bado, 2012).

### Configuración y delimitación

La configuración de un barrio debiera incluir límites físicos bien establecidos, tejidos bien estructurados y fuertes centros de convergencia que permitan reconocer tres elementos estructuradores como la demarcación de territorio, la claridad del tejido urbano y el carácter del área central en la percepción final de la imagen física del territorio y el funcionamiento de la comunidad barrial.

Un aspecto primordial a tener en cuenta en

cualquier intervención en un sector urbano es el descubrimiento del sentimiento mayoritario de la población con respecto a la dimensión y a los límites de su barrio.

Con el devenir histórico en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, con frecuencia, se ha confundido el barrio vivo y real desde el ámbito de gobierno, con las jurisdicciones administrativas que, en épocas pasadas, constituyeron unidades socio-territoriales. Ahora bien, en la actualidad, son reconocidas por los vecinos como disociadas, debido a que: a) resultan demasiado extensas por efecto de la conurbación y del incremento de la densidad poblacional; b) funcionan como áreas administrativas para la provisión de servicios e infraestructura urbanos (policía, sanidad, correo, teléfonos) y c) están atravesadas por un número importante de vías de comunicación terrestres, tanto vehiculares como férreas, que actúan como barreras, por tanto no se corresponden con la noción del barrio real.

### **Conceptos clave**

En general se han utilizado como conceptos clave: comunidad, comunidad intencional, región plan, sistema urbano, urbanismo alternativo, barrio, pero cabe distinguir particularmente aquellos que se indican a continuación:

*Centralidades.* Una centralidad o 'centro' puede ser definida como un lugar geográfico con un específico contenido social asociado a las funciones de integración de elementos del conjunto de la ciudad, a la coordinación de actividades y a la simbología. La centralidad geográfica y la consideración de una entidad espacial inmutable no implica la noción de centro urbano sino que hace referencia a la dinámica respecto de cada momento histórico en relación con el resto de la ciudad. La noción de centro urbano es fundamentalmente sociológica, pero hace necesaria la delimitación de sus formas y sus características propias (Casado Galván, 2010).

*Barreras.* En sentido amplio, es toda estructura del entorno que se opone a la independencia y valimiento de la persona con o sin discapacidad. Las limitaciones o imposibilidades en ese entorno existen debido a: las barreras 'arquitectónicas' presentes en edificios públicos o privados, en lugares de ac-

ceso ocasional, puestos de trabajo, viviendas, etc.; las barreras 'urbanísticas' localizadas en la estructura y mobiliario urbanos, sitios históricos y espacios libres públicos y privados; las barreras 'en el transporte': en el sistema de movilidad mecanizada pública y privada y las barreras 'en la comunicación' en los sistemas televisivos, telefónicos, informáticos y de señalización. La situación ideal debiera alcanzarse por caminos no coincidentes pero convergentes a través de la planificación, el diseño sin barreras y la adaptabilidad al medio físico existente (Amengual, 2010).

*Vías de comunicación.* Conjunto de elementos, tales como calles, carreteras, vías férreas, canales y ríos navegables, líneas aéreas y demás, que permiten la circulación tanto local, como regional o internacional (Petroni y Kenigsberg, 1966 en Verga, 2003). Le Corbusier ha clasificado a la calle, denominación genérica de las vías de circulación urbanas, según sus funciones e importancia por categorías cuyos extremos opuestos son la autopista (para grandes comunicaciones) y los paseos y calles arboladas (Petroni y Kenigsberg, 1966). La vía de comunicación terrestre es aquella asociada estrictamente a la vía pública: senderos peatonales, vehiculares, calles y avenidas de tránsito de libre acceso, elementos urbanos conformadores de espacios donde sea posible el desplazamiento en situación urbana, interurbana o de enlace.

En el *New Urbanism* y en el *New Pedestrianism*, considerados movimientos alternativos dentro del urbanismo clásico moderno, se prioriza en distinto grado la desvinculación entre el peatón y el vehículo en vías de comunicación terrestres (Verga, 2011).

### **Metodología**

La metodología de enseñanza de la asignatura PLUS tiene en cuenta una interpretación particular de los modelos pedagógicos (Jiménez, 2007), de los distintos tipos de profesor (Fenstermacher y Soltis, 1999), de las diferentes estrategias de enseñanza (Abadi, 2007) y de los diversos ámbitos donde se imparte (Bernárdez, 2007).

La asignatura alterna entre clases teóricas y un solo trabajo práctico. Eso hace necesario no situarse exclusivamente en un modelo pe-



dagógico único y estático difícil de sostener. PLUS requiere una creatividad ligada a la diversidad y a la libre acción, aspectos básicos y fundamentales para la formación del estudiante de Ingeniería Civil.

### **Transferencia investigación-docencia**

Respecto del TP se implementó de un modo lineal la transferencia investigación-asignatura desde el momento en el que se formuló como tema la propuesta de una solución 'socio-urbano-tecnológica de vinculación barrial' que respondiera a los resultados del PID mencionado y a la interpretación de sus conclusiones.

Esas conclusiones podrían generar una serie de propuestas alternativas que posibiliten la identidad y pertenencia de vecinos a su sector barrial, barrio o comuna, teniendo presente el grado de desvinculación del Norte y el Sur de Villa Luro.

Por su parte, la interpretación partió de asumir que la actividad barrial merece ser reforzada y que los sectores urbanos marginados o relegados de una pertenencia barrial deberían ser integrados a barrios existentes o estructurados en nuevas unidades barriales. De aquí se derivó la formulación de distintas propuestas:

En primer término, haciendo alusión a *habitus*-representaciones sociales- identidad-*campus* se consideró apropiado establecer una delimitación nueva de barrio o una subdivisión barrial que genere una vinculación del vecino con su territorio, apropiación que en el caso del sector Norte quedaría delimitado por Av. Álvarez Jonte, Av. Lope de Vega, Av. Juan B. Justo e Irigoyen mientras que en el Sur por Av. Juan B. Justo, Av. Canónigo Miguel Calixto del Corro, Av. Rivadavia, Medina, Av. Juan B. Alberdi, Escalada, Av. Emilio Castro, Albariño, Anselmo Sáenz Valiente, vías del ex FFCC Domingo F. Sarmiento, Irigoyen, Bacacay, teniendo en cuenta aquello de la pertenencia a un lugar.

En segundo término, redefiniendo la delimitación barrial a escala de ciudad se planteó nuevamente la cadena '*habitus*-representaciones sociales-identidad-*campus*', desde otra interpretación que permitiera la apropiación

del territorio por vecinos, independientemente del área a la que pertenecían. Esta situación posibilitaría una readecuación respecto a la contraposición evidente entre la construcción psicosocial y la delimitación administrativa-política-jurisdiccional vigente.

Extender el tejido social, debilitar centralidades preexistentes o diluir límites barriales, implicaría fortalecer prácticas proyectuales que destruirían el espacio comunitario urbano desestructurando su vida social.

Cuando se trabaja a escala de barrio o de centralidad, los objetivos consisten en la clarificación de la identidad, la provisión del máximo nivel de equipamiento, el refuerzo de las actividades colectivas y el acrecentamiento del poder de convocatoria del centro. Todo ello permite la caracterización del área central. La ubicación del equipamiento colectivo sobre los límites de un sector o barrio, pensado como elemento de integración social con el entorno, genera resultados contrapuestos según situaciones particulares.

Ahora bien, en el caso de un barrio o sector barrial socialmente configurado, el criterio resulta negativo debido a que provoca el debilitamiento de la identidad barrial y de la significación del centro preexistente y además introduce confusión en el sistema de vínculos preestablecidos. Sin embargo, desde una visión más amplia, obviando la identidad particular de un barrio o sector barrial, resultaría efectiva debido a que se logra la unificación de barrios lindantes con la consiguiente integración vecinal.

En tercer término se relacionó la apropiación de espacios públicos dentro del área de referencia (sector barrial, barrio, comuna) entendidos desde su refuncionalización y reintegración, con la posibilidad de formular alguna tipología de centralidad lineal socio-urbano-tecnológica que aúne nodos y sendas preexistentes o nuevas, desde lo significativo-simbólico, valorizando la identidad y pertenencia barrial.

### **Lineamientos generales para el trabajo práctico**

Las etapas del TP del ciclo lectivo 2014 fueron tres y consistieron en: caracterizar la propuesta durante la primera etapa; reconocer y

determinar el área de implantación en la segunda y, finalmente, diseñar la propuesta en la tercera.

En la primera etapa de caracterización se tomaron como referentes publicaciones y presentaciones vinculadas al PID, se implementaron tareas de campo y de elaboración en laboratorio/gabinete que permitieron concluir con un informe final.

En la segunda etapa de reconocimiento y determinación del área de implantación las tareas de campo junto a las de elaboración en laboratorio/gabinete permitieron la obtención de un informe final.

En la tercera etapa de diseño de la propuesta se trabajó únicamente en tareas de elabora-

ción en laboratorio/gabinete para alcanzar un nivel de entrega de documentación gráfica y escrita que permitiera la comprensión de la posible solución a la problemática planteada como tema de trabajo práctico. (Verga, 2014)

## Resultados. Trabajo práctico

A continuación se muestra un ejemplo representativo:

### *Trabajo Maraboli - Quispe - Sardón*

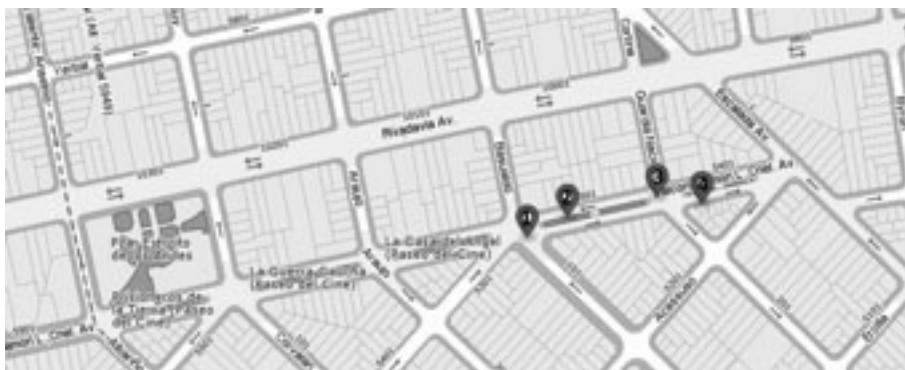
Memoria descriptiva: se partió de tomar como referencia lo enunciado en 'transferencia investigación-docencia' respecto de la posibilidad de relacionar la apropiación de espacios públicos dentro del área de referencia (sector barrial, barrio, comuna) entendidos desde su



**Fig. 7. Circuito completo**



**Fig. 8. Locales gastronómicos en Tramo 1**



**Fig. 9. Locales gastronómicos en Tramo 3 y 4**

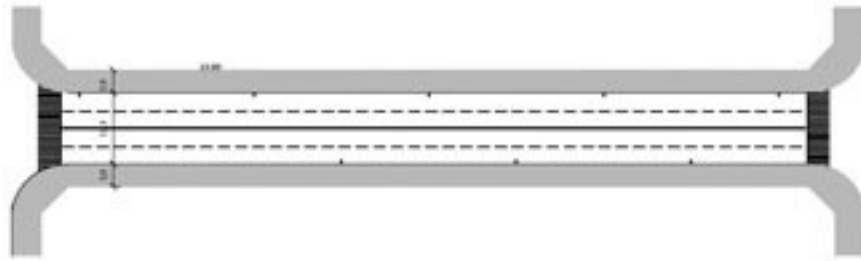
refuncionalización y reintegración, con la posibilidad de formular alguna tipología de centralidad lineal socio-urbano-tecnológica que aúne nodos y sendas preexistentes o nuevas, desde lo significativo-simbólico, valorizando la identidad y pertenencia barrial.

Se propuso, desde esa intencionalidad, un circuito gastronómico-cultural que partiendo de la intersección de la Av. Álvarez Jonte con Av. Lope de Vega, nodo representativo del sector Norte de Villa Luro, finalice en la plaza Ejerc-

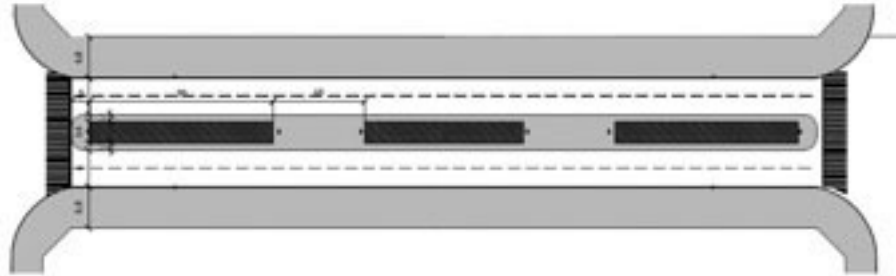
to de los Andes, espacio verde representativo del sector Sur del barrio (Figura 7).

Su recorrido surge del relevamiento de todos aquellos locales gastronómicos existentes –teniendo en cuenta sus ubicaciones–, para generar una centralidad de tipología lineal que aglutine a los habitantes del sector Norte y Sur del barrio (Figuras 8 y 9).

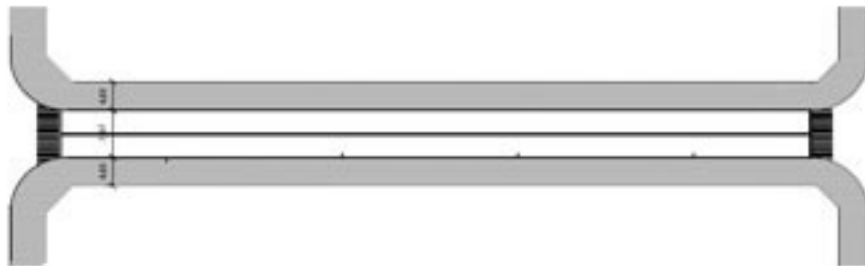
En todo el circuito se previó un acomodamiento dimensional de las vías de comunicación



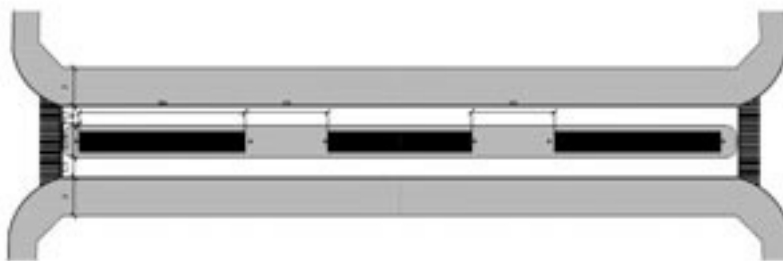
**Fig. 10. Acomodamiento Tramo 1**



**Fig. 11. Acomodamiento Tramo 2**



**Fig. 12. Acomodamiento Tramo 3**



**Fig. 13. Acomodamiento Tramo 4**

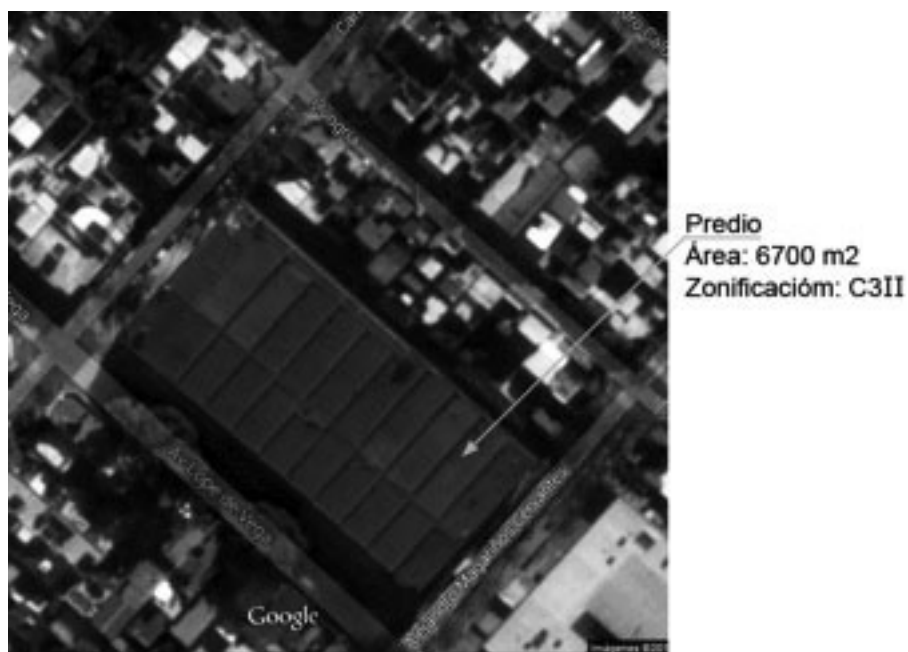
existentes, involucradas en toda su extensión, para privilegiar su recorrido peatonal por sobre el vehicular (Figuras 10 a 13).

Se formuló, desde lo legal-administrativo, un cambio de usos en el Código de Planeamiento Urbano vigente para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para permitir que determinadas vías de comunicación afectadas al circuito dejen de pertenecer al distrito R2BII para incorporarse como distrito C3II. Se pretendió una

uniformidad de criterios del espacio urbano en toda su extensión.

Un edificio ubicado en Av. Lope de Vega entre Camarones y A. M. Cervantes, deshabitado desde hacía un largo tiempo, fue tomado para su refuncionalización como centro cultural barrial, a modo de nodo (Figura 14).

En un sector específico del circuito se propuso la expropiación de construcciones existentes



**Fig. 14. Centro cultural barrial**



**Fig. 15. Expropiación por generación de una plaza.**

para el logro de una vinculación Norte-Sur más efectiva mediante la generación de un espacio verde "una plaza" vinculado a otro existente y enfrentado a éste (Figuras 15 y 16).

Desde la visión ambiental y sustentable se indicó un sistema de iluminación de los conocidos como 'de bajo consumo'. Respecto del

equipamiento urbano se indicó realizarlo con elementos sustentables.

Finalmente, se readecuó el sentido de circulación vehicular en todas las vías de comunicación que son parte integrante del circuito gastronómico-cultural (Figura 17).



**Fig. 16. Expropiación por generación de una plaza.**



**Fig. 17. Circulación vehicular**

## Conclusiones

En la asignatura Planificación urbana sustentable se implementa un modo de enseñanza-aprendizaje particularmente diferente. Se hace hincapié en la idea de la libre elección como modo de lograr la diversidad, la creatividad, la profundidad y la calidad en los resultados. La intención es la de conseguir una formación donde lo social, lo urbano, lo ambiental-sustentable y lo tecnológico sean fundamentales. De ese modo, los futuros egresados estarán en condiciones de proponer proyectos en los cuales se observe como particularidad la ausencia de barreras que puedan generar situaciones de discriminación.

La implementación de la innovación educativa que se profundiza año a año, tiende a lograr que los estudiantes incorporen un nuevo modo de trabajo que les permita resolver en su actividad profesional futura situaciones concretas.

## Agradecimientos

Al Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional por su permanente apoyo a este proyecto.

## Referencias

- ABADI, S. (2007). 'El Estudiante trabajando en modo-artista', en 'Experiencias y Propuestas en la Construcción del Estilo Pedagógico en Diseño y Comunicación', XV Jornadas de Reflexión Académica en Diseño y Comunicación, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Año VII, Vol. 7, ISSN 1668-1673, Buenos Aires, Argentina.
- AMENGUAL, C. (2010). Barreras Físicas, Discapacidad visual hoy, Aportes sobre la visión diferenciada. Buenos Aires, UBA.
- AMPARÁN, A. C. (1998). 'La teoría de los campos en Pierre Bourdieu' Polis 98, Anuario de Sociología, pp. 179/198 UAM- Iztapalapa México.1998. 29.
- BADO, M. S. (2012). 'Monografía sobre Barrio' para Informe de Proyecto de Investigación + Desarrollo 'Diagnóstico sobre incidencia de las vías de comunicación terrestres, como barreras o centralidades, en la sectorización de barrios. Caso Villa Luro', C.A.B.A., Argentina.
- BERNÁRDEZ, M. (2007). 'El camino del conocimiento y la construcción de sentido de la práctica docente', en 'Experiencias y Propuestas en la Construcción del Estilo Pedagógico en Diseño y Comunicación', XV Jornadas de Reflexión Académica en Diseño y Comunicación, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Año VII, Vol. 7, ISSN 1668-1673, Buenos Aires, Argentina.
- BOURDIEU, P. (1992). Réponses. París. Senil.
- BURAGLIA, D. (1999). 'El barrio, desde una perspectiva socio-espacial. Hacia una redefinición del concepto'. Completar
- CASADO GALVÁN, I. (2010). Apuntes para la delimitación y estudio del centro urbano, en Contribuciones a las Ciencias Sociales, enero 2010, [www.eumed.net/rev/cccss/07/icg.htm](http://www.eumed.net/rev/cccss/07/icg.htm)
- CASTELLS, M. (1998). La era de la información. Economía, sociedad y cultura. vol. 2: 'El poder de la identidad'. Madrid. Alianza.
- DEL FRANCO, C.; GARCÍA FAHLER, G.; LADIZESKY, J. (2008). 'Elementos para una política de recuperación del uso del espacio público barrial como soporte de la vida comunitaria', Revista Notas nº 1, CPAU, C.A.B.A., Argentina.
- DURKHEIM, E. (1898). 'Représentations individuelles et représentations collectives'. Revue de Métaphysique et de Morales. Completar
- FENSTERMACHER, x y SOLTIS, X (1999). Enfoques de enseñanza. Buenos Aires, Argentina, Amorrortu.
- JIMÉNEZ, M. (2007). 'Modelos pedagógicos vigentes en la universidad y ejercicio de la docencia'. Experiencias y Propuestas en la Construcción del Estilo Pedagógico en Diseño y Comunicación. XV Jornadas de Reflexión Académica en Diseño y Comunicación, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Año VII, vol. 7, ISSN 1668-1673, Buenos Aires, Argentina.
- MARABOLI, I. G.; QUISPE, C. M. y SARDON, F. A. (2014). Trabajo Práctico 'Propuestas socio-urbano-tecnológicas de vinculación de sectores barriales. Caso Villa Luro', Planificación urbana sustentable, UTN.BA.
- MOSCOVICI, S. (1961). El psicoanálisis, su imagen y su público. Buenos Aires, Huemul.
- PETRONI, C. A.y KRATZ DE KENIGSBERG, R. (1966). Diccionario de urbanismo, Cesarini.
- POL, E. (1996). 'La apropiación del espacio'. Iñiguez y E. Pol (comps.), Cognición, representación y apropiación del espacio. Colección Monografías psico/socio/ambientales. Barcelona. Universidad de Barcelona.
- VERGA, J. L. (2014). Desarrollo programático anual, Planificación urbana sustentable, CEIT / UTN. BA.
- VERGA, J. L. (2011). Comunidad, Urbanismo alternativo, Nuevos principios del urbanismo, DAPyU II, P5DT7, CEIT / UTN.BA.
- VERGA, J. L. (2007). Ambiente, DAPyU II, P5DT6, CEIT/UTN.BA
- VERGA, J.L. (2003). Urbanismo y Planeamiento, DAPyU II, P5DT1, CEIT/UTN.BA.
- VERGA, J. L. (2004). Metodología, DAPyU II, P5DT3, CEIT/UTN.BA.



# Corrección de mapas satelitales de precipitación mediante el uso de pluviómetros

**Víctor Preatoni<sup>1</sup>, Fernando Pazos<sup>1</sup>, Alfredo Campos<sup>1, 2</sup>, Sebastián Verraastro<sup>1</sup>**

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

2 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Clima y Agua, Nicolás Repetto y de los Reseros s/n, (1686) Hurlingham, Pcia. de Buenos Aires, Argentina

*vpreatoni@gmail.com*

*Recibido el 21 de diciembre de 2015, aprobado el 20 de enero de 2016*

## Resumen

La medición de precipitaciones es un factor clave para el estudio de los recursos naturales. La misión espacial TRMM<sup>1</sup> provee datos satelitales de precipitación con una aceptable resolución temporal y espacial. No obstante, estos datos son susceptibles de ser mejorados mediante mediciones provenientes de estaciones terrenas. El presente trabajo propone utilizar el algoritmo de interpolación de Barnes para corregir las imágenes satelitales de Argentina. De la validación del mismo se observa que se obtienen mejoras promedio de hasta 7,33%, siendo más relevante la mejora durante la época invernal.

**PALABRAS CLAVE:** TRMM – 3B43 – INTERPOLACIÓN DE BARNES – VALIDACIÓN DE DATOS

## Abstract

Precipitation measurement is a key factor to natural resources studies. Space mission TRMM<sup>1</sup> provides precipitation satellite data with an acceptable spatial and temporal resolution. However, these data are likely to be improved by local rain gauges measurements. This paper studies the Barnes interpolation algorithm to correct satellite imagery of Argentina. From validation, it's observed that average improvements of up to 7.33% are obtained, being higher during winter.

**KEYWORDS:** TRMM – 3B43 – BARNES INTERPOLATION – DATA VALIDATION

1 TRMM: *Tropical Rainfall Measuring Mission* (Misión para la medición de precipitaciones tropicales) <http://trmm.gsfc.nasa.gov/>

## Introducción

La precipitación es un proceso físico fundamental del ciclo global del agua y su distribución espacial y temporal tiene un impacto significativo sobre los flujos hidrológicos y sus estados (Gottschalck *et al.*, 2005; Tian *et al.*, 2007; Su *et al.*, 2008; Yong *et al.*, 2010; Jiang *et al.*, 2010). Su correcta medición aporta información muy importante en los ámbitos de la agricultura, hidrología, pronóstico numérico y demás estudios climáticos, así como también en el ámbito social, para el control y manejo de inundaciones (Hobouchian *et al.*, 2010).

La medición convencional de la precipitación se realiza mediante un recipiente graduado. Aunque existen variantes en cuanto a la forma y superficie del orificio superior por donde ingresa el agua, el método básico consiste en tomar la medida del volumen de agua recogido durante un determinado período y vaciar luego el recipiente, dejándolo listo para una nueva medición (*Japan Meteorological Agency, Chapter 6, Measurement of Precipitation*). Como mejora del proceso de medición, surgen los pluviómetros de doble cubeta basculante, donde un embudo conduce el agua recolectada a una pequeña cubeta triangular doble con una bisagra en su punto medio. Es un sistema cuyo equilibrio varía en función de la cantidad de agua en las cubetas y el movimiento de las mismas se contabiliza mediante un sistema electrónico (Méndez *et al.*, 2013).

El registro histórico de medición de precipitaciones se encuentra limitado a áreas donde los pluviómetros pueden desplegarse, por lo tanto éstos están distribuidos de manera muy dispersa sobre grandes superficies de tierra (Ebert *et al.*, 2007). Por este motivo, sumado a que los pluviómetros proveen mediciones puntuales, se hace muy difícil obtener una correcta medición global de precipitaciones únicamente con observaciones en superficie (Jiang *et al.*, 2010). En Argentina, debido al reducido número de estaciones de observación en superficie, la distribución no homogénea en toda la extensión del territorio —y en muchos casos también el largo tiempo entre relevamientos de datos provenientes de las mismas— ha ganado vital importancia la información proveniente de satélites meteo-

rológicos para el estudio de las precipitaciones (Hobouchian *et al.*, 2010).

Con el advenimiento de los satélites meteorológicos en los años setenta, los científicos desarrollaron técnicas para estimar las precipitaciones a partir de observaciones radiométricas, las cuales brindan cobertura de la mayor parte del globo terrestre. Las primeras técnicas medían la radiación visible e infrarroja para inferir la intensidad de las precipitaciones basándose en la reflectividad (luz visible) y en la temperatura de la capa superior de las nubes (infrarrojo). La correlación entre las propiedades de las nubes y las precipitaciones es débil; es por ello que a partir de los años ochenta se comenzó a trabajar con sensores de microondas pasivos, instalados en satélites de órbita polar. De esta manera se mejoró la precisión en la estimación satelital de precipitaciones.

Existen diversos sistemas globales de medición satelital de precipitaciones, como ser el PERSIANN<sup>2</sup> (Sorooshian *et al.*, 2000), el sistema combinado del *Climate Precipitation Center perteneciente al National Oceanic Atmospheric and Administration* (NOAA) llamado CMORPH<sup>3</sup> (Joyce *et al.*, 2004), el sistema de clasificación de nubes del PERSIANN (Hong *et al.*, 2004), y el análisis de precipitaciones multisatélite provisto por la misión TRMM (Huffman *et al.*, 2007), en el que se basa el presente trabajo (Jiang, 2010). Para el estudio de variables meteorológicas, las principales fortalezas de estos dispositivos son la extensa superficie de sensado y su objetividad. Como contrapartida, al tratarse de un método de medición indirecto, se producen errores que afectan al resultado final de la medición, requiriendo, en muchos casos, de complejos algoritmos para obtener los resultados deseados. A su vez, las mediciones hechas en campo a través de estaciones meteorológicas, ya sean automáticas o no, poseen gran certeza pero los datos recogidos carecen de validez fuera de su área de influencia (Huffman *et al.*, 1997).

Toda estimación de precipitaciones tiene sus ventajas y desventajas (Barrett y Martin, 1981; Arkin y Ardanuy, 1989). Las estimaciones con pluviómetros son las más precisas y, generalmente, se consideran "la verdad" debido a que

---

<sup>2</sup> *Precipitation Estimation from Remote Sensing Information using Artificial Neural Network* (Estimación de precipitaciones a partir de teledetección usando redes neuronales artificiales).

<sup>3</sup> *Climate prediction center MORPHing technique*.

dan una medición directa de precipitación en superficie. Sin embargo, los pluviómetros pueden subestimar la precipitación debido al viento, evaporación, error de instrumental o error humano (Neff, 1977; Sevruk, 1982; Legates y Willmott, 1990). Las estimaciones satelitales por infrarrojo proveen una excelente cobertura temporal, pero son influenciadas por la temperatura superior de las nubes, y pueden muchas veces confundir una temperatura fría por precipitación (Griffith *et al.*, 1981; Wylie, 1979; Arkin y Meisner, 1987; Arkin y Xie, 1994; Arkin *et al.*, 1994). Kondragunta y Gruber (1997) demostraron que productos combinados –satélite/pluviómetro– fueron más realistas en la representación de los ciclos anuales e interanuales (Gottschalck *et al.*, 2005).

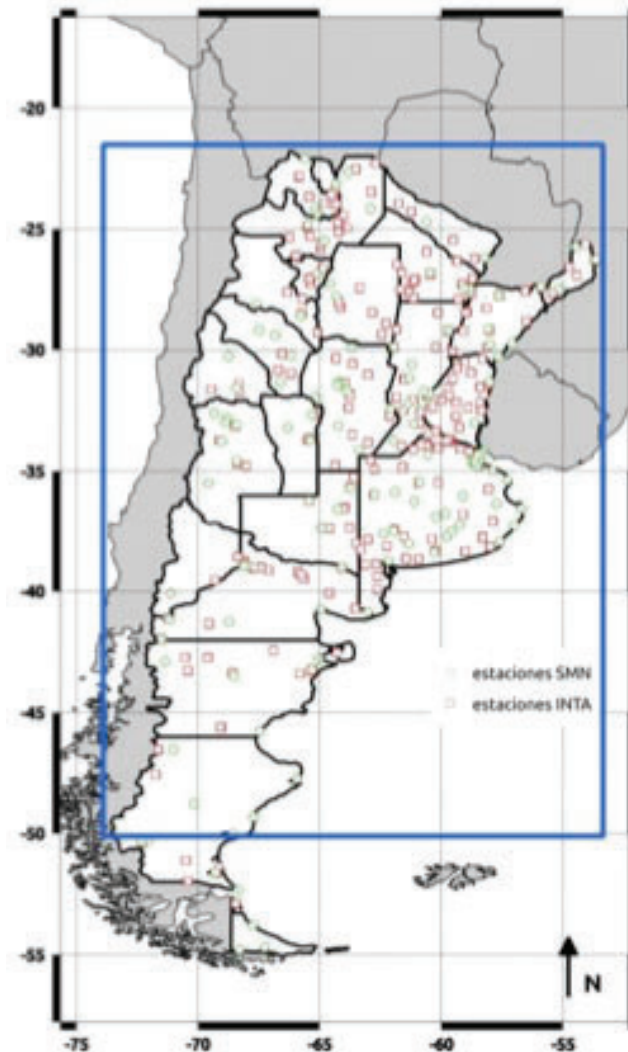
El objetivo de este trabajo es realizar una correc-

ción en las estimaciones de precipitación mensuales realizadas por la misión TRMM. Para dicha tarea se tomarán como referencia datos reportados por los pluviómetros. La corrección se realizará basándose en el algoritmo de interpolación de Barnes, combinando datos matriciales (formato *raster*) con datos puntuales de los pluviómetros (formato vectorial), y se validará la metodología mediante el empleo de validación cruzada.

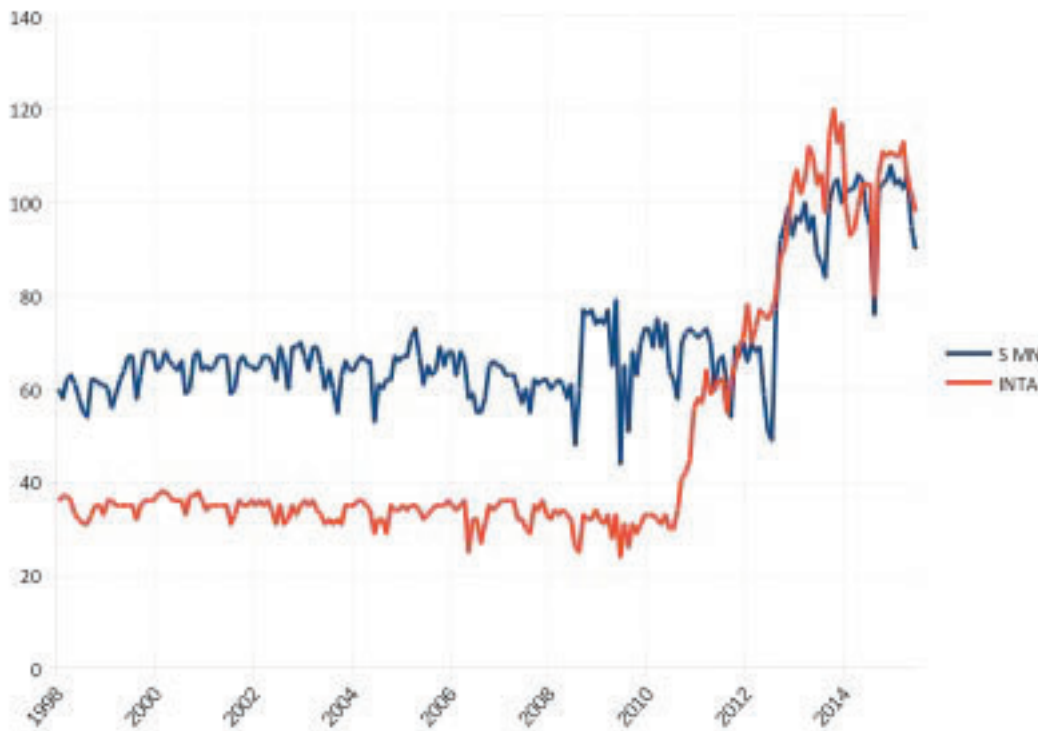
## Materiales y métodos

### Región de estudio

La región de estudio comprende los límites políticos de la república Argentina hasta los 50° de latitud Sur (Figura 1), siendo este límite definido por los productos satelitales de precipitación que se desea corregir. Debido a la extensión en



**Fig. 1. Región de estudio (azul) y estaciones meteorológicas**  
(Fuente: Elaboración propia. Mapa generado en QGIS 2.8)



**Fig. 2. Evolución mensual de la cantidad de pluviómetros. Rojo: red del INTA; azul: red del SMN) (Fuente: Elaboración propia)**

latitud de la Argentina, la región hidrológica de estudio es ampliamente heterogénea y se clasifica de acuerdo con el volumen de precipitación media anual, que varía desde valores inferiores a los 100 mm anuales, llegando a máximos de 2500 mm anuales (Peñalba *et al.*, 2004).

### Datos de precipitación

La misión *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) fue lanzada en 1997 en conjunto por la agencia *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) y la *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA). La misma tiene como objetivo el monitoreo de la precipitación del trópico y subtropical y la estimación del calor latente asociado. TRMM incluye varios sensores activos y pasivos, como ser un radar de precipitación, un sensor visible e infrarrojo (VIRS) y un sensor de microondas (TMI) (Kummerow *et al.*, 2000). Para mayor detalle de los sensores se recomienda el artículo de Kummerow *et al.* (1998). Entre los muchos productos que TRMM provee a

través de su *web* se encuentran los productos 3B42<sup>4</sup> y 3B43<sup>5</sup>. Estos productos se encuentran disponibles desde el 01-01-1998 hasta la fecha y cubren todo el globo entre los  $\pm 50^\circ$  de latitud, con una resolución espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . La resolución temporal del producto 3B42 es de 3 horas, mientras que el producto 3B43 es mensual. En el caso del producto mensual, éste posee una corrección ya que combina las estimaciones generadas por TRMM y otros satélites, con mediciones pluviométricas obtenidas de *Climate Anomaly Monitoring System* (CAMS) del centro de predicción del clima de NOAA y/o mediciones de *Global Precipitation Climatology Center* (GPCC) (Su *et al.*, 2007; Collischonn *et al.*, 2008; McCabe *et al.*, 2008; Almazroui, 2011). Ambos productos fueron descargados de la página oficial de TRMM (<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>) para las fechas comprendidas entre enero de 1998 y junio de 2015. Las imágenes en formato *Hierarchical Data Format* (HDF) fueron convertidas a GeoTIFF (TIFF georeferenciados) y recortadas de manera que coincidan

<sup>3</sup> Estimación global de precipitaciones con resolución temporal de 3 horas y resolución espacial de  $0,25^\circ$ . [http://mirador.gsfc.nasa.gov/collections/TRMM\\_3B42\\_\\_007.shtml](http://mirador.gsfc.nasa.gov/collections/TRMM_3B42__007.shtml)

<sup>4</sup> Estimación global de precipitaciones con resolución temporal de 1 mes y resolución espacial de  $0,25^\circ$ . [http://mirador.gsfc.nasa.gov/collections/TRMM\\_3B43\\_\\_007.shtml](http://mirador.gsfc.nasa.gov/collections/TRMM_3B43__007.shtml)

con el área de estudio (Figura 1). En el caso del producto 3B42, el mismo fue llevado a intervalo mensual mediante la acumulación por mes de sus estimaciones.

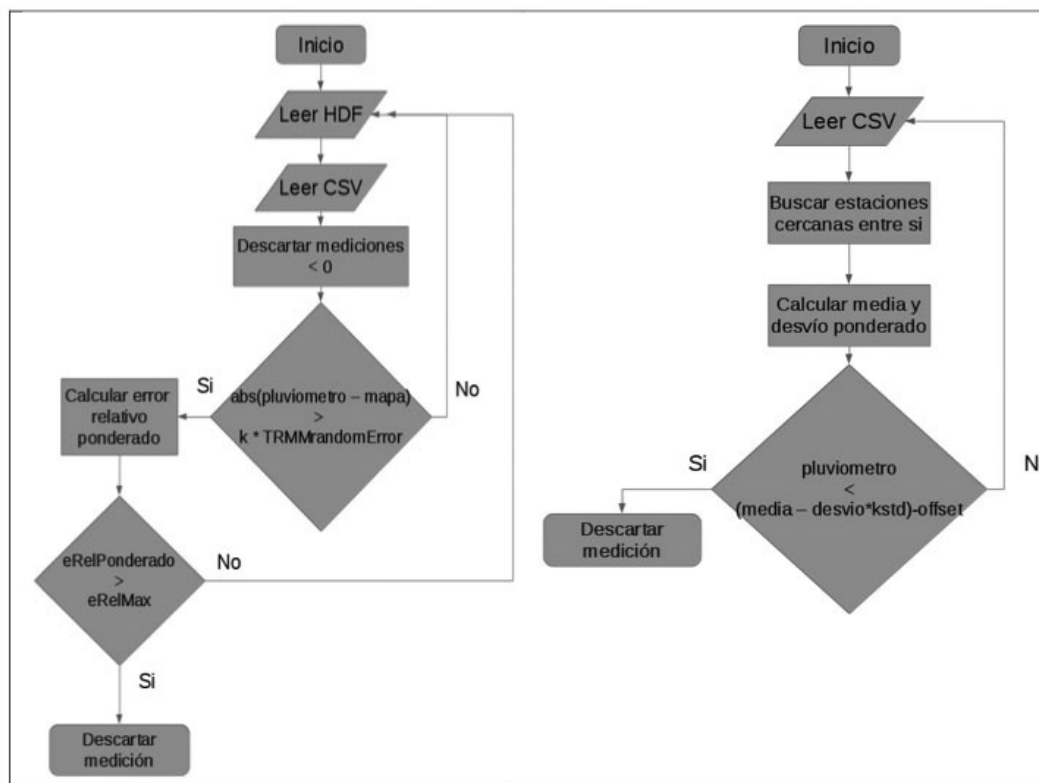
Los datos pluviométricos de estaciones meteorológicas fueron tomados de la red de estaciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), provistas por el Instituto del Clima y Agua y por la red del Servicio Meteorológico Nacional (SNM), (Figura 1). Ambas redes realizan mediciones diarias de diversas variables meteorológicas, de donde solo se extrajo la precipitación, y se la acumuló en intervalos mensuales. Es necesario destacar que el total de estaciones suele variar a lo largo del período considerado ya que hay estaciones que se han dado de baja, otras en reparación e incluso hay estaciones nuevas (Figura 2).

### Validación de datos pluviométricos

Dado que los pluviómetros requieren un estricto cronograma de mantenimiento y limpieza –el cual es difícil de cumplimentar– y son además

instrumentos susceptibles a varias fuentes de error (la mayoría de las cuales provocarán una medición por defecto), es necesario un control de calidad de las mediciones previo a aplicar el algoritmo de corrección (Huffman et al., 1997).

*Primera verificación:* el juego de mapas 3B43 del TRMM es un producto con varios niveles de procesamiento, el cual ya cuenta con una corrección basada en la red de pluviómetros del GPCC. Posee además una especificación del *error absoluto aleatorio* (Huffman et al., 2014) mediante la cual se puede conocer la calidad del dato leído en un determinado pixel. La primera verificación consiste en comparar la diferencia entre el pluviómetro bajo análisis y mapa satelital 3B43 vs. el error absoluto especificado por el producto 3B43. En caso de obtenerse una diferencia pluviómetro-mapa menor a cero (recuérdese que los errores en los pluviómetros suelen darse por defecto), y a su vez el valor absoluto de la diferencia sea mayor al error especificado por el 3B43 multiplicado por un factor de tolerancia k, se procederá a analizar el error relativo de dicha medición dado que se está frente a un valor susceptible



**Fig. 3. Esquema de los algoritmos de descarte de estaciones (izquierda: método del error relativo ponderado; derecha: método de los k-vecinos más cercanos)**

(Fuente: Elaboración propia. Diagrama de flujos generado en LibreOffice)

de ser descartado (Figura 3 izquierda). Para el cálculo del error relativo del pluviómetro, se realiza una ponderación adicional, multiplicando su diferencia relativa por un factor basado en el error relativo del 3B43. De esta manera, el error relativo del pluviómetro tendrá mayor peso donde el error relativo del 3B43 es bajo y viceversa. En caso de que el error relativo ponderado del pluviómetro exceda el umbral  $eRelMax$ , se procede a descartar la medición.

*Segunda verificación:* continuando con el estudio de la calidad de las mediciones, deberán descartarse aquellas cercanas entre sí que arrojen valores muy dispares. Para detectar y descartar dichas mediciones, se empleó el algoritmo de  $k$ -NN, el cual busca los  $k$  pluviómetros más cercanos dentro de un radio acotado por el usuario. Una vez obtenida la lista de pluviómetros vecinos, se procede a calcular el desvío y la media ponderada por la distancia desde el pluviómetro bajo análisis hasta el pluviómetro más cercano, teniendo así mayor peso en la media y desvío aquellos pluviómetros más cercanos al punto bajo análisis. Se define como media ponderada y desvío ponderado a:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot (x_i - \bar{x})^2}{(n'-1) \sum_{i=1}^n w_i}} \quad (2)$$

donde  $w_i$  representa el peso asignado a cada  $x_i$  y  $n$  es la cantidad de pluviómetros vecinos encontrados,  $\bar{x}$  es la media ponderada y  $n'$  representa la longitud del vector pesos  $w_i$ . En caso de que la medición del pluviómetro se encuentre por debajo de un umbral determinado por la media y el desvío ponderado, se procede a descartar la medición (Figura 3 derecha).

Para evitar falsos descartes tuvo que agregarse un parámetro de *offset*. Para seleccionar un radio de búsqueda adecuado, se empleó el análisis de correlación mensual entre pluviómetros realizado por Raddatz (1987), el cual estudia el coeficiente de correlación diario y mensual entre pluviómetros en función de la distancia.

## Algoritmo de interpolación de Barnes

En este trabajo se tomó como punto de partida el algoritmo de interpolación de Barnes (Rozante *et al.*, 2010), el cual en sus primeras versiones requería múltiples iteraciones para converger en un resultado aceptable (Barnes, 1964), mejorándose luego en Barnes (1973) mediante la incorporación de un nuevo parámetro llamado *gamma*, el cual permite la convergencia en solo una iteración adicional (Koch *et al.*, 1983). Una de las ventajas del algoritmo de interpolación de Barnes es que permite definir como parámetro a un radio  $R$  que determina la forma del filtro. Dado que la función peso (3) es de característica gaussiana,  $R$  puede interpretarse como el "radio de influencia" de la interpolación. Es decir que, mediante la manipulación del valor de  $R$ , se podrá seleccionar el nivel de detalle en el mapa (Koch *et al.*, 1983). Para la primera pasada del algoritmo, se define la función peso de la siguiente manera:

$$w_n = e^{\left(\frac{-d_n^2}{R^2}\right)} \quad (3)$$

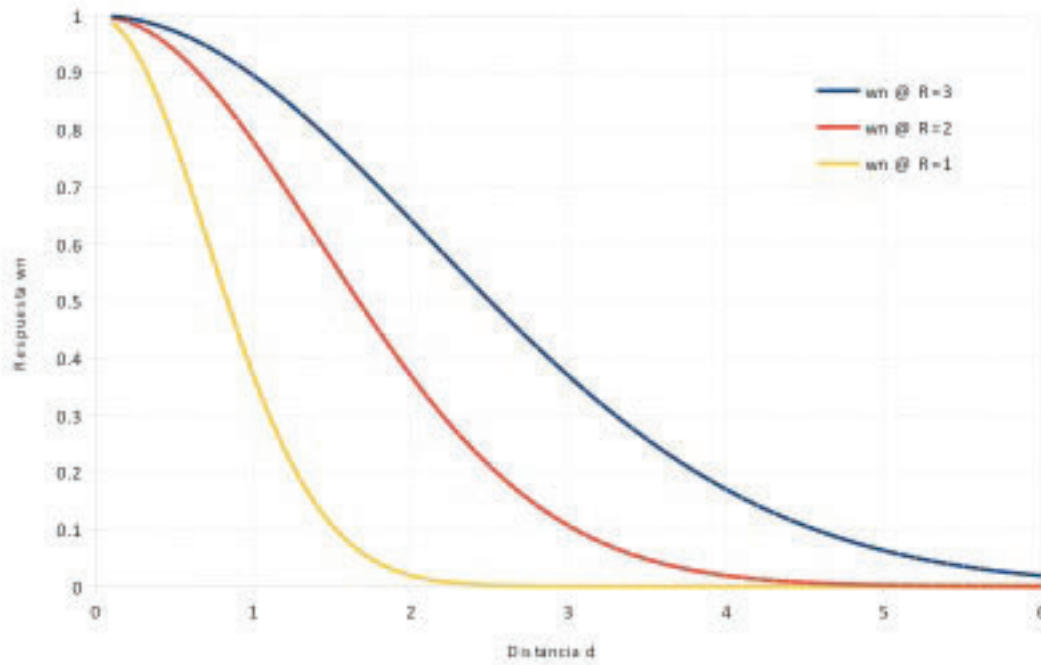
donde  $d$  es la distancia entre el punto bajo análisis y un punto  $n$  de la grilla y  $R$  es el radio de influencia. Esta relación implica que al aumentar  $R$  se disminuye el ancho de banda del filtro, perdiendo así detalle en la interpolación, mientras que al disminuir  $R$  aumenta el detalle pero se pierde influencia entre un punto interpolado y su adyacente (Figura 4).

La primera pasada del algoritmo de Barnes está dada por:

$$g_0(i, j) = \frac{\sum_{n=1}^N w_n \cdot f(x_n, y_n)}{\sum_{n=1}^N w_n} \quad (4)$$

donde  $w_n$  es la función peso definida anteriormente y  $f_{(x, y)}$  es el campo matricial a ser interpolado. Se define luego la función peso pero agregando un factor de convergencia llamado *gamma* ( $\gamma$ ) el cual permite converger a un resultado aceptable con tan solo una pasada adicional (Koch *et al.*, 1983):

$$w'_n = e^{\left(\frac{-d_n^2}{\gamma R^2}\right)} \quad (5)$$



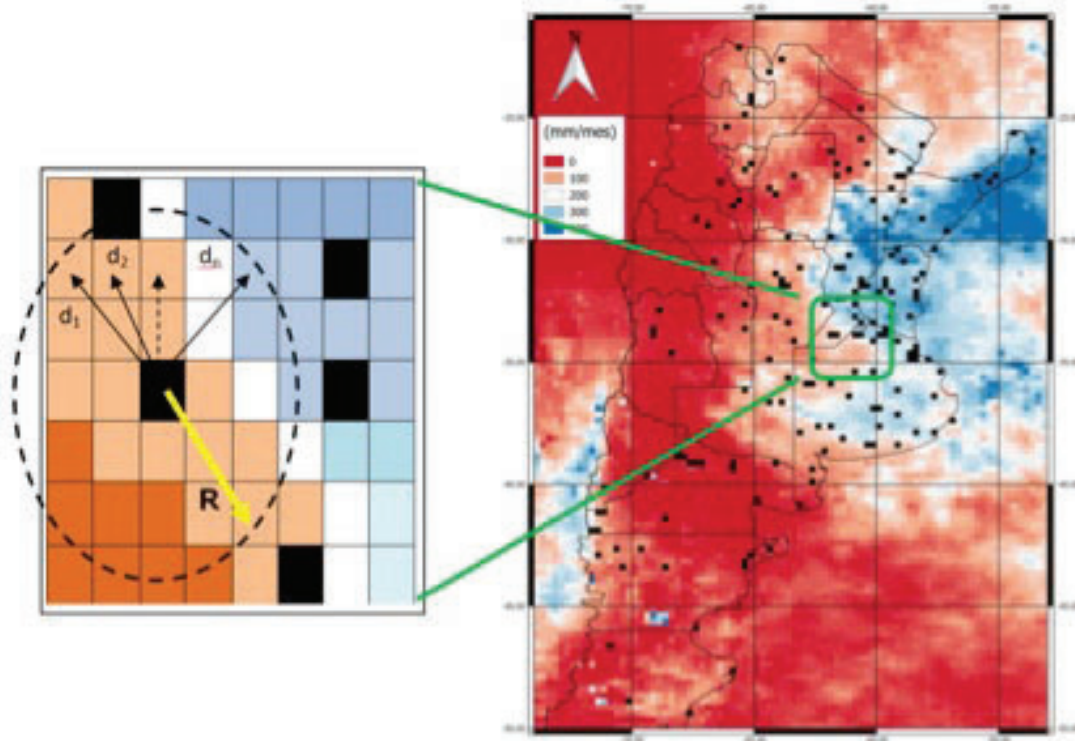
**Fig. 4. Forma del filtro en función de R**  
(Fuente: Elaboración propia)

donde  $d$  es la distancia entre el punto bajo análisis y un punto  $n$  de la grilla,  $R$  es el radio de influencia, y  $\gamma$  es el parámetro de convergencia ( $0 < \gamma < 1$ ).

Segunda pasada del algoritmo:

$$g_1(i, j) = g_0(i, j) + \frac{\sum_{n=1}^N w'_n \cdot [f(x_n, y_n) - g_0(x_n, y_n)]}{\sum_{n=1}^N w'_n} \quad (6)$$

donde  $g_0(i, j)$  es la primera pasada de la interpolación,  $w'_n$  es la función peso modificada, y  $f_{(x, y)} - g_{0(x, y)}$  es el error de interpolación de la primera pasada. Si bien el algoritmo de interpolación de Barnes requiere tan solo de dos parámetros ( $R$  y  $gamma$ ), se debe emplear cierto criterio al momento de elegir un valor. Según literatura (Barnes, 1973; Koch *et al.*, 1983), valores óptimos de  $gamma$  son 0,2 ó 0,3. Para la selección de  $R$ , se emplea el estudio realizado por Koch *et al.* (1983), el cual determina el radio de influencia de la interpolación en función de la distribución de los pluviómetros y su uniformidad.



**Fig. 5. Ejemplo de aplicación del algoritmo de Barnes sobre un mapa. Los puntos negros representan los pluviómetros**

(Fuente: Elaboración propia. Mapa generado en QGIS 2.8)

### Aplicación del algoritmo

Previo a la aplicación del filtro, se reemplazan los píxeles del mapa satelital original con los píxeles correspondientes a los valores de los pluviómetros validados. Se procede luego a la aplicación del algoritmo (Figura 5).

### Selección de un método de validación

La validación de datos históricos presenta un inconveniente: no es posible regresar en el tiempo para verificar en campo si la corrección efectuada fue positiva (mejora) o negativa (empeora). Es por ello que se empleará el método de validación cruzada *leave-one-out* (Dong y Wang, 2010; Wong, 2015). Consiste en aplicar el algoritmo de corrección sobre el mapa original pero dejando fuera un punto del mapa de pluviómetros, y determinar luego si en ese punto hubo una mejora (valor del píxel se acercó al valor del pluviómetro) o un empeoramiento (valor del píxel se alejó del valor del pluviómetro). Para cada punto del juego de datos de pluviómetros se determina entonces el error entre este punto y el

mapa original, y el error entre el punto y el mapa *leave-one-out* corregido. Se acumulan los errores mes a mes para un dado *set* de mapas, y se determina luego la raíz del error cuadrático medio ( $RMSE^6$ ) (Ec. 7 y 8):

$$RMSE_{Original} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - orig_i)^2}{n}} \quad (7)$$

$$RMSE_{L1o} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - l1o_i)^2}{n}} \quad (8)$$

donde  $n$  representa la cantidad de puntos sobre los cuales se aplica *leave-one-out*,  $p_i$  representa el punto bajo análisis,  $orig_i$  representa el punto en el mapa original, y  $l1o_i$  representa el punto en el mapa corregido dejando al punto  $p_i$  fuera.

En caso de existir una mejora en los mapas, es de esperar que el  $RMSE$  entre el punto y el mapa original sea mayor que el  $RMSE$  entre el punto y el mapa *leave-one-out* corregido. Para facilitar la interpretación de los puntos donde hubo -o no- mejoras, cada punto es

<sup>6</sup> *Root Mean Square Error* (Error cuadrático medio).



representado por un pixel generado por la siguiente ecuación, la cual compara ambos valores de *RMSE* y expresa el resultado como un porcentaje de mejora.

*matrizMejora* =

$$\left( \frac{RMSE_{Original}}{RMSE_{L10}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (9)$$

### Selección de los puntos a validar

La elección de los puntos sobre los cuales se realizará el proceso de validación tiene un papel fundamental en la obtención de un resultado consistente. Como primera restricción, se deben seleccionar puntos que se repitan durante todo el período bajo análisis. Y como segunda restricción, los puntos seleccionados deben tener cierta cercanía entre sí, de forma tal que exista una influencia entre ellos. Para este último, se utilizará la gráfica de la función respuesta del peso  $w_n$  (Figura 4).

## Resultados y discusión

### Validación de datos pluviométricos

Como resultado de la primera verificación, la cual contrasta las mediciones entre estaciones y sensores remotos, se obtuvo la Tabla 1.

eRelMax	k = 1,0	k = 1,5	k = 2,0	k = 2,5	k = 3,0
10%	3.195	1.222	463	200	78
20%	2.977	1.220	463	200	78
<b>30%</b>	1.687	1.133	<b>451</b>	197	78
40%	754	754	415	188	78

**Tabla 1. Cantidad de mediciones descartadas (de un total de 26.694) según el *k* y *eRelMax* empleados.** (Fuente: Elaboración propia)

Offset	kstd = 0,5	kstd = 1,0	kstd = 1,5	kstd = 2,0
0	6.377	1.134	100	20
5	2.338	358	34	6
<b>10</b>	1.282	<b>183</b>	17	4
15	802	110	8	3

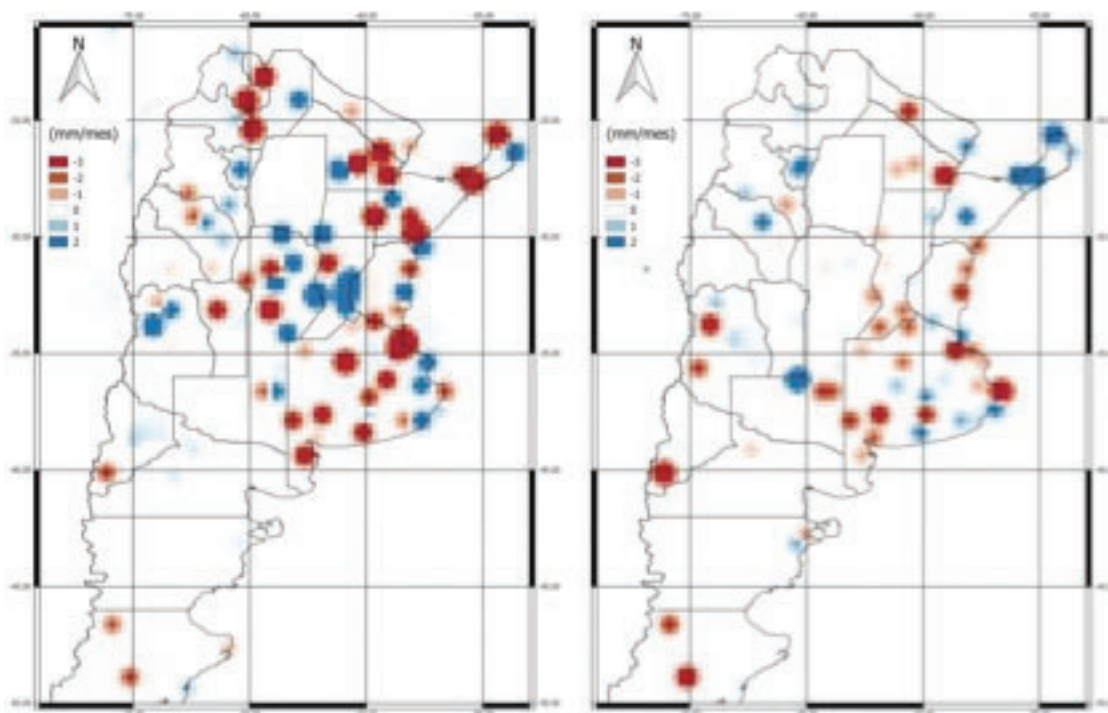
**Tabla 2. Cantidad de mediciones descartadas (de un total de 24.967) según el *kstd* y *offset* empleados. (Radio de búsqueda = 125 km. Pluviómetros previamente filtrados con *k* = 2 y *eRelMax* = 30%).** (Fuente: Elaboración propia)

En la misma se observó que valores de  $k > 2$  tienen poco efecto al variar *eRelMax*, y valores de  $k < 2$  disparan el descarte a valores muy altos, dejando fuera mediciones extremas. Por otro lado, se observó que valores de *eRelMax* < 30% no generaron variación en la cantidad de descartes. Por ello se adoptó como valores óptimos a  $k = 2$  y *eRelMax* = 30%.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la segunda verificación, la cual detecta discrepancias entre estaciones cercanas. De los resultados se desprende que valores de *kstd* > 1 producen poco descarte, y valores de *kstd* < 1 disparan el descarte a valores muy altos, dejando fuera mediciones extremas. Por otro lado, se observó que valores de *offset* < 5 también disparan el descarte. Por ello se adoptó como valores óptimos a *kstd* = 1,0 y *offset* = 10 como solución arbitraria. Téngase en cuenta que la mayoría de las estaciones dudosas fueron filtradas por la validación anterior, por ello es de esperar que el descarte en esta segunda verificación sea menor.

### Aplicación del algoritmo de Barnes

Dado que visualmente no es posible observar las correcciones en los puntos donde se encuentran los pluviómetros, se muestra a continuación un mapa que representa la diferencia



**Fig. 6. Diferencia entre mapa original y mapa corregido para Enero 2010 (izquierda) y Junio 2010 (derecha). Obsérvese la correspondencia entre las correcciones y los puntos de los pluviómetros en la Fig. 5**  
(Fuente: Elaboración propia)

Todas las imágenes corregidas se encuentran disponibles para descargar de la página oficial del INTA: [http://sepa.inta.gob.ar/trmm\\_corregidas/](http://sepa.inta.gob.ar/trmm_corregidas/)

Radio validación	2	3	4	5	6	7	Infinito
Mediciones en común	4	8	10	16	19	20	22
Representatividad	3%	6%	7%	12%	14%	15%	16%

**Tabla 3. Cantidad de mediciones en común en función del radio de validación (de una media de 135 estaciones para el período 2009-2015)** (Fuente: Elaboración propia)

entre el mapa original y el mapa corregido (Figura 6). De la corrección se pudo apreciar que no existe un patrón definido para Ene/2010, situación que se repitió en el resto de la serie de imágenes. Sí se observa una mayor corrección absoluta durante los meses de verano, debido a que las precipitaciones son más intensas.

#### Ajuste del método de validación

Se seleccionó como radio de validación aquel en el cual la función respuesta  $w_n$  cae un 93%.

Dado que se adoptó un  $R=3$  como parámetro para la interpolación de Barnes (ver Tabla 4 más adelante), dicho valor se obtuvo a una distancia  $d=5$ . Esto quiere decir que un punto alejado de otro una distancia  $d=5$ , tiene una influencia del 7% sobre el primero (ver Figura 4).

De la Figura 4 se concluyó que radios de validación de 6 o mayores producen una influencia sobre sus puntos vecinos menores al 2%, por lo cual dichos radios son descartados. A su vez, de la Tabla 3 pudo evaluarse que radios

<b>R</b>	<b><math>\gamma = 0,2</math></b>	<b><math>\gamma = 0,3</math></b>
2	6,23%	7,16%
<b>3</b>	<b>7,33%</b>	<b>7,51%</b>
4	7,09%	6,46%

**Tabla 4. Porcentaje promedio de mejora según  $\gamma$  y  $R$**  (Fuente: Elaboración propia)

<b>Período</b>	<b><math>\gamma = 0,2</math></b>	<b><math>\gamma = 0,3</math></b>
1998-2003	<b>1,47%</b>	1,27%
2004-2008	<b>3,97%</b>	3,23%
2009-2015	7,33%	<b>7,51%</b>

**Tabla 5. Porcentaje promedio de mejora según  $\gamma$  ( $R=3$ ) para los diferentes períodos de estudio** (Fuente: Elaboración propia)

menores a 5 producen un elevado descarte en cuanto a los puntos en común a utilizarse. Con un radio = 5 se obtuvo una representatividad del 12% sobre la media de puntos en todo el período.

#### **Optimización de los parámetros de interpolación**

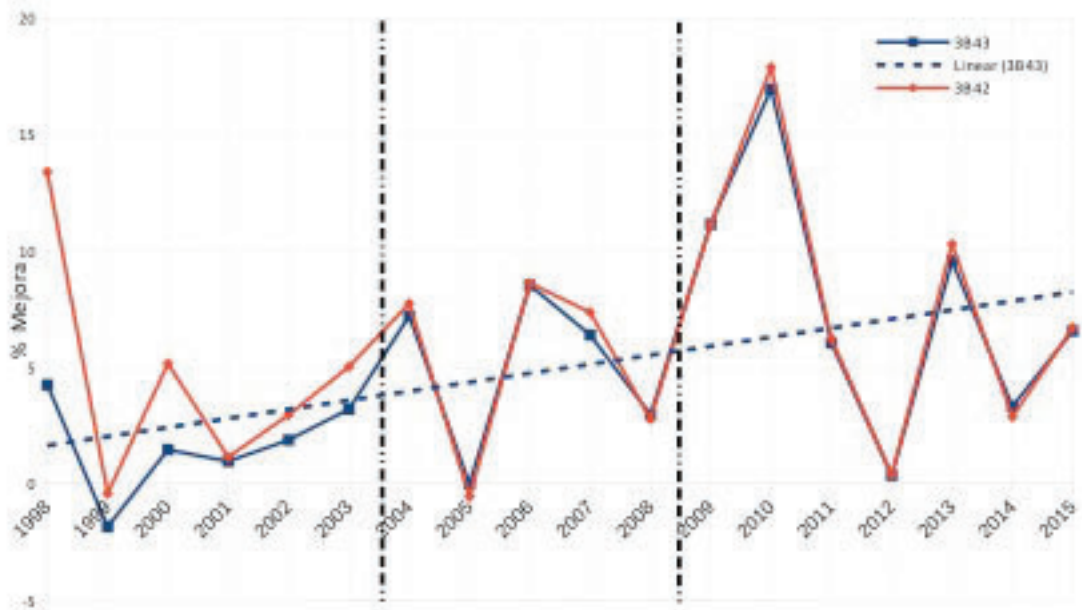
Se procedió a la optimización de los parámetros de interpolación  $R$  y  $\gamma$  de Barnes para el período 2009-2015. El porcentaje promedio de mejora se calculó como la media de los porcentajes de mejora de cada punto analizado por la ecuación (10):

$$\overline{mejora} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} \quad (10)$$

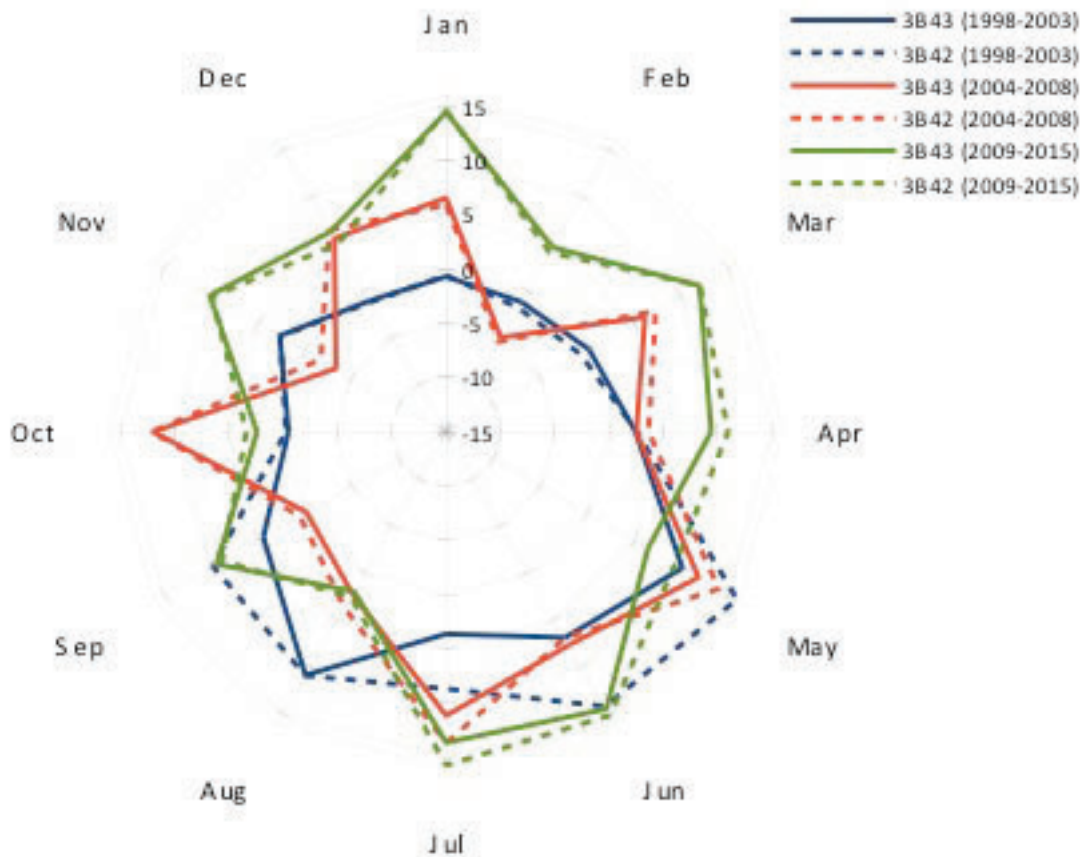
donde  $n$  es la cantidad de puntos analizados y  $m_i$  es el porcentaje de mejora en dicho punto.

De la Tabla 4 se observó que los mejores valores se obtuvieron para un  $R=3$ , no quedando definido el valor de  $\gamma$  óptimo. Para obtener dicho parámetro se procedió a analizar todo el período completo, desde 1998 hasta 2015, particionado en tres según la cantidad de estaciones disponibles.

Finalmente se determinó que los parámetros óptimos para la interpolación de Barnes son:  $R = 3$  y  $\gamma = 0,2$ . Se continuó luego con el análisis de mejora anual –año a año– y estacional –mes a mes– del juego mapas completo del producto 3B42 y 3B43 para los tres períodos enunciados en la Tabla 5.



**Fig. 7. Análisis de mejora promedio anual 1998-2015 (azul: 3B43; punteada: tendencia 3B43; rojo: 3B42; línea vertical: períodos de análisis) (Fuente: Elaboración propia)**



**Fig. 8. Análisis de mejora promedio mensual (línea llena: 3B43; línea punteada: 3B42; azul: 1998-2003; rojo: 2004-2008; verde: 2009-2015) (Fuente: Elaboración propia)**

## Intercomparación de productos

### Análisis anual

Durante el análisis anual, se observó una tendencia hacia el incremento en la mejora a partir de 2004 (Figura 7). Se observa también una menor discrepancia entre las correcciones efectuadas en el producto 3B43 vs. 3B42 a partir de 2004.

### Análisis mensual

De acuerdo al análisis mensual (Figura 8), se pudo comprobar que existe una tendencia a obtener una mejora de los mapas durante los meses más fríos del año debido a la sobreesitimación que realizan las observaciones por satélite (Ebert *et al.*, 2007). También se verifica tanto en la Figura 8 como en la Figura 7, que el promedio de mejora es mayor en el producto 3B42 debido a que este no cuenta con la corrección que sí se realiza en el producto 3B43 mediante los pluviómetros de la red del GPCC.

### Conclusiones

Pudimos verificar que el producto 3B43 es susceptible de ser corregido, principalmente debido a que utilizamos un juego de datos adicional a la corrección que otorga la red de pluviómetros del GPCC. La mejora obtenida se validó por el método de validación cruzada *leave-one-out*.

Se verificó también la correcta aplicación del algoritmo de interpolación de Barnes y su particular utilidad al momento de trabajar con datos distribuidos de manera irregular. Dicho algoritmo puede tener aplicación en otras ramas de la electrónica como ser la telemetría mediante sensores remotos distribuidos aleatoriamente, el monitoreo de variables ambientales, etc.

El presente trabajo queda abierto a futuros investigadores que deseen continuar con el proyecto de investigación evaluando la representatividad espacial de los pluviómetros de la red del INTA y el SMN (Raddatz, 1987), mejorar el método de análisis de la calidad de los pluviómetros (Rudolf, 1993), y analizar cómo disminuye la capa de 'error absoluto' de los mapas corregidos con el algoritmo aquí propuesto.

### Agradecimientos

Queremos agradecer al Departamento de Ingeniería Electrónica de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional y al Instituto de Clima y Agua del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria por haber puesto a nuestra disposición sus instalaciones y por sobre todo a sus profesionales, con quienes hemos consultado y evacuado gran cantidad de dudas.

## Referencias

- ALMAZROUI, M. (2011). Calibration of TRMM rainfall climatology over Saudi Arabia during 1998–2009. *Atmos. Res.* 99, 400–414.
- ARKIN, P. A.; ARDANUY, P. E. (1989). Estimating Climatic-Scale Precipitation from Space: A Review. *J. Climate*, 2, 1229–1238.
- ARKIN, P. A.; MEISNER, B. N. (1987). The relationship between large-scale convective rainfall and cold cloud over the Western Hemisphere during 1982-84. *Mon.Wea.Rev.*, 115: 51-74.
- ARKIN, P. A.; XIE, P. P. (1994). The Global Precipitation Climatology Project: First Algorithm Inter-comparison Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 75, 401–419.
- ARKIN, P. A.; JOYCE, R.; JANOWIAK, J. E. (1994). IR techniques: GOES precipitation index. *Remote Sens. Rev.*, 11, 107–124.
- BARNES, S. L. (1964). A technique for maximizing details in a numerical weather map analysis. *Journal of Applied Meteorology*, 3, 396-409.
- BARNES, S. L. (1973). Mesoscale objective map analysis using weighted time series observations. NOAA Technical Memorandum NSSL-62.
- BARRETT, E.C.; MARTIN, D. W. (1981). The Use of Satellite Data in Rainfall Monitoring. Academic Press, pp.340.
- CAMPOS, A. N.; FIGUEROA SCHIBBER, E.; GARCÍA, A. G. (2010). Evaluación de la información satelital para el estudio de la dinámica hidrológica de la Llanura Pampeana. Instituto de Clima y Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- COLLISCHONN, B.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. (2008). Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. *J. Hydrol.* 360(1–4), 207–216.
- DONG, M ; WANG, N. (2010). Adaptive network-based fuzzy inference system with leave-one-out cross-validation approach for prediction of surface roughness. *Applied Mathematical Modelling* 35 (2011) 1024–1035.
- EBERT, E. E.; JANOWIAK, J. E.; KIDD, C. (2007). Comparison of near-real-time precipitation estimates from satellite observations and numerical models. *American Meteorological Society*. p. 47-64.
- GOTTSCHALCK, J.; MENG, J.; RODELL, M.; HOUSER, P. (2005). Analysis of multiple precipitation products and preliminary assessment of their impact on global land data assimilation system land surface states. *J Hydrometeorol* 6(5):573–598.
- GRIFFITH, C. G.; AUGUSTINE, J. A.; WOODLEY, B. L. (1981). Satellite rain estimation in the US high plains. *J. Appl. Meteorol.* 20, 53-66.
- HOBOUCHIAN, M. P.; SALIO, P.; VILA, D.; GARCÍA SKABAR, Y. (2010). Validación de estimaciones de precipitación por satélite sobre Sudamérica utilizando una red de observaciones de alta resolución espacial.
- HONG, Y.; HSU, K. L.; SOROOSHIAN, S.; GAO, X. G. (2004). Precipitation Estimation from Remotely Sensed Imagery Using an Artificial Neural Network Cloud Classification System. *Journal of Applied Meteorology* 43: 1834–1852.
- HUFFMAN, G. J.; ADLER, R. F.; ARKIN, P.; CHANG, A.; FERRARO, R.; GRUBER, A.; JANOWIAK, J.; MCNAB, A.; RUDOLF, B.; SCHNEIDER, U. (1997). The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Dataset, *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 78, no. 1, 5-20.
- HUFFMAN, G. J.; BOLVIN, D. T. (2014). TRMM and Other Data Precipitation Data Set Documentation. Mesoscale Atmospheric Processes Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center.
- JIANG, H.; ZIPSER, E. J. (2010). Contribution of tropical cyclones to the global precipitation from eight seasons of TRMM data: Regional, seasonal, and interannual variations. *J. Climate*, 23, 1526–1543.
- JOYCE, R. J.; JANOWIAK, J. E.; ARKIN, P. A.; XIE, P. (2004). CMORPH: a method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *J Hydrometeorol* 5:487–503.
- KOCH, S. E.; DESJARDINS, M.; KOCIN, P. (1983). An interactive Barnes Objective map analysis scheme for use with satellite and conventional data. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, vol. 22, no. 9, 1487-1503.

KONDRAGUNTA, C.; GRUBER, A. (1997). Intercomparison of spatial and temporal variability of various precipitation estimates. *Adv. Space Sci.*, 19, 457–460.

KUMMEROW, C.; BARNES, W.; KOZU, T.; SHIUE, J.; SIMPSON, J. (1998). The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package. *Journal of atmospheric and oceanic technology*. vol. 15. p. 809-817.

KUMMEROW, C. et al. (2000). The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit. *American Meteorological Society*. vol. 39. p. 1965-1982.

LEGATES, D. R.; WILLMOTT, C. J. (1990). Mean seasonal and spatial variability in gauge-corrected, global precipitation. *International Journal of Climatology*, 10, 111-127.

MCCABE, G. J.; CLARK, M. P.; HAY, L. E. (2008). Rain-on-snow events in the western United States, *B. Am. Meteorol. Soc.*, 88, 319–328.

MÉNDEZ, A. J. L., GONZÁLEZ, A. H., GARRIDO MONAGAS, M., ANDALIA GILBERT, A. I. (2013). Captación de lluvia con pluviógrafos de cubeta y su postprocesamiento. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, vol. XXXIV, no. 2, may-ago 2013, p. 73-87.

NEFF, E. L. (1977). How much rain does a rain gage gage? *J. Hydrology*, 35, 213-220.

PEÑALBA, O. C.; VARGAS, W. M. (2004). Interdecadal and interannual variations of annual and extreme precipitation over central-northeastern Argentina. In: *International Journal of Climatology*, 24(12), p. 1565-1580.

RADDATZ, R. L. (1987). Mesoscale representativeness of rainfall measurements for Winnipeg. *Atmosphere-Ocean*, 25, 267-278.

ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; DE GONCALVES, L. G.; VILA, D. A. (2010). Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation over South America. *Weather and Forecasting*, 25, 885-894.

RUDOLF, B. (1993). Management and analysis of precipitation data on a routine basis. *Proc. Int. WMO/IAHS/ETH Symp. on Precipitation and Evaporation, Bratislava, Slovakia, Slovak Hydromet. Inst.*, 69–76.

SEVRUK, B. (1982). Methods of correction for systematic error in point precipitation measurement for operational use. *World Meteorol. Org., Operational Hydrol. Rep. 21, WMO-NO. 589-591*.

SOROOSHIAN, S.; HSU, K. L.; GAO, X.; GUPTA, H. V.; IMAM, B.; BRAITHWAITE, D. (2000). Evaluation of PERSIANN system satellite-based estimates of tropical rainfall. *B Am Meteorol Soc* 81:2035–2046.

SU, F.; HONG, Y.; LETTENMAIER, D. P. (2007). Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and Its Utility in Hydrologic Prediction in the La Plata Basin. *American Meteorological Society*. Vol. 9. p. 622-640.

TIAN, Y. D.; PETERS-LIDARD, C.D.; CHOUDHURY, B. J.; GARCIA, M. (2007). Multitemporal analysis of TRMM-based satellite precipitation products for land data assimilation applications. *J. Hydrometeorol* 8(6):1165–1183.

WONG, TZU-TSUNG (2015). Performance evaluation of classification algorithms by k-fold and leave-one-out cross validation. *Pattern Recognition* 48 (2015) 2839–2846.

WYLIE, D. P. (1979). An application of a geostationary satellite rain estimation technique to an extra-tropical area. *J.Appl.Meteorol.* 18: 1640-1648.

YONG, B.; REN, L.L.; HONG, Y.; WANG, J. H.; GOURLEY, J. J.; JIANG, S. H.; CHEN, X.; WANG, W. (2010). Hydrologic evaluation of multisatellite precipitation analysis standard precipitation products in basins beyond its inclined latitude band: A case study in Laohahe basin, China. *Water Resour Res* 46.





# Desempeño del método de análisis transitorio en la detección de fallas paramétricas en circuitos integrados

**Fernando Aguirre<sup>1</sup>, Sebastián Pazos<sup>1</sup>, Eduardo Romero<sup>2</sup>,  
Gabriela Peretti<sup>2</sup>, Sebastián Verrastro<sup>1</sup>**

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

2 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Villa María, Av. Universidad, (5900) Villa María, Córdoba, Argentina

*faguirre@electron.frba.utn.edu.ar*

*Recibido el 19 de noviembre de 2015, aprobado el 20 de diciembre de 2015*

## Resumen

En este trabajo se evalúa la capacidad de la estrategia de *test* denominada Metodología de Análisis de Respuesta Transitoria (TRAM<sup>1</sup>) para discriminar entre circuitos dentro y fuera de especificaciones. Con este propósito se adopta una vista a nivel comportamiento, definiendo una falla como un incumplimiento de alguna de las especificaciones. Si bien esta estrategia de *test* ha sido estudiada por varios autores, este trabajo se enfoca en la utilización de modelos de simulación más precisos que evitan hacer suposiciones de comportamientos ideales. Para las evaluaciones se ha adoptado un filtro de segundo orden en la topología de variables de estados, el cual ha sido diseñado totalmente a medida (*full custom*) en una tecnología comercial CMOS de 500 nm. Se adopta una metodología de evaluación que inyecta desviaciones aleatorias en los parámetros circuitales como un medio para generar una población de circuitos con diferentes proporciones de buenos y malos. Esta población se expone posteriormente al *test* para evaluar su eficiencia.

**PALABRAS CLAVE:** CIRCUITOS INTEGRADOS ANALÓGICOS – DETECCIÓN DE FALLAS – TRAM – RESPUESTA TRANSITORIA – CMOS

## Abstract

This paper evaluates the capacity of the test strategy named Transient Response Analysis Method (TRAM) to detect manufactured circuits that fall inside or outside its specifications. With this purpose, a behavioral level approach is adopted, defining a fault as the inability to comply with any of the specifications. Although this strategy has been addressed by other authors, this article focuses on the implementation of more precise simulation models to avoid the assumption of ideal components. A state variable, second order filter was implemented in a 500 nm CMOS technology following a full-custom flow, and adopted as circuit under test. To perform the evaluation, random deviations are injected to the circuit parameters, in order to create populations with different amounts of faulty and non faulty circuits. The test strategy is applied to these populations in order to evaluate its efficiency.

**KEYWORDS:** ANALOG INTEGRATED CIRCUITS – FAULT DETECTION – TRAM – TRANSIENT RESPONSE – CMOS

1 Transient Response Analysis Method

## Introducción

En un mercado tan competitivo como lo es el de semiconductores, la capacidad de detectar y eventualmente descartar un Circuito Integrado (CI) defectuoso antes de que llegue al consumidor contribuye a mantener la imagen positiva de la empresa y a aumentar sus ganancias. Esto ha motivado a los fabricantes a implementar rigurosos procedimientos de *test* para determinar si se han introducido durante el proceso de fabricación defectos que puedan hacer que el circuito no cumpla con las especificaciones. Una alternativa obvia para realizar esta determinación consiste en la medición directa de los parámetros de desempeño del circuito. Sin embargo, este procedimiento es muy costoso, tanto en términos de tiempo de *test* como de equipamiento necesario. Por ello se han propuesto una gran cantidad de estrategias que se basan en estímulos de *test* y respuestas a los mismos fáciles de generar y medir (Vinnakota, 1998).

En términos generales puede afirmarse que las estrategias de *test* deben concebirse para alcanzar los siguientes objetivos (Liu, 1991; Van Spaandonk & Kevenaar, 1996): a) Tener una alta capacidad de detección de fallas, b) basarse en un estímulo de *test* simple y compacto, y c) minimizar el número de mediciones necesarias.

Para el caso de los circuitos analógicos, además del cumplimiento de las exigencias previamente mencionadas, se suma la complejidad intrínseca de las señales de tiempo continuo (frente a sus contrapartes digitales), lo que aumenta las exigencias a los circuitos de *test*. Normalmente, esto hace que las estrategias de *test* para circuitos analógicos y de señal mixta demanden grandes áreas de silicio y consuman un esfuerzo considerable, lo que se traslada en un aumento del costo del producto. Adicionalmente, el número de fallas probables es extremadamente alto en este tipo de circuitos. Como consecuencia, el *test* de CI analógicos ha emergido como un desafío de proporciones considerables tanto para ingenieros de diseño como de *test*.

Los filtros de tiempo continuo constituyen un caso particular de circuitos analógicos de gran importancia, dado que son ampliamente utilizados en numerosas aplicaciones. Debido a ello,

se han formulado numerosas estrategias de *test* para filtros. Las propuestas generalmente asumen que son posibles ciertas reconfiguraciones circuitales o el agregado de circuitos adicionales (Soma, 1990, Vázquez et al., 1994, Romero et al., 2005). Una opción sumamente atractiva dada su simplicidad es el TRAM (Método de Análisis Transitorio) que es aplicable a filtros de segundo orden (Calvano et al., 1999, 2000, 2001). Básicamente, se aplica un estímulo al circuito y se miden parámetros de la respuesta temporal asumiéndose que una falla en el circuito provocará la alteración de los mismos. De esta forma, la falla se hace observable.

En años más recientes se reportaron diferentes estudios que ampliaron el conocimiento sobre TRAM gracias a la consideración de la variabilidad estadística de los componentes del circuito (Peralta et al., 2007b, 2009, 2011). Se han hecho evaluaciones tanto en los niveles comportamentales como funcionales. Sin embargo, estos trabajos han sido realizados asumiendo que el amplificador operacional es ideal. Más recientemente se presentaron evaluaciones en las cuales se ha adoptado un enfoque estructural y modelos SPICE<sup>1</sup> de los circuitos. Esto ha permitido obtener resultados más cercanos a la realidad, ya que los amplificadores utilizados han sido diseñados a medida en una tecnología CMOS dada (Pazos et al, 2015a, 2015b). En este artículo se adopta una vista a nivel comportamiento para la evaluación de TRAM. En este sentido, se presenta un estudio que estima la capacidad de TRAM para discriminar circuitos dentro y fuera de especificaciones. Con este propósito, se adopta como caso de estudio un filtro bicuadrático diseñado e implementado en un proceso CMOS comercial estándar de 500 nm. La utilización de modelos SPICE a nivel transistor en lugar de los modelos matemáticos empleados en evaluaciones previas, sumado al cambio en el modelo de desviaciones utilizado para generar circuitos dentro y fuera de especificaciones durante la evaluación de performance de TRAM, se constituyen en las principales contribuciones del trabajo.

### Transient Response Analysis Method (TRAM)

Este método postula que es posible la detección de un circuito defectuoso mediante el mo-

---

<sup>1</sup> SPICE: Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis

nitoreo de los valores característicos de su respuesta transitoria, denominados parámetros indirectos o atributos de *test*, en lugar de las especificaciones o parámetros directos. En TRAM, los parámetros indirectos son los característicos de la respuesta transitoria: tiempo de pico ( $T_p$ ), tiempo de establecimiento ( $T_s$ ), tiempo de demora ( $T_D$ ), Tiempo de subida ( $T_R$ ) y la sobre-elongación o sobre-pico relativo (%OS). Para cada topología de filtro se pueden establecer también relaciones entre los parámetros indirectos y los parámetros de bajo nivel (componentes del circuito, como valores de resistencias y capacitores).

Se definen como especificaciones a un juego de parámetros que representan el funcionamiento del CI. En este caso, serán los parámetros típicos de un filtro, tales como la frecuencia natural,  $\omega_p$ , definida como la frecuencia a la cual la fase alcanza  $90^\circ$  y el factor de selectividad,  $Q$ , equivalente a la ganancia del filtro para la frecuencia natural. Un circuito dado se declara como defectuoso si no cumple con al menos una de las mencionadas especificaciones, con una dada tolerancia.

La idea detrás de TRAM yace en la relación existente entre los parámetros indirectos con los parámetros directos, lo cual evidencian las ecuaciones (1) a (5). Un corrimiento en los parámetros de bajo nivel (un desvío fuera de los límites aceptables en los componentes) causará un desvío en los parámetros directos, que podrá ser detectado como una variación en los parámetros indirectos.

$$T_D = \frac{\left(1 + \frac{\xi}{\sqrt{2}}\right)}{\omega_o} \quad (1)$$

$$T_R = \frac{1}{\omega_D} = \text{atan}\left(-\frac{\omega_D}{\omega_o \xi}\right) \quad (2)$$

$$T_S = \frac{4}{\xi \omega_o} \quad (3)$$

$$T_P = \frac{\pi}{\omega_o} \quad (4)$$

$$OS\% = e^{-\frac{\pi \xi}{\sqrt{1-\xi^2}}} \quad (5)$$

### Dispositivo bajo prueba (DUT). Diseño e implementación

Tal como se ha indicado previamente, este trabajo se focaliza en la evaluación de la capacidad de TRAM para discriminar entre circuitos buenos (dentro de especificaciones) y malos (fuera de especificaciones). En particular, se asume que la estrategia será utilizada como una *test* de producción. En este escenario, tanto los ingenieros de diseño como los de *test* disponen de información detallada del circuito, lo que permite la implementación de metodologías de evaluación del *test* basadas en la estructura del circuito.

Se ha adoptado como caso de estudio a un filtro activo de segundo orden, del tipo pasa-bajos y que responde a la topología de Variables de Estado. El esquemático del filtro se muestra en la Figura 1a, mientras que su respuesta en frecuencia puede verse en la Figura 1b. El circuito ha sido diseñado e implementado en un proceso CMOS de 500 nm. Los amplificadores operacionales necesarios son de aplicación específica (diseñados específicamente para el filtro). Este bloque es básicamente un amplificador operacional de Miller (Maloberti, 2003) con el agregado de una etapa de salida del tipo seguidor por *source-follower push-pull* para alcanzar una baja resistencia de salida. Los componentes pasivos fueron implementados como resistores de Poly-Silicio y capacitores de Poly-Silicio a Poly-Silicio.

En el proceso utilizado, los resistores tienen un desvío global nominal de  $3\sigma$  del 20% mientras que el *mismatch* (o desvío intraoblea) se supone del 1% ( $3\sigma$ ). En el caso de los capacitores dichos desvíos son del 11% y 1% respectivamente.

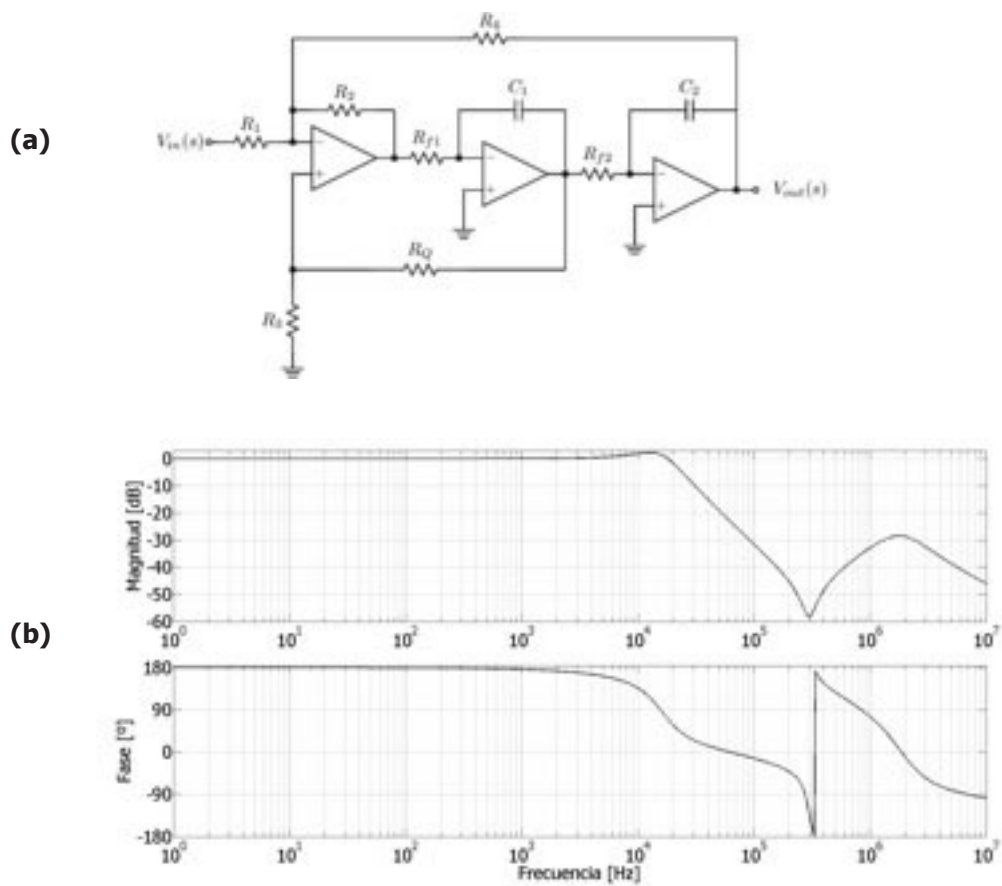


Fig. 1. Circuito Bajo *Test*: (a) circuito esquemático, (b) respuesta en frecuencia

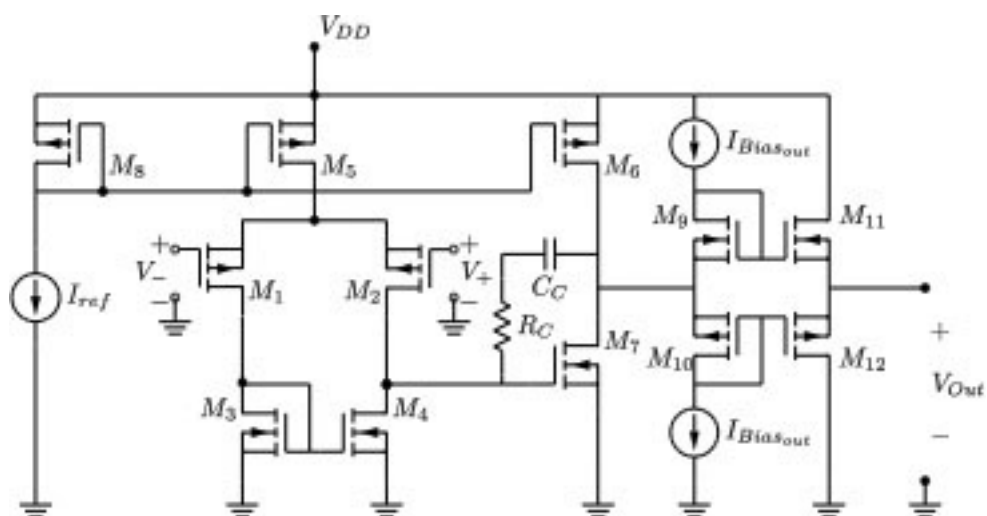
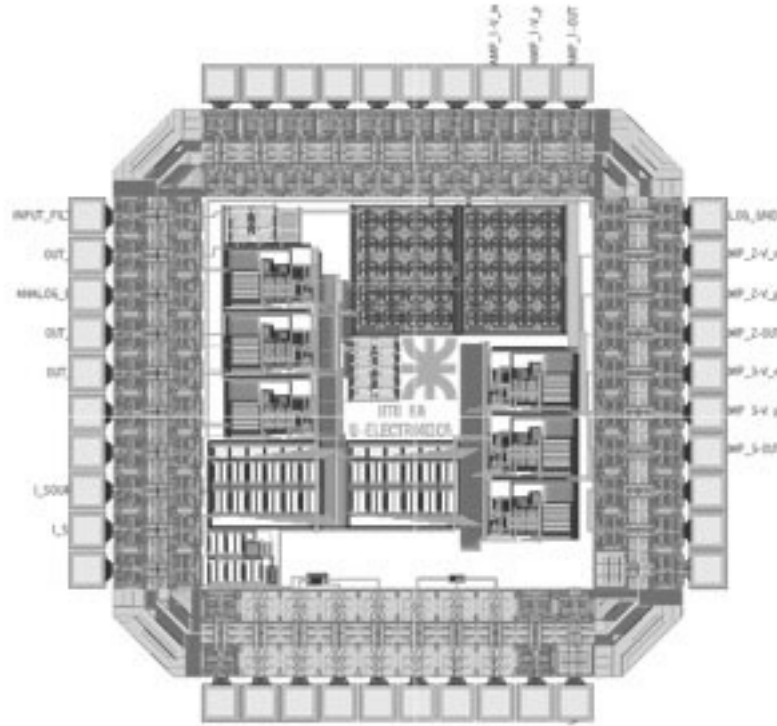


Fig. 2. Circuito esquemático del operacional utilizado para la síntesis. Se omiten las etapas de polarización.



**Fig. 3. Vista del *layout* correspondiente al *Top-Level* del circuito integrado diseñado y fabricado**

La Figura 2 muestra el Amplificador Operacional diseñado. Los transistores M1 a M7 más la red RC representan la etapa de Miller convencional, mientras que los transistores M9 a M12 la etapa de salida. Por razones de simplicidad, se omite en el circuito esquemático la etapa de polarización. Las ecuaciones (9) a (12) describen la vinculación para este circuito en particular entre los parámetros de bajo nivel y los parámetros directos que son tomados como especificación. Por su parte, la Figura 3 muestra la implementación física (*layout*) del circuito bajo estudio.

$$H(S) = \frac{R_4 \frac{R_2}{C_1 C_2 R_{f1} R_{f2} R_4}}{R_1 S^2 + \frac{R_3 (R_4 R_1 + R_2 R_4 + R_2 R_1)}{R_4 R_1 (R_3 + R_2)} C_1 R_{f1} S + \frac{R_2}{C_1 C_2 R_{f1} R_{f2} R_4}} \quad (9)$$

$$Q = \frac{R_4 R_1 (R_3 + R_2) C_1 R_{f1}}{R_3 (R_4 R_1 + R_2 R_4 + R_2 R_1)} \sqrt{\frac{R_2}{C_1 C_2 R_{f1} R_{f2} R_4}} \quad (10)$$

$$\omega_p = \sqrt{\frac{R_2}{C_1 C_2 R_{f1} R_{f2} R_4}} \quad (11)$$

$$K = \frac{R_4}{R_1} \quad (12)$$

### Modelo de fallas y procedimiento de evaluación

En este trabajo se adopta una visión en el nivel comportamiento para definir una falla. En particular, ésta se define como una violación a las especificaciones, independientemente de la variación de los parámetros de bajo nivel (resistencias y capacitores en este trabajo). Consecuentemente un filtro libre de fallas (o bueno) será aquel que cumpla con los parámetros directos (especificaciones), mientras que aquellos cuyos parámetros caigan fuera del rango aceptable, serán circuitos con fallas (o malos). El rango de variabilidad de los parámetros directos está definido por los requerimientos de la aplicación. Para nuestro caso de estudio, se ha asumido una tolerancia del 10%.

Con el propósito de evaluar la capacidad de TRAM, se genera una población que contiene

<sup>2</sup> Pastilla de silicio.

circuitos buenos y malos. Para ello, se varían las dispersiones de las distribuciones estadísticas de los componentes de forma paramétrica, lográndose de esta forma poblaciones con diferentes proporciones de buenos y malos. Un dado individuo de la población se obtiene mediante la elección aleatoria de los valores de sus componentes dentro de la tolerancia establecida para los mismos.

La población completa de circuitos generados será expuesta posteriormente al *test* para determinar su eficiencia. Se debe remarcar aquí que las desviaciones introducidas en las distribuciones estadísticas de los componentes deben considerarse un medio para la obtención de las poblaciones de circuitos buenos y malos. Para modelar tanto las variaciones existentes entre obleas, como las existentes entre CIs en una misma oblea, se implementa un modelo en el cual el valor de la media de un componente  $C_j$  en un *die*,<sup>2</sup> está definido a partir del valor de un patrón para dicho componente, el cual tiene un desvío inter-oblea  $\sigma_g$ , con una dispersión intra-oblea de valor  $\sigma_m$ . Los valores de los desvíos  $\sigma_g$  y  $\sigma_m$  son propios de cada componente, y varían entre un proceso de fabricación y otro.

A partir del conjunto de circuitos buenos resultante, es posible obtener una distribución estadística de cada uno de los atributos de *test* ( $T_p, T_s, T_r, T_d, OS\%$ ), los cuales permiten definir los límites de tolerancia estadísticos (LTE, o STL por sus siglas en inglés). Estos pueden ser paramétricos o no paramétricos dependiendo si la hipótesis nula de normalidad es aceptada o no. Si un atributo de *test* presenta una distribución normal, sus LTE se catalogan como paramétricos, y se pueden definir a partir de las ecuaciones (6) a (8), donde  $N$  representa el tamaño de la muestra,  $p$  es la porción de la población que sigue una distribución normal y es contenida dentro de los límites de tolerancia estadísticos computados, y  $\gamma$  la confianza de esa asunción según la distribución Chi-Cuadrado. Por el contrario, si la distribución no puede ser considerada normal, los LTE se toman como no paramétricos y se los define en función del máximo y mínimo de la población.

$$LTEI = \bar{X} - k_2\sigma \quad (6)$$

$$LTES = \bar{X} + k_2\sigma \quad (7)$$

$$k_2 = \sqrt{\frac{(N-1)\left(1 + \frac{1}{N}\right)z_{(1-p)}^2}{\chi_{1-\gamma, \nu}^2}} \quad (8)$$

La posterior evaluación de los atributos de *test* de cada individuo de la población, en la cual se observa si caen o no dentro de los límites, permite obtener las siguientes métricas de ponderación:

a) Buenos Aceptados (BA): N° de circuitos buenos desde el punto de vista de los parámetros directos, que son detectados como buenos desde el punto de vista de los parámetros indirectos evaluados. Esto significa que así como los parámetros directos quedan contenidos dentro del rango de tolerancia especificado por la aplicación, los parámetros indirectos quedan dentro del rango válido dado por los LTE.

b) Buenos Rechazados (BR): N° de circuitos buenos desde el punto de vista de los parámetros directos, que son detectados como malos desde el punto de vista de los parámetros indirectos evaluados.

c) Malos Aceptados (MA): N° de circuitos malos desde el punto de vista de los parámetros directos, que son detectados como buenos desde el punto de vista de los parámetros indirectos evaluados.

d) Malos Rechazados (MR): N° de circuitos malos desde el punto de vista de los parámetros directos, que son detectados como malos desde el punto de vista de los parámetros indirectos evaluados.

e) Buenas Decisiones (BD): N° de circuitos correctamente evaluados por el *test*. Corresponde a la suma de los Buenos Aceptados y de los Malos Rechazados.

Desde el punto de vista de la teoría estadística, los grupos de Buenos Rechazados (BR) y Malos Aceptados (MA), constituyen los errores Tipo I y II respectivamente.

	Anderson-Darling Test	Jarque-Bera Test	Lilliefors Test	Media ( $\mu$ )	Desvío ( $\sigma$ )	LTE inferior	LTE superior
Tiempo de delay ( $T_D$ )	SI	SI	SI	13,000 $\mu$ Seg	0,654 $\mu$ Seg	11,781 $\mu$ Seg	14,385 $\mu$ Seg
Tiempo de crecimiento ( $T_R$ )	SI	SI	SI	15,001 $\mu$ Seg	0,804 $\mu$ Seg	13,468 $\mu$ Seg	16,736 $\mu$ Seg
Tiempo al pico ( $T_P$ )	SI	SI	SI	35,347 $\mu$ Seg	1,883 $\mu$ Seg	31,488 $\mu$ Seg	39,604 $\mu$ Seg
Tiempo de establecimiento ( $T_S$ )	SI	SI	SI	82,814 $\mu$ Seg	4,270 $\mu$ Seg	74,772 $\mu$ Seg	91,676 $\mu$ Seg
Sobre-pico % (OS %)	NO	NO	NO	22,59 %	0,250 %	21,927 %	23,252 %

Tabla 1. Caracterización de los parámetros indirectos. Para los test de normalidad, se indica si se puede rechazar la hipótesis de normalidad o no.

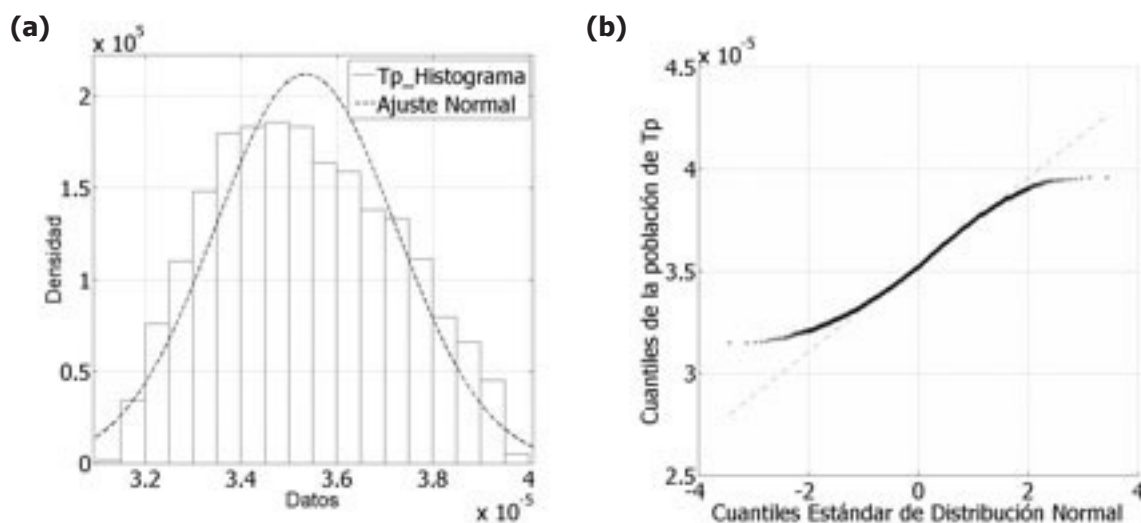


Fig. 4. Distribución de probabilidad para el tiempo de pico: (a) histograma, (b) cuantil-cuantil

#### Caracterización de parámetros indirectos

Para caracterizar los parámetros indirectos, se realizó una simulación de Monte Carlo de 2000 corridas de análisis transitorio y de respuesta en frecuencia del circuito propuesto. Para cada circuito detectado como bueno (en base a la respuesta en frecuencia), se obtuvieron los parámetros indirectos (desde la respuesta temporal transitoria). De esta forma puede estimarse la distribución estadística de cada parámetro indirecto (tomando los 2000 casos corridos). En base a estas distribuciones se determinan los límites de toleran-

cia estadísticos para cada uno. Para evaluar la normalidad de las distribuciones, y determinar si los límites serán considerados paramétricos o no, se realizan 3 tests de normalidad que las evalúan desde diferentes perspectivas: Anderson – Darling, Jarque – Bera y Lilliefors (Montgomery & Runger 2010).

En la Tabla 1 se reportan los resultados de estas pruebas, la media y el desvío de las distribuciones y sus límites de tolerancia estadísticos.

En forma simultánea, un análisis conjunto del histograma de la distribución estudiada y su

Desvío [%]	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Buenos	1000	968	851	727	627	539	469	415	364	320	292	263	246	222
Malos	0	32	149	273	627	461	531	585	636	680	708	737	754	778

**Tabla 2. Circuitos buenos y malos para cada paso de desvío**

gráfica cuantil-cuantil (Q-Q) correspondiente, permite verificar la validez de los resultados aportados por los *test* de normalidad comparando la distribución de los cuantiles de la población estudiada con respecto a los de una población normal. Esto también permite apreciar sesgos o la existencia de valores alejados a la media con una probabilidad mayor a la esperada, en función al desvío de los cuantiles respecto de la recta normal. Estos procedimientos componen el análisis exploratorio y confirmatorio de datos (Tukey, 1977), necesario para realizar inferencias sobre una población muestral. Con propósitos de ilustración, se muestra en la Figura 4 el estudio realizado para el parámetro Tiempo de Pico ( $T_p$ ).

#### Obtención de las métricas del *test*

La población de circuitos que se someterá al *test* se obtiene mediante un aumento progresivo de los niveles de desvío globales (inter-oblea) de los parámetros de bajo nivel. Esto se traslada en un aumento gradual de la cantidad de circuitos que no cumplen con las especificaciones. Se genera un número N (14 en este trabajo) de poblaciones, con un número M (1000) de circuitos. En cada población, se permite que los componentes varíen aleatoriamente con un desvío  $\sigma_{N'}$  tal que  $\sigma_{N'}$  es menor que  $\sigma_{N+1}$  (aumenta en pasos del 5%). La Tabla 2 muestra la cantidad resultante de circuitos buenos y malos en cada caso.

A partir de las definiciones previas de Buenos Aceptados (BA), Malos Aceptados (MA), Buenos Rechazados (BR), Malos Rechazados (MR), Total de Malos (TM) y Total de Buenos (TB) es posible determinar la eficiencia del *test*. Para ello se define el siguiente juego de métricas (Saab et al. 2000; Sunter & Nagi 1999; Peralta et al. 2007).

$$Escape = \frac{MA}{TM} 100[\%] \quad (13)$$

$$Cobertura_{Fallas} = \frac{MR}{TM} 100[\%] \quad (14)$$

$$Cobertura_{Rendimiento} = \frac{BA}{TB} 100[\%] \quad (15)$$

$$Perdida_{Rendimiento} = \frac{BR}{TB} 100[\%] \quad (16)$$

$$BD = \frac{BA + MR}{Total} 100[\%] \quad (17)$$

Usando este *set* de métricas y adoptando una combinación particular de parámetros indirectos a evaluar, es posible caracterizar el método de *test*. Las Figuras 5(a) a 5(e) muestran las curvas de escape, cobertura de fallas, cobertura de rendimiento, pérdida de rendimiento y buenas decisiones suponiendo que se evalúan tres combinaciones de dos atributos de *test* distintas.

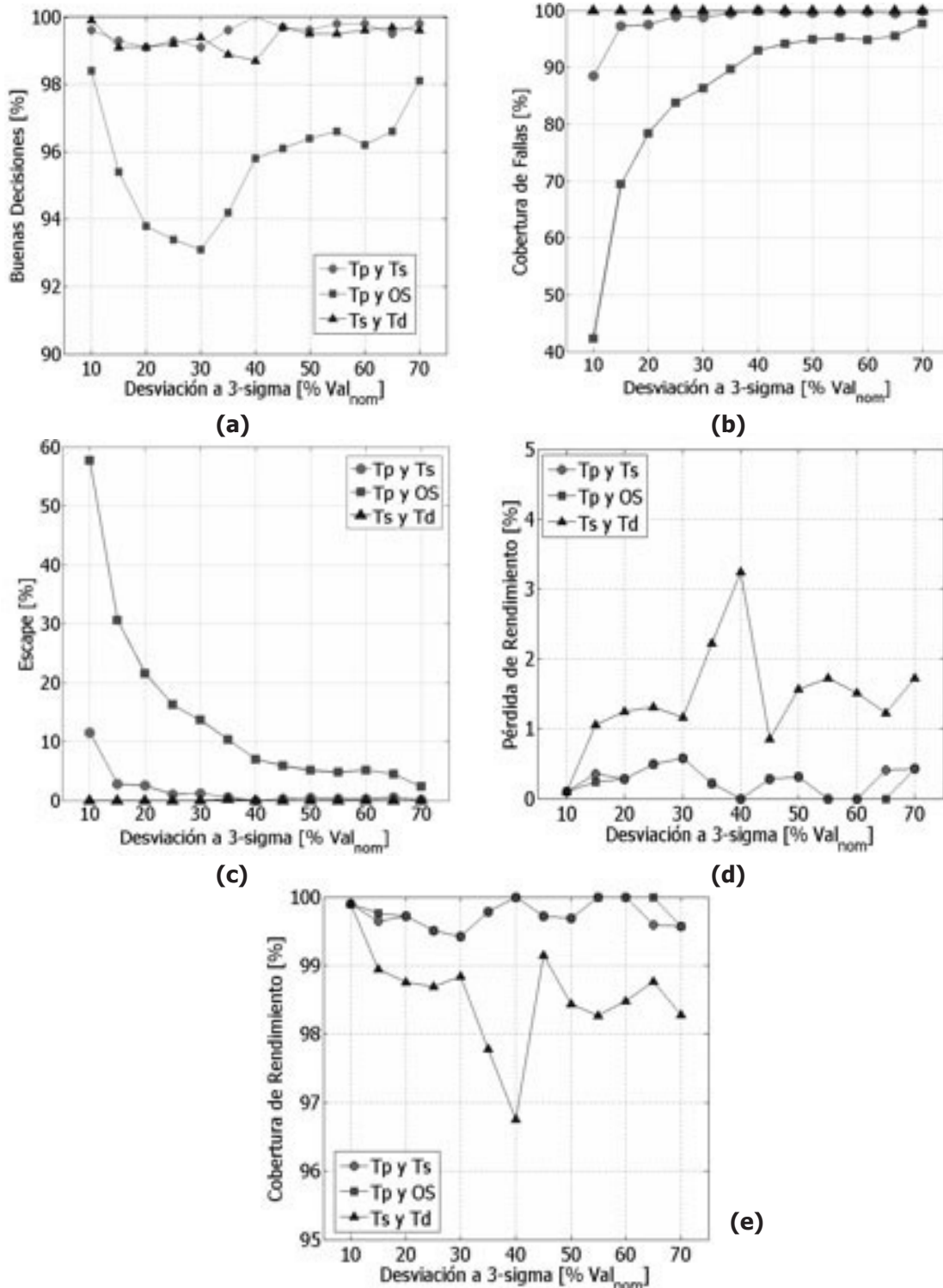
Una primera observación de la curva de buenas decisiones (Figura 5a) revela una gran capacidad del *test* para identificar circuitos buenos y malos (los valores son superiores al 93% en los 3 casos). Incluso para bajos niveles de desvío, la respuesta del *test* puede considerarse como satisfactoria desde la perspectiva de esta métrica.

Sin embargo, la evaluación de las otras métricas de *test* definidas anteriormente permiten revelar algunos de sus aspectos que no pueden observarse a partir de solamente la ponderación de la gráfica de Buenas Decisiones. El estudio de las curvas permite decidir cuál es la mejor combinatoria de parámetros para la evaluación del circuito. Para este caso de estudio, la evaluación de  $T_p$  y OS% tiene una reducida cobertura de fallas (apenas un 40% con bajos niveles de desvío, o lo que es equivalente, un elevado escape, cercano



al 60%, pudiendo esto ser apreciado en las Figura 5b y 5c respectivamente). Esto incide directamente sobre el porcentaje de buenas decisiones, ocasionando una merma de un 4%-5% respecto a las otras 2 combinatorias

evaluadas. El motivo de esta baja en el rendimiento yace en la dependencia del Q con los parámetros de bajo nivel y la forma en que varían. Más precisamente, el factor de selectividad (Q) depende de relaciones entre pará-



**Fig. 5. Métricas del test: (a) Buenas decisiones, (b) Cobertura de fallas, (c) Escape, (d) Pérdida de rendimiento, (e) Cobertura de rendimiento**

metros de bajo nivel, lo cual lo hace inmune a las variaciones globales entre un circuito y otro, pero no a las variaciones de *mismatch* entre componentes, las cuales son mucho menores y se mantienen constantes para los 14 pasos de simulación. Se observa desde los resultados que el OS% se encuentra siempre dentro de sus límites, siendo incapaz de detectar un circuito malo. Consecuentemente, solo un parámetro ofrece información relevante desde el punto de vista del *test* (para este caso de estudio particular).

Desde el punto de vista de los errores Tipo I (Buenos Rechazados) y Tipo II (Malos Aceptados), el estudio de las Figuras 5c y 5d respectivamente revela que hay una mayor tendencia a cometer errores del tipo II, es decir, aceptar circuitos. Esto recae fuertemente en cómo han sido establecidos los límites de tolerancia. Si bien el porcentaje de Buenos Aceptados (Figura 5e) es elevado, teniendo un mínimo del 97%, el error tipo II, tiende a reducir la cantidad de Malos Rechazados, y esto ocasiona la merma apreciable en el porcentaje de Buenas Decisiones para el análisis de  $T_p$  y OS%.

Una observación importante puede hacerse si se pretende desarrollar un *test* con una alta capacidad de detección de circuitos malos. Desde este punto de vista, la opción  $T_p$ - $T_s$  luce como una combinación atractiva. Esta combinación de parámetros de *test* ha demostrado una cobertura de fallas óptima (lo que implica un escape también óptimo) para el rango de variaciones considerado. Esto se logra con una pérdida de rendimiento que consideramos tolerable (apenas superior al 3%).

## Conclusiones

En este trabajo la capacidad del método de análisis de la respuesta transitoria fue evaluada mediante la inyección de desviaciones multi-paramétricas en los parámetros de bajo nivel. Esta metodología permite la generación de una población con diferentes proporciones de circuitos buenos y malos. La población es sometida al procedimiento de test para caracterizarlo.

Se ha adoptado como caso de estudio un filtro bicuadrático de variable de estados que ha sido diseñado en tecnología CMOS de 500 nm. Para las evaluaciones se utiliza el modelo a nivel transistor del circuito, lo que permite obtener resultados más cercanos a la realidad que aquellos en los que se considera que los amplificadores operacionales son completamente ideales. El modelado de la variabilidad de los parámetros de bajo nivel contempla las variaciones interoblea e intraoblea, propias de un proceso de fabricación CMOS.

La evaluación realizada permite concluir que, desde el punto de vista de la capacidad para detectar circuitos malos (cobertura de fallas), el monitoreo de los parámetros  $T_c$ - $T_D$  en forma conjunta, obtiene un desempeño excelente. Los resultados demuestran una cobertura óptima con un compromiso totalmente tolerable en la pérdida de rendimiento.

A futuro, se planea replicar este análisis en procesos de fabricación más avanzados, y contrastarlos con el aquí realizado, así como también evaluar el comportamiento del test si se considera un mayor número de sus atributos.

## Referencias

- CALVANO, J.V. et al. (2001). Fault Models and Test Generation for OpAmp Circuits—The FFM. *Journal of Electronic Testing*, 17(2), pp.121–138.
- CALVANO, J.V., ALVES, V.C. & LUBASZEWSKI, M. (2000). Fault detection methodology and BIST method for 2nd order Butterworth, Chebyshev and Bessel filter approximations. In *Proceedings 18th IEEE VLSI Test Symposium*. IEEE Comput. Soc, pp. 319–324.
- CALVANO, J.V., ALVES, V.C. & LUBASZEWSKI, M. (1999). Fault detection methodology for second order filters using compact test vectors transient analysis. In *Proceedings of the Third International Workshop on Design of Mixed-Mode Integrated Circuits and Applications (Cat. No.99EX303)*. IEEE, pp. 18–24.
- LIU, R. (ed.) (1991). *Testing and Diagnosis of Analog Circuits and Systems*, Boston, MA: Springer US.
- MALOBERTI, F. (2003). *Analog Design for CMOS VLSI Systems*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- MONTGOMERY, D.C. & RUNGER, G.C. (2010). *Applied Statistics and Probability for Engineers*, John Wiley & Sons.
- PAZOS, S.M., AGUIRRE, F.L., MAZUR, T., et al. (2015). Evaluación de la calidad de TRAM en la detección de fallas de fabricación en circuitos integrados analógicos fabricados en tecnología CMOS de 500nm. *UTN Proyecciones*, 13(1), pp.89–100.
- PAZOS, S.M., AGUIRRE, F.L., ROMERO, E.A., et al. (2015). TRAM applied to second-order active filter designed in CMOS technology. In *2015 Argentine School of Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications (EAMTA)*. IEEE, pp. 47–52.
- PERALTA, J. et al. (2007a). Capacidad del test basado en análisis de transitorio para detectar fallas paramétricas. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 15(5900), pp.124–131.
- PERALTA, J. et al. (2007b). Evaluation of circuit test strategies using statistical fault models: a case study. *Mecánica Computacional*.
- PERALTA, J. et al. (2009). A New Performance Characterization of Transient Analysis Method. *International Journal of Electrical and Information Engineering*, 3, pp.251–258.
- PERALTA, J. et al. (2011). Quality Assessment of Transient Response Analysis Method for Detecting Radiation-Induced Faults. *International Journal of Quality, Statistics, and Reliability*, 2011, p.8.
- SAAB, K., BEN-HAMIDA, N. & KAMINSKA, B. (2000). Parametric fault simulation and test vector generation. In *Proceedings Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition 2000 (Cat. No. PR00537)*. IEEE Comput. Soc, pp. 650–656.
- SOMA, M. (1990). A design-for-test methodology for active analog filters. In *Proceedings. International Test Conference 1990*. Washington, DC: IEEE Comput. Soc. Press, pp. 183–192.
- VAN SPAANDONK, J. & KEVENAAR, T.A.M. (1996). Selecting measurements to test the functional behavior of analog circuits. *Journal of Electronic Testing*, 9(1-2), pp.9–18.
- SUNTER, S. & NAGI, N. (1999). Test metrics for analog parametric faults. In *Proceedings 17th IEEE VLSI Test Symposium (Cat. No.PR00146)*. IEEE Comput. Soc, pp. 226–234.
- TUKEY, J.W. (1977). *Exploratory Data Analysis* 18th ed., Addison-Wesley Publishing Company.
- VÁZQUEZ, D., Rueda, A. & Huertas, J.L. (1994). A new strategy for testing analog filters. In *Proceedings of IEEE VLSI Test Symposium*. Cherry Hill, New Jersey: IEEE Comput. Soc. Press, pp. 36–41.
- VINNAKOTA, B. (1998). *Analog and Mixed-Signal Test* 1st Editio., Prentice Hall.



# Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la programación<sup>1</sup>

**Lucas Spigariol**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Medrano 951 (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

*lspigariol@gmail.com*

*Recibido el 18 de diciembre de 2015, aprobado el 2 de febrero de 2016*

## Resumen

En el ambiente profesional de Sistemas de Información la Programación Orientada a Objetos (POO) constituye un paradigma de creciente preponderancia como modo de construir soluciones informáticas. Asimismo, la universidad tiene un rol fundamental en formar profesionales actualizados tecnológicamente para fortalecer el proyecto productivo nacional. En este trabajo se aborda una experiencia singular que se llevó adelante en la materia Paradigmas de Programación de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN.BA. Sus docentes desarrollaron un *software* educativo, denominado *Ozono*, que dentro del ambiente de desarrollo del lenguaje Smalltalk, se utiliza como estrategia pedagógica para enseñar a programar en *Objetos*. Por otra parte, con los aportes de las pedagogías críticas –en especial de Paulo Freire y del construccionismo de Seymour Papert, creador de *Logo*– se analiza la utilización de la herramienta con el fin de facilitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, su inscripción en la propuesta curricular de la asignatura y la perspectiva del contexto profesional, prestando especial atención a la práctica docente y a la experiencia de los mismos estudiantes.

**PALABRAS CLAVE:** ENSEÑANZA – SOFTWARE EDUCATIVO – PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS – OZONO – PEDAGOGÍA

## Abstract

Assuming that Object-oriented Programming constitutes a paradigm with growing dominance as a way to build solutions in the professional environment of Information Systems and that the university has a fundamental role in education of updated technologically professionals to strengthen the national productive project, is boarded a singular experience that is realized in the signature "Programming Paradigms" in career of Information Systems Engineering (UTN.BA), where teachers have developed an educational software, called Ozono, that within the development environment of Smalltalk language, is used as a pedagogical strategy for teaching to program in Objects. With the contributions of critical pedagogies -especially Paulo Freire- and constructionism of Seymour Papert -the creator of Logo-, is analyzed the tool usage to facilitate the learning process of students, its inclusion in the proposed curriculum of the subject and the perspective of professional context, with special attention to teaching practice and experience of the students themselves. Also, guidelines for the use and maintenance of such software arise.

**KEYWORDS:** TEACHING, EDUCATIONAL SOFTWARE - OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING - OZONO - PEDAGOGY

<sup>1</sup> El presente trabajo forma parte de la Tesis de Maestría en Docencia Universitaria: *Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la programación. Un estudio de caso en la carrera de Ingeniería en sistemas de la UTN FRBA*, dirigida por Dr. Oscar Bruno.

## Introducción

*"El estudio no se mide por el número de páginas leídas en una noche, ni por la cantidad de libros leídos en un semestre.*

*Estudiar no es un acto de consumir ideas, sino de crearlas y recrearlas"*  
Paulo Freire

Cuando un estudiante quiere aprender a programar se enfrenta a la computadora y tiene no solo que entender sino también expresarse en ese lenguaje formal con toda la complejidad de su sintaxis y lo abstracto de su simbología. Debe además, manipular entornos de desarrollo con múltiples opciones, interpretar y depurar errores, realizar seguimientos, validar resultados y todo lo que implica lograr que un programa funcione y lo haga correctamente. Es, sin lugar a dudas, una experiencia fuerte y desafiante para algunos y frustrante para otros. Así, en las primeras materias del área de la programación, el estudiante se encuentra atravesado por diferentes tensiones: la polisemia de su lenguaje natural cargado de sobreentendidos y ambigüedades, frente a la rigurosidad del lenguaje de programación. Se trata de la incuestionable mecánica computacional que no entiende la lógica de sentido común del modo de razonamiento humano. El acalorado entusiasmo del alumno –o desazón, cuando las cosas no salen– contrasta con la frialdad de la computadora. Si bien conoce la descripción del problema a resolver no sabe cómo expresar la implementación de su solución mediante un programa concreto. La multiplicidad de formas en que las personas interpretamos la información supera ampliamente lo acotado de los tipos de datos con que los lenguajes se manejan.

El problema central que aborda este trabajo es la dificultad que representa para un estudiante de los primeros años de la carrera de Sistemas de Información aprender a programar utilizando una herramienta profesional de desarrollo de *software*. El uso de un lenguaje de programación de alto nivel para desarrollar soluciones informáticas con su propio ambiente de trabajo introduce una dimensión práctica y una aproximación profesional ineludible para una carrera de ingeniería en la actualidad. Al mismo tiempo, permite ir aprendiendo a construir soluciones,

probándolas y validando los resultados con la máquina. Pero por otra parte, estas herramientas tienen una multiplicidad de opciones y requerimientos específicos que están pensados para agilizar la tarea de quien ya sabe programar, pero que, para quien está dando sus primeros pasos, representa una dificultad adicional a la complejidad propia de la programación. El uso de las herramientas profesionales de desarrollo generalmente requiere del manejo de una amplia cantidad de conceptos y conocimientos incluso para programar algo relativamente sencillo y que funcione.

En el ambiente educativo, frente a esta situación hay dos caminos típicos. Por un lado, se pueden retrasar las instancias de práctica concreta con los lenguajes hasta tener una base conceptual más sólida, lo cual tiene el riesgo de demorar demasiado la práctica. Por otra parte, se pueden explicar muchos conceptos para acceder más rápidamente a una práctica concreta, pero eso tiene el riesgo de apabullar a los estudiantes con numerosos conceptos sin el tiempo necesario para interiorizarlos. En ambos casos la disociación entre teoría y práctica que se genera es contraproducente y el desafío consiste en encontrar mediaciones pedagógicas que acerquen al estudiante a las herramientas de desarrollo profesional.

Utilizar determinadas herramientas y no otras es más que una elección sobre la mejor forma de transmisión de un contenido. La elección del docente acerca de qué recursos didácticos aplicar y la manera en que los utiliza no es arbitraria, ni neutral ni inocua, sino que va de la mano de la importancia, orientación y sentido que le otorga a los contenidos prescriptos y a la percepción que tiene del campo profesional. De allí que contar con un panorama claro del ejercicio de la profesión, permitirá seleccionar los recursos y estrategias didácticas adecuadas.

Una certeza que impulsa este trabajo es el conocimiento de ciertas experiencias innovadoras que se dan en la UTN.BA y que ameritan una mirada atenta para indagar más allá de lo superficial. En particular, la experiencia que se lleva adelante en la materia Paradigmas de Programación de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. En dicha cátedra un grupo de docentes desarrolló un *software* específico, de-

---

### *1 SPICE: Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis*

---

nominado *Ozono*, que se utiliza como soporte para enseñar a programar dentro del paradigma de la Programación Orientada a Objetos (POO), con el lenguaje Smalltalk, como recurso que facilita los primeros pasos en el proceso de aprendizaje. Se analiza el uso que se hace de *Ozono* en tanto herramienta, su inscripción en la propuesta curricular de la asignatura y el enfoque que se le imprime al dictado de la materia, atendiendo tanto a la mirada de los estudiantes como de los docentes, y sin perder de vista el contexto profesional actual.

El marco pedagógico desde el cual se aborda el trabajo tiene como principal aporte la pedagogía crítica, con Paulo Freire como autor de referencia, y la perspectiva de Seymour Papert, con su aplicación de las teorías pedagógicas constructivistas al ámbito del desarrollo de sistemas.

### ***Ozono*: un software para aprender a programar en objetos**

El software educativo denominado *Ozono* fue desarrollado por un equipo de docentes univer-

sitarios frente a ciertas dificultades que notaban en el proceso de aprendizaje de sus estudiantes.<sup>2</sup>

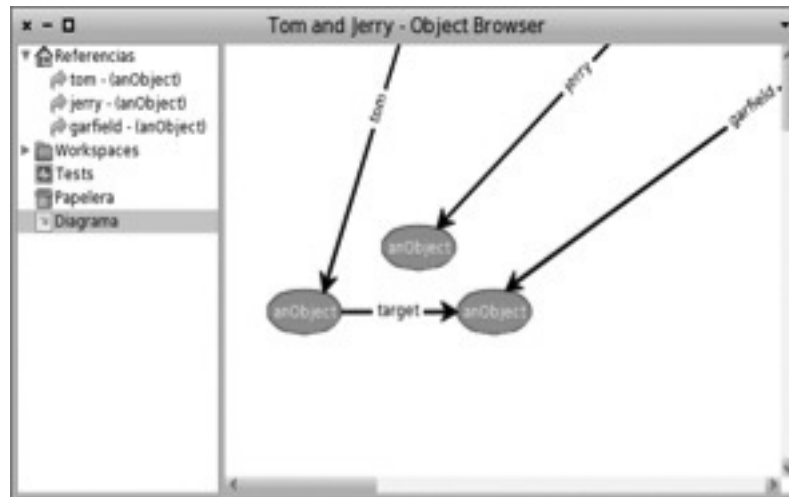
El objetivo central de *Ozono* consiste en realizar ejercicios prácticos utilizando la computadora desde el inicio de la cursada sin que el estudiante deba conocer todos los conceptos del paradigma que se requieren para usar el lenguaje normalmente. Se basa en la posibilidad de crear objetos y enviar mensajes interactivamente sin definir clases, permite ir aplicando progresivamente los conceptos de delegación, polimorfismo y colecciones, entre otros, a la vez que cuenta con una interfaz gráfica que posibilita visualizar los objetos y sus referencias en el ambiente.

La Figura 1 muestra la ventana central de la herramienta, denominada Object Browser, donde se desarrollan los ejercicios. El ejemplo muestra objetos creados con sus correspondientes atributos y métodos. En la sección izquierda de la ventana se ven las opciones principales disponibles (referencias, workspace, tests, papelería y diagrama) y la más importante es la que está desplegada y en la que se ven las referencias a



**Fig. 1. Object Browser. Captura de pantalla de la ejecución de *Ozono***

<sup>2</sup> El proyecto fue desarrollado por docentes de la materia Paradigmas de Programación de la UTN.BA en un equipo impulsado por los ingenieros Nicolás Passerini y Carlos Lombardi, con la participación especial de varios colaboradores más. La primera versión de Ozono utilizada en un curso de paradigmas fue en el año 2006. Entonces se llamaba Object Browser y funcionaba sobre Dolphin Smalltalk 6.0. En 2009, cuando la nueva versión de Dolphin Smalltalk eliminó la posibilidad de contar con licencias educativas, se decidió la migración a Pharo, con el objetivo de seguir contando con una herramienta de código abierto. Finalmente en 2011, se incluyeron otras herramientas, llegando a una configuración similar a la actual. Esta versión se denominó Learning Object Oriented Programming "Aprendiendo a Programar en la Orientación a Objetos" (LOOP) y fue presentada en la conferencia del European Smalltalk User Group (ESUG) en el año 2011, obteniendo el tercer lugar en los 8° Innovation Technology Awards. Durante ese tiempo, cada vez más docentes se fueron involucrando en el proyecto, y su uso se extendió a la Facultad Regional Delta, UTN y a las Universidades Nacionales de Quilmes y de San Martín, en materias en las que también se enseña POO.



**Fig. 2. Diagrama de objetos. Captura de pantalla de la ejecución de Ozono**

los objetos creados (dos en el ejemplo).

*Ozono* permite crear un objeto mediante un comando interactivo en el que basta con ingresar un identificador con el que se lo va a conocer en el ambiente. Para llegar a definir un objeto de los que se ve en la figura fue necesario con el menú contextual *clickear* "nuevo objeto" y luego escribir *tom*. Dicho en otras palabras, no se requiere definir la clase, ni explicitar la forma en que se la instancia, ni ubicarla en la jerarquía, ni saber de antemano qué atributos o métodos necesita, lo que sí es necesario, en caso de utilizar directamente Smalltalk u otros lenguajes profesionales de objetos.

Luego, interactivamente se le pueden ir agregando los atributos y desarrollando los métodos, de manera que el objeto pueda responder a los mensajes que se le envíen. La sección inferior de la ventana es la que se utiliza para escribir el código de cada método. En el ejemplo, se ve el método "isGoingToGetFat" del objeto *tom*, que cuenta con una única línea en las que se envía el mensaje *weight* al objeto referenciado como *target* que es un atributo de *tom* y luego una comparación con el número 100, que también es un objeto.

Otra característica importante es que incluye un entorno gráfico de sencillo manejo, en el que se representa un diagrama de objetos, del cual se muestra un ejemplo en la Figura 2.

En el diagrama, los objetos son representados con óvalos, y las relaciones entre ellos, con flechas. Los objetos se pueden desplazar con el

mouse y las flechas se acomodan automáticamente. De esta manera se exhibe el estado interno de los objetos en el momento. A medida que se evalúan los mensajes del *workspace* o se corren los tests que provocan que el estado interno de los objetos se modifique, se actualiza el diagrama redireccionando las flechas de ser necesario.

Para crear objetos polimórficos, al igual que en Smalltalk, con *Ozono* solo se requiere que entiendan el mismo mensaje. No se necesita aprender ningún otro concepto o construcción específica del lenguaje. Lo que no permite hacer, y de alguna manera determina el alcance del *software*, es la definición de clases y, en consecuencia, todo el manejo de herencia que trae aparejado.

Los creadores de *Ozono* señalan que respecto del desaprovechamiento del Paradigma de Objetos se perciben en la industria del *software* algunas inercias y problemas:

- Muchos desarrollos no sacan provecho de las tecnologías basadas en objetos, sino que sus abstracciones son precarias, el polimorfismo inexistente y persiste una clara separación entre estado y comportamiento.
- En muchos lados se continua programando de forma procedural y se utiliza a las clases como módulos o estructuras, alternativamente. Incluso en equipos con mejor dominio del paradigma aún es frecuente ver una estricta orientación a clases. Esto significa que muchas veces los pro-



gramadores recurren a la subclasificación como única manera de tener comportamiento diferenciado, cuando bien podrían encontrar nociones más generales y simples y obtener distintas combinaciones de comportamiento empleando composición entre objetos.

### **Ozono como recurso pedagógico**

Para desarrollar la herramienta y orientar el dictado de la materia los creadores del *Ozono* hicieron su propia lectura del panorama actual del ejercicio de la profesión. Durante la presentación del *software* a la comunidad científica, afirmaban: "Es muy frecuente que Proyectos de IT que utilizan herramientas donde se pueden aplicar las ideas de objetos, el aprovechamiento de las potencialidades que brinda el trabajo con objetos resulta escaso" (Lombardi, 2007).

Antes de implementar *Ozono*, los docentes veían que el uso del lenguaje representaba para los estudiantes una dificultad ya que era necesario manejar una gran cantidad de conceptos y atender a numerosas cuestiones propias de una herramienta profesional antes de poder desarrollar algo relativamente sencillo y que funcione en la computadora.

#### *La propuesta educativa universitaria desde una lectura crítica del contexto profesional*

Freire (1994), propone como criterio fundamental de la tarea docente lo que denomina enseñanza a "leer el mundo". Su propuesta consiste en tomar la distancia necesaria para ver lo que sucede en el mundo, entendiéndolo como el contexto en el cual se logra una comprensión más exacta del objeto de estudio. En este sentido, propone revisar que los contenidos sean saberes socialmente relevantes, de carácter histórico y en relación con conocimientos académicos, abandonar interpretaciones mecanicistas o idealistas de la realidad, y asumir que las relaciones entre la conciencia y el mundo son dialécticas. A su vez, plantea la necesidad de mantener la intencionalidad de formar un sujeto capaz de insertarse activamente y transformar la realidad.

Desde esta perspectiva, resulta pertinente una lectura del contexto en el que ha de desempeñarse el profesional de sistemas para poder realizar una mirada crítica de la propuesta educativa universitaria. Lejos de asumir una concepción mercantilista de la formación universi-

taria que la reduzca a satisfacer las demandas presentes de la actividad privada. Es importante para orientar las capacidades que se pretenden desarrollar en los estudiantes contar con una mirada amplia y crítica de la actualidad profesional, del proyecto de desarrollo productivo del país y sobre todo de las tendencias que se vislumbran a futuro. A su vez, es fundamental tener presente que la universidad es un actor central que influye en cómo se va configurando el ambiente profesional de la actividad. Por lo tanto, debe analizarse qué y cómo se enseña en una disciplina en auge y con gran dinamismo como lo es el desarrollo de sistemas. En el mismo sentido, revalorizar, difundir, fomentar y también justificar pedagógicamente el desarrollo de herramientas tecnológicas específicas tendientes a facilitar, potenciar y orientar la tarea de programar.

#### *El uso de tecnología educativa en el contexto de una propuesta pedagógica*

Basándose en la concepción del modelo de enseñanza de Piaget, Seymour Papert hace referencia a que la incorporación de la computación en la enseñanza, por sí misma no constituye un cambio en la educación si no se cuestiona la naturaleza del proceso de aprendizaje. Él propone un cambio en el equilibrio entre la transferencia de conocimiento a los estudiantes –ya sea mediante libros, docentes o *software*– y la producción de conocimiento por parte de ellos.

Realmente habrá ido más allá del primer impacto si las computadoras desempeñan un papel en servir como mediadoras de un cambio en los criterios que gobiernan los tipos de conocimiento que se valoran en la educación (Papert, 2002, p. 17).

Papert, creador del *Logo*, lenguaje pionero de la enseñanza de la programación, destaca la importancia de que los maestros aprendan a medida que enseñan. En referencia a la forma de dar clases que denomina "instruccionista", sostiene que cuando la enseñanza consistía en pararse delante de una clase y hablar, el maestro tenía que saberlo todo previamente. En cambio, desde el modelo "construccionista" la enseñanza propone un trabajo con el estudiante a partir de proyectos creativos que impliquen la construcción de algo –como sucede con el desarrollo de *software*–. De esta manera, el recurso informático no se limita a cómo conseguir nuevos materiales o a repetir los mismos esquemas de instrucción pero con una computadora en lugar de un pizarrón, sino que

propicia una nueva dinámica de aprendizaje, una redefinición de los roles y una relación más fluida e interactiva entre profesor y estudiante.

Recuperando el aporte de la tecnología en educación Burbules (2001) expresa que

... la tecnología no es solo la cosa, sino la cosa y las pautas de uso con las que se aplica, lo más nuevo, tal vez, no sea la tecnología, la cosa en sí, sino todos los otros cambios que la acompañan.

Por lo tanto, es menester hacer el análisis de las herramientas tecnológicas en su contexto de utilización. A su vez, es desde una propuesta pedagógica con criterios y objetivos claros que tiene sentido utilizar una herramienta concreta en determinado momento del proceso educativo y con una intencionalidad definida.

Lejos de pensar que se trata de atributos intrínsecos de la herramienta que por sí solos garantizan buenos resultados, hay que ver quién, cómo y para qué se la utiliza. Y es oportuno denominarla "herramienta" recuperando el valor artesanal que tiene su utilización. Apelando a su sentido originario como continuidad de la mano del obrero, del campesino o del artista, *Ozono* es una herramienta en tanto que depende de cómo, cuándo y para qué la utilice, en este caso el trabajador de la educación, que tiene a su cargo la conducción del proceso de enseñanza.

*Por qué y para qué utilizar una herramienta como Ozono.*

En qué consiste la intencionalidad pedagógica de los docentes que deciden utilizar esta herramienta, cuáles son los conceptos y habilidades que ella refuerza y pondera.

Desde el punto de vista de los contenidos, la característica principal que todos los docentes valoran es que sin necesidad de explicar muchos conceptos, les permite a los estudiantes crear, ver y entender qué es un objeto, –el concepto fundante del paradigma– e inmediatamente enviarle *mensajes*. Así observar el sentido, el "para qué" de dicho objeto y lograr una aplicación que funcione y resuelva problemas. Con estas dos ideas ya es posible avanzar en prácticas concretas, no solo con ejercicios en "lápiz y papel", sino codificando soluciones que se ejecutan y se pueden probar utilizando la computadora.

Se destaca la necesidad de subrayar la identidad del paradigma de objetos y su diferenciación de la programación procedural. Para los estudiantes con conocimientos previos en el *paradigma imperativo* el problema típico es seguir programando de manera procedural en lenguajes de objetos, lo que refuerza la propuesta de *Ozono* de presentar desde el primer momento un modelo de trabajo a partir de objetos y mensajes, en vez de instrucciones y que omite la presencia de clases que puedan asociarse equivocadamente a estructuras de datos propias de la programación estructurada.

Son reiteradas e insistentes las apreciaciones de los docentes acerca de poner en un segundo plano el concepto de clase, como planteaban los creadores de la herramienta. En esta tensión se entienden mejor las apreciaciones sobre la centralidad del concepto de objeto. Algo que no se puede hacer utilizando *Ozono*, pero lejos de ser visto como una limitación es la frontera que le da sentido, es definir clases. No se trata de una decisión arbitraria ya que hay un convencimiento de que "el objeto y el mensaje son los conceptos centrales en vez de las clases." (Griggio, 2011).

Consultados en relación con los elementos teóricos cuyo aprendizaje facilita la utilización de *Ozono*, los estudiantes destacaron en primer lugar su utilidad para comprender los conceptos de *objeto* y *mensaje*, que constituyen las ideas fundantes del paradigma, sin las cuales no tiene sentido hablar de los demás conceptos.

Respecto de las funcionalidades básicas se observó que la forma interactiva de "creación de objetos" y la ventana de definición de "atributos y métodos" de dichos objetos cuenta con preferencias positivas de los estudiantes: buena o muy buenas por encima del 85%. (Creación de objetos: Muy bueno 55% y Bueno 30%; Atributos y métodos: Muy Bueno 49% y Bueno 41%). Ambas son las opciones que se utilizan necesariamente para la realización de cualquier ejercicio.

A continuación del concepto de *objeto-mensaje*, el más mencionado por ellos es *polimorfismo*. Luego siguen los conceptos de *encapsulamiento* y *delegación* –que guardan estrecha relación entre sí dentro de la lógica de funcionamiento del paradigma– para cerrar con el concepto de referencias.

Por su parte, los docentes destacan la importancia del *polimorfismo* como concepto fundamental para las buenas prácticas profesionales y desde allí hacen uso de *Ozono*. Uno de ellos afirma que

extender el uso de *Ozono* permite permanecer en los conceptos más puros de objetos, avanzados en conceptos y herramientas para los cuales no son necesarias las clases, principalmente el polimorfismo, que se ve mejor al alejarlo del concepto de tipo o clase y más centrado en el comportamiento de los objetos.

#### *La necesaria y conflictiva articulación entre teoría y práctica*

La dicotomía entre teoría y práctica es uno de los problemas más recurrentes de la educación universitaria. Paulo Freire recomienda respecto de los sistemas educacionales, evitar todo tipo de propuesta "que menospreciase la teoría, negándole toda importancia y enfatizando exclusivamente la práctica como la única valedera, o bien negase la práctica atendiendo exclusivamente a la teoría" (Freire, 1994, p. 34).

Retomando lo que Freire llamó *educación bancaria*, muchas veces en la actualidad universitaria se tiene una concepción de enseñanza que se reduce a transferir el concepto vacío de contenido y no atender a la comprensión precisa de este contenido por parte del estudiante. Es evidente que para la enseñanza de una disciplina instrumental como la programación es conveniente desarrollar una dinámica que combine lo teórico con lo práctico, donde la práctica permita comprender mejor el sentido de los conceptos teóricos y a la vez que dichos conceptos permitan plasmar soluciones prácticas más adecuadas.

A su vez, la teoría constructorista de Papert entiende el espacio educativo como una instancia de creación en la que teoría y práctica confluyen de manera tal que es imposible –o no tiene sentido– diferenciarlas.

Las diversas experiencias relevadas de creación de herramientas de *software* educativo para aprender a programar giran también en torno a esta preocupación. Por último, en un acercamiento al ambiente institucional cabe citar lo que la misma UTN afirma al respecto, cuando propone "una nueva relación donde la práctica deja de ser la mera aplicación de la teoría para

convertirse en fuente del conocimiento teórico". (SAyP 2007, p. 5)

Como indicador de la articulación entre teoría y práctica, se puede observar el tiempo que un estudiante necesita para realizar una práctica concreta, lo que está influenciado en buena medida por la necesidad de conocimientos previos. Más allá de lo que aquel conoce de materias anteriores o lo que haya aprendido por su trabajo o fruto de su curiosidad personal, el foco está en ver cuánto de lo que forma parte del contenido teórico de la materia es necesario explicar antes de poder realizar una práctica concreta. Es cierto que se puede considerar práctica a la elaboración de ejercicios en papel, de diagramas y seudocódigos, a los que incluso se les puede dar un formato de programa real, pero tratándose de una materia de programación dentro de una carrera de ingeniería la práctica a la que se apunta es la que se realiza sobre la máquina, donde el programa se ejecuta y permite conocer los resultados o efectos producidos.

Los lenguajes de programación profesionales que se encuadran dentro de lo que plantea el paradigma de la POO tienen como concepto central, precisamente, el concepto de *objetos*. En el caso del lenguaje Smalltalk, pese a tener integrado un entorno de desarrollo propio, visualmente agradable y con diversas herramientas y opciones para facilitar el desarrollo, no es para nada trivial su uso. Si se quiere lograr un programa sencillo, que por ejemplo tenga solo un *objeto* y haga una tarea básica, para que funcione se debe definir primero la *clase* de la cual ese *objeto* va a ser instancia, y a dicha - hay que ubicarla mediante la *herencia* dentro de una jerarquía de *clases* que viene definida por el lenguaje. Además, a la porción de código que realiza la tarea que se requiere no hay que escribirla sobre el objeto mismo sino, previendo que pueda haber una generalización en la que haya miles de objetos similares, se la debe definir en la clase, con un *método*, del cual hay que especificar que se trata de un *método de instancia*. Por supuesto, el código que se escriba debe cumplir con los requisitos de sintaxis propios del lenguaje. Finalmente, hay varias formas de probar el programa; la más sencilla requiere que se abra una sección especial del ambiente de desarrollo –el *workspace*– y codificar allí la secuencia de *instanciación*, el envío del mensaje y prever la forma de observar el resultado.

Los primeros en utilizar *Ozono*, en su doble rol de docentes y desarrolladores, afirman que el principal sentido de haber creado el *software* fue lograr que "los alumnos puedan experimentar rápidamente la aplicación de los conceptos de objetos, mensajes y relaciones, haciéndolos andar en una computadora y pudiendo aprender de los resultados que obtienen" (Lombardi, 2007).

Esa intuición inicial es confirmada por los docentes actuales, quienes utilizan *Ozono* desde la primera clase para ir probando con sencillez los programas que desarrollan, sin necesidad de muchos conceptos previos.

De las numerosas opiniones de los estudiantes una de ellas expresa con claridad: "Es una herramienta muy didáctica para aquella persona que no sabe programar y una buena introducción para encarar el paradigma de objetos." Otro estudiante afirma: "Destaco la facilidad con la que incluye los conceptos básicos del paradigma y los lleva a la práctica para los que acabamos de iniciarnos en el paradigma. Es una buena manera de empezar a entender los objetos y ver cómo se relacionan." Sin rodeos ni eufemismos, un estudiante resume una sensación compartida con muchos otros: "Una cosa es entender la explicación del profesor pero otra cosa es ver cómo funciona en la práctica". Más del 60% de los estudiantes valora la posibilidad que ofrece el *software* al permitir practicar con la computadora desde el primer momento.

Si se retoma el ejemplo anterior, para lograr hacer el mismo programa con un objeto que realiza una tarea y que funcione en *Ozono*, ciertamente hay que tener alguna idea del concepto de *objeto* y de *mensaje*, que es precisamente el punto que se quiere practicar, pero no es necesario conocer de *clases*, *herencia*, ni otras definiciones del lenguaje, como tampoco preocuparse por la visualización de resultados. Y otro aspecto a considerar, más allá del manejo técnico, es que el alumno se concentra en un objeto en particular y la tarea que debe hacer, sin desviar la atención hacia una posible generalización, ciertamente más abstracta.

Uno de los docentes lo explica comparando su experiencia actual con lo que pasaba años anteriores: "El alumno antes del uso de *Ozono*

encontraba una barrera inicial conceptual muy difícil de franquear: la creación de objetos mediante clases. Esto se resolvía retrasando el uso del lenguaje de programación y su prueba en la computadora hasta más avanzado el curso, al introducir el concepto de clase".

#### *La gradualidad y complejidad del proceso de enseñanza-aprendizaje*

El aprendizaje es un proceso complejo que requiere articulación y gradualidad. Lo abultado del elenco de contenidos que se prescriben en los programas de las asignaturas, las relaciones entre ellos y lo potencialmente inabarcable que se esconde detrás de cada término en el ámbito profesional actual, hace necesaria una cuidadosa estrategia de selección, secuenciación y articulación de su desarrollo. De esta manera, se trata de no apabullar al estudiante de entrada, de no plantear un ritmo demasiado intenso o una velocidad excesiva, como por otra parte tampoco subestimar su capacidad.

En este sentido, es valioso rescatar los aportes de Lev Vigotsky (1993) sobre lenguajes y mediación, y poder articular el uso de herramientas que permitan el aprendizaje gradual de la programación con su concepto de "Zona de desarrollo próximo", entendida como aquellos conceptos o habilidades que el estudiante no conoce, pero que están a su alcance de ser aprendidos, con las mediaciones adecuadas. Otro elemento a destacar, es la categoría de "andamiaje" que se inscribe en la teoría sociohistórica y consiste en una estructura de sostenimiento de las prácticas de aprendizaje. Expresado por Jerome Bruner (1988), en continuidad con los trabajos mencionados de Vigotsky, permite que el estudiante participe en actividades y tareas que vayan más allá de sus conocimientos individuales, pero en las que podrá lograr un mejor desempeño gracias al soporte de "andamiaje" del educador o compañero con más experiencia. El objetivo que se persigue dentro de la propuesta docente es que *Ozono* cumpla la función de "andamiaje", que sea una mediación adecuada y provisoria para que el estudiante aprenda.

Precisamente, una de las características de *Ozono* es que en un primer momento se ocultan los aspectos más difíciles de entender para el estudiante y se los revela progresivamente. En otras palabras, analizando técnicamente la implementación de la herramienta, lo que

hace es que ciertas tareas que en el entorno habitual de Smalltalk se deben hacer mediante código, se automaticen con un click, y de esta manera queden ocultos al usuario. Así, el estudiante necesita comprender un conjunto acotado de conceptos para poder construir su solución informática. Una vez afianzados estos conceptos, podrá dar un paso más y lo que antes resolvía automáticamente la herramienta, ahora lo aprenderá a hacer mediante el código que es como se trabaja profesionalmente.

Un docente actual recuerda su experiencia como alumno de la materia usando *Ozono*, y destaca la importancia de la gradualidad de la enseñanza y de empezar pronto a trabajar en la máquina: "Fue muy positivo, porque favoreció el aprendizaje gradual del paradigma. Me facilitó mucho el proceso de aprender a pensar en objetos y en los mensajes que entienden desde el primer día".

#### *Relación con conocimientos previos*

En primer lugar, entre quienes no tenían conocimientos previos de POO, alrededor del 60% de los estudiantes, la mitad pondera que *Ozono* fue de mucha ayuda para entender los conceptos del paradigma. Con una opinión más moderada, el 25% comenta que le ayudó a comprender mejor algunos conceptos y un 20% que le ayudó a entender el lenguaje en particular. El restante 5%, por su parte, afirma que la herramienta en cuestión le ayudó poco o nada.

Por otra parte, alrededor del 40% de los estudiantes manifestó tener conocimientos previos de POO. Entre ellos, solo el 10% afirma que el uso de *Ozono* le ayudó poco o nada para su aprendizaje. Para algunos "olvidarse" de las clases y pensar en objetos representa una dificultad más que una mediación didáctica y se muestran disconformes con su uso. La mayoría, más del 60%, valora que fue de ayuda para comprender mejor algunos conceptos del paradigma y para entender y utilizar el lenguaje de programación en particular.

Hay quienes tienen una mirada solidaria, asumiendo que si bien a ellos no les ayudó mucho, entienden que fue de utilidad para sus compañeros. Los casos más interesantes son los de cerca de un 30% de los estudiantes quienes reconocen que creían saber del Pa-

radigma de Objetos, pero que al avanzar con el uso del *Ozono* se dieron cuenta no era así, que tenían una idea equivocada de lo que es programar en objetos.

Si bien en ambos grupos se reconoce ampliamente la utilidad de *Ozono* como ayuda para el aprendizaje, se constata una mayor valoración positiva entre quienes no tenían conocimientos previos en programación en objetos por sobre los que sí los tenían. A su vez, es significativo señalar cómo en algunos estudiantes (quienes creían conocer el paradigma y se dieron cuenta de lo contrario) se pone en evidencia que el aprendizaje, lejos de ser sencillamente acumulativo, provoca una reestructuración de los conocimientos, "desaprendiendo" ciertas cosas y reorganizando los saberes previos. Es el proceso que desde el constructivismo se denomina de acomodación y asimilación, que conduce a un nuevo equilibrio cognitivo donde lo nuevo se integra con lo anterior. Vale aclarar que no se debe confundir la gradualidad del aprendizaje con una linealidad unidireccional, ya que precisamente se trata de reorganizar y no de acumular.

#### *El pasaje de Ozono a Smalltalk*

Dentro del proceso gradual de incorporación de complejidad, llega un momento en que *Ozono* ya no resulta útil por la necesidad de abordar temas que no contempla, en particular el concepto de *clase*. Los docentes asumen que una vez transcurrido cierto tiempo del desarrollo de la materia, habiendo entendido, madurado y puesto en práctica una serie de conceptos sin la necesidad de recurrir a las *clases*, el estudiante ya está en condiciones de dejar de lado *Ozono* y pasar a usar el entorno del Smalltalk tal cual es –en particular la implementación de Pharo– y en él empezar a definir *clases* para luego continuar con otros conceptos del paradigma en esa línea, como la *herencia*, que es una relación entre *clases*, o la redefinición de *métodos*, que solo tiene sentido en un contexto de *herencia*.

Uno de los docentes lo expresa de esta manera: "Cuando me aseguro que saben el concepto más importante que es modelar usando polimorfismo, me doy cuenta que es el momento para dejar de usar *Ozono* y pasar al ambiente de Smalltalk. No hay que dejar pasar mucho tiempo porque si no la adopción del concepto de *clase* es más traumática".

Retomando la idea de considerar a *Ozono* como un ejemplo del concepto metafórico de "andamiaje" de Bruner, en tanto medio de brindar apoyo para que el estudiante pueda adquirir un nuevo conocimiento, se reconoce también su carácter provisorio, tal como lo señalan los pedagogos constructivistas. Cuando el estudiante comprende la dinámica del envío de mensajes a los objetos, las referencias y el *polimorfismo* ya no tiene sentido seguir utilizando dicho *software*, por lo que se lo deja de lado y se pasa el lenguaje de programación profesional.

*Ozono* está integrado en el entorno de Smalltalk y guarda cierta analogía visual y funcional, pero la experiencia de los estudiantes y la mirada de los docentes da cuenta de un abanico de posiciones que muestra que aún le falta suavizar didácticamente ese salto.

Quienes ven la continuidad entre ambas herramientas, por ejemplo, destacan: "Está bueno que se pueda trabajar a nivel objeto porque así pude comprender mejor cómo funciona el paradigma y cómo utilizar el lenguaje. Cuando pasamos al System Browser de Smalltalk todos los conocimientos que aprendí con *Ozono* fueron aplicables."

En contrapartida, a muchos estudiantes les resultó complejo hacer el cambio: "Me parece que *Ozono* no está muy integrado a Pharo. De una semana para la otra se deja de usar porque no soporta clases y es como volver a aprender a usar otro sistema."

Los docentes son conscientes también que la transición del uso de *Ozono* al entorno clásico del Smalltalk aún presenta ciertas complejidades y si bien intentan mostrar la continuidad notan que resulta un cambio brusco para algunos de sus alumnos.

#### *La importancia de la motivación y del protagonismo del estudiante*

El aprendizaje no es una acumulación de saberes sino un proceso de construcción y los errores no deben ser vistos como un fracaso sino como una oportunidad de aprendizaje. Como afirma Gardner en relación a la importancia de la motivación, los estudiantes "serán mucho más hábiles en aquellas ocupaciones que tienen que ver con sus intereses y esfuerzos, y que son valoradas por sus adultos y sus iguales en el entor-

no" (Gardner 2008, p. 115). La importancia del modo de acercamiento, la predisposición y la actitud del estudiante frente a su propio objeto de estudio son factores que influyen en su proceso de aprendizaje. A su vez, no se trata exclusivamente de una cuestión del alumno en sí sino que está condicionado por el contexto en el cual se desarrolla la situación. Por lo tanto, resulta oportuno el análisis acerca de en qué manera el uso de una herramienta pedagógica como *Ozono* tiene un efecto sobre dichos factores.

Entre los estudiantes, las tres cuartas parte reconoce un impacto favorable, detallando que el uso de *Ozono* despertó su interés por la programación orientada a objetos (55%) y en otros casos fue un elemento motivante (19%). En contrapartida, un 5% remarcó que le provocó aburrimiento. Completando el panorama, una franja intermedia de alrededor del 20% afirma que le resultó indiferente.

Una característica fundamental que *Ozono* aporta a la motivación del estudiante es la funcionalidad que realiza el "diagrama de objetos" a partir de los objetos creados y del código escrito. Lo interesante, es que el diagrama se va modificando automáticamente conforme a las pruebas que se realizan o los nuevos objetos que se crean.

A partir del trato directo con los estudiantes en los trabajos de laboratorio y de su anterior experiencia como alumnos, una de las docentes ayudantes explica cómo el *software* permite fijar las ideas a partir de su representación gráfica:

Para armar modelos de objetos, a los estudiantes les cuesta entender al principio algo abstracto. Pensar que hay un objeto en algún lado, saber que hay un entorno que no sabemos bien cómo es, hablar de referencias pero no plasmarlas, los deja con una idea de "programar en papel" poco aplicable. Al incorporar una herramienta como *Ozono*, todo esto se torna pragmático y empírico: ¡Puedo ver lo que estoy haciendo! Veo cómo la referencia es una "flecha" que apunta ahora a otro objeto, que es un redondelito de color, y cómo cambia el sistema con cada mensaje que envío.

El diagrama de objetos es el aspecto en el que más se detienen los estudiantes a opinar y plantear sugerencias, lo que habla de la importancia que adquiere para los alumnos y marca una pis-

ta clara para futuras mejoras en el *software* que encare el cuerpo docente.

### **La potencialidad de crear herramientas tecnológico-pedagógicas en la universidad**

En un país que necesita de un sólido desarrollo tecnológico propio y en el marco de la universidad pública, se reconoce el rol activo de la UTN como innovadora en materia científico-tecnológica y como ámbito donde se investiga y se desarrolla tecnología. Con la mirada puesta sobre la importancia creciente del uso de *software* como recursos pedagógico, se identifica a la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información como el lugar donde la necesidad y la capacidad confluyen y es posible desarrollar el *software* que se utilice con fines educativos en la misma carrera. Que los docentes de programación puedan utilizar como recurso pedagógico un *software* creado por ellos mismos es una singularidad que permite un sinnúmero de posibilidades.

Frente a la serie de problemas o posibles mejoras, trabajar con los estudiantes con una herramienta propia es una experiencia con un potencial increíble. Por un lado es útil porque permite ir corrigiendo dichos errores, pero principalmente les permite a los docentes seleccionar los conceptos de programación que consideran oportuno incorporar u ocultar en la herramienta, para ir orientando paulatinamente el proceso de aprendizaje, proporcionando un terreno propicio para la introducción gradual de los conceptos acorde a la planificación que ellos mismos hacen de la materia.

Al respecto, uno de los desarrolladores de Ozono recuerda:

... Hacer Loop –como lo llamábamos entonces– fue un buen ejercicio. Hacer una herramienta con el objetivo de mejorar nuestra llegada como docentes es muy valioso no solo para el estudiante que va a usarla, sino que lo fue para mí como docente. Entender y discutir lo que queremos enseñar es básico para el crecimiento del docente y de la materia dada, y desarrollar una herramienta puso sobre la mesa cuestiones a discutir que a veces hasta hubieran parecido axiomáticas.

Aludiendo a las reflexiones de Paulo Freire so-

bre el aprendizaje continuo del docente, para los integrantes del equipo docente, el hecho de participar de un proceso de uso y también de definición, creación y modificación del mismo *software* que luego utilizan en el aula, constituyó una oportunidad muy valiosa de formación.

Por su parte, los estudiantes (62%) reconocen el esfuerzo que realiza la facultad en materia de investigación y desarrollo de herramientas informáticas pedagógicas como Ozono. Un 30% sostiene que les generó curiosidad ver cómo estaba desarrollado internamente el *software* y les gustaría poder hacer cosas similares.

### **Impacto y resultados**

En la actualidad, entre los docentes –incluidos los desarrolladores del Ozono– hay una amplia coincidencia en evaluar positivamente la herramienta. Un indicador valioso que observan es la comprensión de los conceptos de la materia y su puesta en práctica en situaciones concretas. En este sentido, los docentes coinciden en señalar que la respuesta que se ve en los estudiantes permite aumentar el nivel de complejidad de trabajos prácticos y exámenes, sin que ello signifique la fractura del proceso de aprendizaje, en términos generales. Esta tendencia es consistente con las modificaciones en las planificaciones de los últimos años respecto de los anteriores, en las que se incluyen temas que antes no aparecían.

Los docentes expresan en función del alcance de los ejercicios de carácter práctico:

El impacto es netamente positivo, aumentando el nivel de compromiso inicial. Los alumnos adquieren notablemente un conocimiento más preciso de conocimientos y más rápidamente, por lo que es factible ampliar el temario y enseñar más conceptos o bien los mismos pero con mayor profundidad.

Respecto de la evaluación, otro docente agrega que “el tipo de problemas que surge de la corrección de los exámenes es diferente, ya que hay ciertos errores que anteriormente eran más frecuentes y ahora lo son menos”.

En cuanto a la percepción de los estudiantes: su apreciación global del valor pedagógico de la herramienta es en promedio, cercana a 8 (7,75), en una escala de 1 a 10. Más del 60% pondera la

posibilidad de practicar con la computadora desde el primer momento y un porcentaje similar destaca la importancia de poder ver gráficamente cómo son y cómo se relacionan los objetos. Luego, colectando alrededor de la cuarta parte de las adhesiones, los estudiantes afirman que trabajar con *Ozono* sobre el lenguaje Smalltalk les resultó mucho más sencillo que otros lenguajes (23%) y ver que los programas funcionaban rápidamente fue gratificante (27%). En el otro extremo, ante la pregunta directa, algunos estudiantes (5%) acuerdan en que *Ozono* les pareció un poco básico, incluso infantil, remarcando que esperan otra cosa de la universidad.

## Conclusiones

En síntesis, lo que brinda una mayor utilidad a la herramienta es el momento, el enfoque y la forma de uso que se hace de ella, acorde a una ponderación de la importancia relativa de los temas de la asignatura desde la percepción del campo profesional, a las decisiones acerca del orden y gradualidad en que se presentan los temas y a la importancia que se le da a la resolución de problemas reales utilizando un lenguaje concreto como articulación entre teoría y práctica.

El detenimiento en los aspectos destacables de la experiencia desde el punto de vista pedagógico y de sistemas no oculta las dificultades y

problemas detectados. Tanto en la experiencia directa de los estudiantes como de los docentes, como lo que se puede ver desde la mirada analítica, con algunos matices, son coincidentes los problemas en el uso de *Ozono*, en particular la dificultad de tener que cambiar de herramienta en la mitad de la materia, para enfrentarse a Smalltalk.

Los docentes reconocen el desafío que supone la transición de *Ozono* a Smalltalk, y por eso están trabajando intensamente en una nueva versión de la herramienta superadora de la actual, denominada Wollok. Este *software*, mantiene el mismo enfoque pedagógico, pero, en lugar de ser un *software* educativo que se monta sobre Smalltalk y se limita a los primeros conceptos de la programación orientada a objetos, consiste en un lenguaje de programación en sí mismo y con su propio ambiente de desarrollo. De este modo, se pueden abordar todos los conceptos del paradigma.

## Agradecimientos

A quienes con ímpetu investigador crearon *Ozono*, a quienes como estudiantes juegan con él para aprender a programar, a quienes como docentes lo usan para enseñar y seguir aprendiendo y a quienes asuman el desafío de seguir utilizándolo y recreándolo.

## Referencias

- BURBULES, N. (2001). Educación: riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información. Buenos Aires, Granica.
- FREIRE, P. (1994). Carta a quien pretende enseñar. Buenos Aires, Siglo Veintiuno.
- GARDNER, H. (2008). La mente no escolarizada. (3ª ed.) Buenos Aires, Paidós.
- GRIGGIO, C.; LEIVA, G.; POLITO, G.; DECUZZI, G. y PASSERINI, N. (2011). A programming environment supporting a prototype-based introduction to OOP
- LOMBARDI, C.; PASSERINI, N. y CESARIO, L. (2007). "Instancias y clases en la introducción a la programación orientada a objetos". Smalltalks 2007 – Primera Conferencia Argentina de Smalltalk, 2007.
- PAPERT, S. y HAREL, I. (2002). Situar el Construccionismo. Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible, Alajuela. Traducido de PAPERT, SEYMOUR. P. y HAREL, I. (1991). Constructionism Ablex Publishing Corporation.
- SAyP (Secretaría Académica y de Planeamiento) (2007) "El currículum" en Didáctica en la Universidad. Facultad Regional Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional.
- VIGOTSKY, L. (1993). Pensamiento y lenguaje. En Obras Escogidas. Tomo 2. Madrid, Visor.



## Análisis químico de las especias: tomillo y salvia

**Fernando Damián Reina<sup>1</sup>, Luis Alberto Roche<sup>1, 2</sup>, María Angélica Bianchi<sup>1</sup>, Juan Miguel Languasco<sup>1</sup>, Patricia Della Rocca<sup>1</sup>**

1 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química, IDETQA, Investigación y Desarrollo en Tecnologías Químicas Aplicadas, Medrano 951 (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

2 CONICET La Plata y Universidad Nacional de La Plata, CIDCA, Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología, Calle 47 y 116, La Plata (B1900 AJJ), Buenos Aires, Argentina

*patriciadellarocca@hotmail.com*

*Recibido el 16 de febrero de 2016; aceptado el 11 de marzo de 2016*

### Resumen

Las especias poseen componentes con importantes características antioxidantes, antimicrobianas y antifúngicas y presentan la particularidad de conferir aromas y sabores agradables que mejoran la calidad sensorial de los alimentos a los que se adicionan.

En el presente trabajo se analizaron los extractos de dos especias, tomillo y salvia, por espectrofotometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar grupos funcionales típicos de componentes que poseen capacidad antioxidante y se determinaron los compuestos fenólicos totales en cada una de ellas por el método de Folin-Ciocalteu.

**PALABRAS CLAVE:** COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES - ESPECTROFOTOMETRÍA INFRARROJA - FTIR - ANTIOXIDANTES - ESPECIAS

### Abstract

Spices have important antioxidant, antimicrobial, antifungal characteristics and have the particularity to confer nice odor and taste in order to improve the food sensory quality.

In the present work, two spices, thymus and sage were analyzed by Fourier transform infrared spectrophotometry to identify typical functional groups of components that have antioxidant capacity and total phenolic compounds of each spices were determined by the Folin –Ciocalteu method.

**KEYWORDS:** TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS - INFRARED SPECTROPHOTOMETRY - FTIR - ANTIOXIDANTS - SPICES

## Introducción

Las especias generalmente se utilizan en la gastronomía para resaltar y mejorar la calidad sensorial de los alimentos. La condimentación proporciona un sabor agradable que favorece la reducción de la ingesta diaria de sodio y grasa. Sin embargo, también se las emplea en medicina por poseer componentes que imparten múltiples efectos beneficiosos en la salud. Varios de estos atributos beneficiosos se han comprobado experimentalmente a partir de estudios en animales y ensayos clínicos. Las propiedades antioxidantes e hipocolesterolémicas de las especias tienen efectos a largo plazo. Las propiedades antioxidantes son de particular interés para atenuar el estrés oxidativo que provoca el desarrollo de enfermedades degenerativas como las cardiovasculares, las neurodegenerativas, las enfermedades inflamatorias y el cáncer.

Muchos extractos de especias han demostrado un considerable efecto de estabilización de los lípidos ante las reacciones de oxidación y tienen un gran potencial comercial como fuente de nutraceuticos o ingredientes de alimentos funcionales (Shui y Leong, 2006). Antioxidantes con importante actividad han sido encontrados en 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). La protección antioxidante ha sido atribuida a numerosos y variados compuestos que las integran, entre ellos: vitaminas C y E, tocoferoles, carotenos y compuestos fenólicos (Abushita et al., 1997).

La oxidación de los lípidos en los alimentos produce varios efectos perjudiciales en los alimentos como decoloración y desarrollo de aromas inaceptables. Asimismo, disminuye el valor nutricional del alimento y puede provocar riesgos en la salud debido a la formación de peróxidos

y aldehídos que pueden ocasionar daños en los tejidos vivos y también mutagénesis y carcinogénesis.

## Tomillo

### Características botánicas

El tomillo pertenece al género *Thymus* y a la familia de las Labiadas, es de clima templado y originario de los países de la cuenca mediterránea occidental. Crece sobre suelos secos y soleados y resiste bien las heladas y sequías. Presenta una gran diversificación en subespecies y la Península Ibérica es una de las zonas más ricas en cuanto al número. Se trata de una planta aromática (su nombre genérico proviene del griego *Thym*, en alusión a su intenso y agradable aroma) de 10-40 cm de altura y muy ramificada. Las hojas, de 3-8 mm, son lineales, oblongas, sentadas o brevemente pediceladas, opuestas, sin cilios, con el pecíolo o sus márgenes revueltos hacia abajo y blanquecinas por su envés. Las flores son axilares y están agrupadas en la extremidad de las ramas, formando una especie de capítulo terminal, a veces con inflorescencia interrumpida. Las brácteas son verde-grisáceas, el cáliz, algo giboso, con pelos duros, con tres dientes en el labio superior, cortos, casi iguales y dos en el inferior, muy agudos, más largos, con pelos en sus bordes y de color rojizo. La corola, un poco más larga que el cáliz, con el labio superior erguido y el inferior trilobulado y de color blanquecino o rosado. Los 4 estambres sobresalen de la corola y el fruto es un tetraqueno, lampiño, de color marrón. (Tránsito López Luengo, 2006).

### Composición química

En su composición química destacan el aceite esencial y los flavonoides. El aceite esencial está constituido principalmente por fenoles monoterpénicos, como timol, carvacrol, p-cimeno,

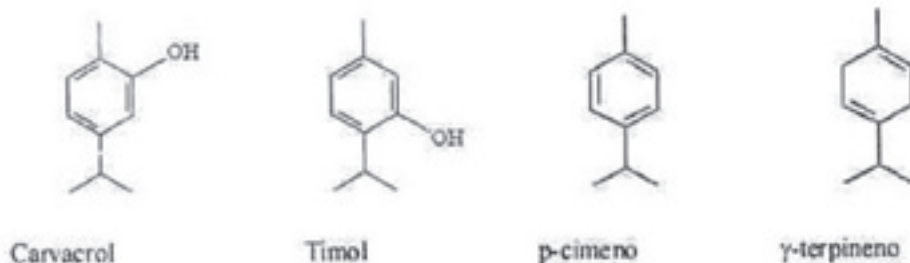


Fig. 1. Fenoles Monoterpénicos

$\gamma$ -terpineno, limoneno, borneol y linalol (Figura 1). No obstante, se ha de tener en cuenta que la composición del aceite esencial es muy variable según la época y el lugar de cosecha.

Los terpenos son metabolitos secundarios de las plantas y son una clase de lípidos poco solubles en agua pero solubles en etanol y en cloroformo. Se conocen más de 40000 terpenos extraídos de las plantas aromáticas. Pueden poseer grupos funcionales alcoholes, cetonas o aldehídos. Los terpenos oxigenados se denominan terpenoides. Contienen átomos de carbono en múltiplo de 5, lo que parece indicar que hay un compuesto de cinco átomos de carbono en la construcción de su estructura. Es así como en un principio se pensó que eran derivados del isopreno o 2-metil-1,3-butadieno, compuesto de cinco átomos de carbono y que las unidades de isopreno estaban agrupadas cabeza con cola para formar los terpenos, y a esto se llamó regla del isopreno. Investigaciones posteriores permitieron comprobar que el compuesto de cinco átomos de carbono con el que se biosintetizan los terpenos es el pirofosfato de 3-metil-3-butenilo o pirofosfato de isopentilo y que era la materia prima para la obtención de los terpenos.

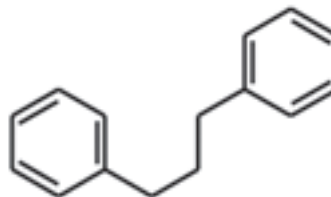
De esta forma, los terpenos se clasifican por el número de unidades de isopreno (C5) que contienen: los terpenos de 10 C contienen dos unidades C5 y se llaman monoterpenos; los de 15 C tienen tres unidades de isopreno y se denominan sesquiterpenos, y los de 20 C tienen cuatro unidades C5 y son los diterpenos. Los triterpenos tienen 30 C, los tetraterpenos tienen 40 C y se habla de politerpenos cuando contienen más de 8 unidades de isopreno.

### Flavonoides

Comprenden un gran grupo de metabolitos secundarios que derivan de subunidades que provienen de las rutas metabólicas del acetato y del shikimato. Se encuentran casi exclusivamente en plantas superiores, y se presentan de dos modos muy característicos: enlazados a unidades glucídicas (flavonoides glucósidos), o libres (flavonoides agliconas).

Los flavonoides (Figura 2) mayoritarios en el tomillo son luteolina, apigenina, naringenina, eriodictol, cirsilineol, salvigenina, cirsimarina, timonina y timusina, entre otros. Otros

componentes también destacables son los ácidos fenólicos derivados del ácido cinámico (ácidos cafeico y rosmarínico), triterpenos (ácidos ursólico y oleanólico), saponinas, taninos y un principio amargo (serpilina).



**Fig. 2. Estructura básica de los flavonoides**

Actividad antioxidante: Tiene acción antirradicalaria, en la que se consideran implicados el timol y el carvacrol del aceite esencial, así como los flavonoides y otros polifenoles.

Aplicaciones: El tomillo se utiliza habitualmente como condimento de uso culinario y en la elaboración de encurtidos. Favorece la conservación de los alimentos que se aliñan con él gracias a las propiedades antimicrobianas y a las antioxidantes en las que intervendrían el timol, el carvacrol, los flavonoides y los polifenoles.

Los polifenoles son un grupo de sustancias químicas encontradas en plantas caracterizadas por la presencia de más de un grupo fenol por molécula. Los polifenoles son generalmente subdivididos en taninos hidrolizables, que son ésteres de ácido gálico de glucosa y otros azúcares; y fenilpropanoides, como la lignina, flavonoides y taninos condensados.

### Salvia

Todas las salvias presentan una composición química compleja con abundantes metabolitos de naturaleza terpénica: monoterpenos y sesquiterpenos constitutivos de sus aceites esenciales, diterpenos (carnosol, rosmanol, epirosmanol, ácido carnósico) y triterpenos derivados del ursano y oleanano (Tabla I). Además poseen abundantes compuestos fenólicos: flavonoides con sustituyentes sobre el C-6 y ácidos fenólicos, principalmente ácido rosmarínico.

En este trabajo se empleó la especie *Salvia officinalis* L. Su principal nombre vulgar es sal-

%	<i>S. officinalis</i>	<i>S. lavandulifolia</i>	<i>S. sclorea</i>	<i>S. triloba</i>
$\alpha$ -tuyona	18-43			1-5
$\beta$ -tuyona	3-8,5			
Alcanfor	4,5-24,5	11-36		
1-8-Cineol	5,5-13	11-25		60
Humufeno	0-12			
$\alpha$ -pineno	1-6,5	4-11		
Canfeno	1,5-7			
Limoneno	0,5-3	2-5		
Linalol	<1	0,5-9	10-20	
Acetato de Bornilo	<2,5			
Sabineno		0,1-3		
Borneol		1-8		
Acetato de Linalilo		<5	45-75	
Terpinen-4-ol		<2		
Germacreno			trazas	
Coriofileno			trazas	

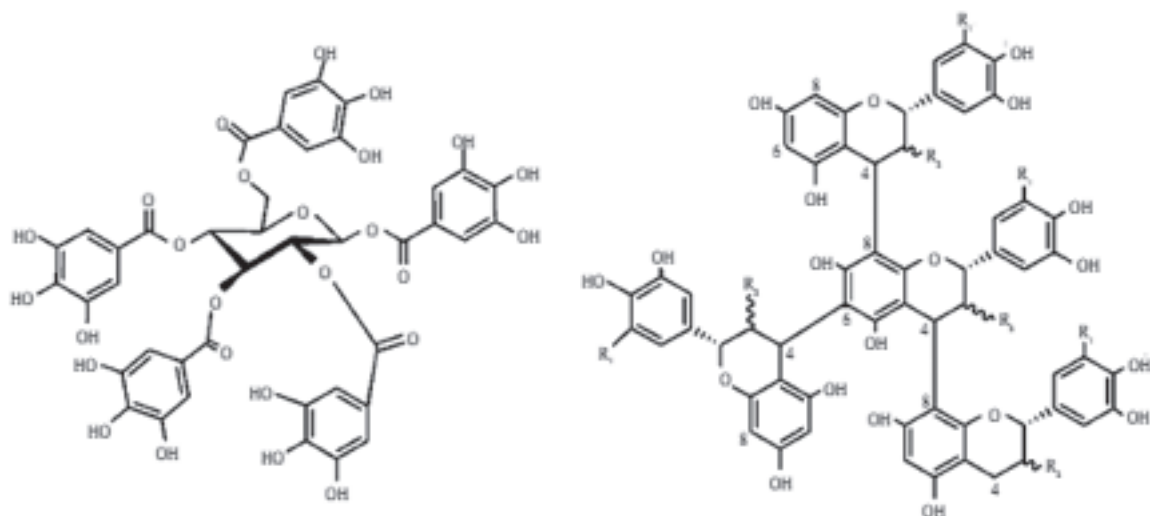
Fuente: Bruneton, 2001

**Tabla. 1. Componentes mayoritarios del aceite esencial**

via aunque también tiene otros nombres menos frecuentemente usados como son Salvia fina, Hierba sagrada, Salvia común, Salvia de Castilla, Salvia de Granada, Salvia del Moncayo, Salvia fina, Salvia oficial y Salvia real. En cuanto a la morfología de la especia podemos decir que es una mata o arbustillo espeso, de 30-90 cm de altura, y hasta 150 cm, de tallo leñoso en la base, erecto, muy ramificado, hojas opuestas, lanceolado-elípticas, vellosas, las inferiores pecioladas, las superiores sésiles. Las hojas son verde grisáceo por el haz y blanquecinas por el envés, rugosas, con muchas nervaduras, especialmente notables en el envés, con bordes finamente dentados. Sus flores son de color violeta o azul, a veces blancas o rosadas, bastante grandes, dispuestas en verticilos que constituyen espigas terminales de 3-6 flores; solo aparecen en los brotes de 2 años, su fruto está en tetraquenio, y su raíz es fusiforme, robusta y fibrosa. Es una planta aromática y melífera, muy escasa en estado silvestre. Su clima óptimo es templado y templado-cálido, sin variaciones bruscas de temperatura. Pleno sol, semi-sombra o sombra con exposición a mediodía. No tolera el exceso de agua. Le perjudican los inviernos muy rigurosos aunque es relativamente resistente a las heladas (tolera hasta 5° C). Además, es una planta termófila y xerófila que resiste bien a la sequía pero se puede prolongar el cultivo si aquella es prolongada.

La *Salvia officinalis* L. contiene: aceite esencial (0,8-2,5%), taninos condensados (3-7%, salviatanino), ácidos fenólicos (rosmarínico, cafeico, clorogénico, ferúlico, etc.), flavonoides (1-3%, luteolina, apigenina, genkwanina, hispidulina, cirsimaritina, 5,6,7-4'-tetrametoxiflavona [5-O-metilsalvigenina], nepetina, cirsililol y sus heterósidos),  $\alpha$ -D-glucósidos de timol, mentol y tuyol, diterpenos (carnosol, ácido carnósico y rosmanol), triterpenos ( $\alpha$ -amirina y  $\beta$ -amirina, betulina y ácidos ursólico y oleanólico y sus derivados hidroxilados), fitosteroles ( $\beta$ -sitosterol, estigmasterol) (Lu y Foo, 2000; Wang, et al., 2000; Miura, et al., 2001).

Los componentes mayoritarios del aceite esencial (Tabla 1), cuyo contenido mínimo no debe ser inferior al 1,5% (V/m), son por lo general cetonas monoterpénicas bicíclicas:  $\alpha$ -tuyona, y en menor proporción,  $\beta$ -tuyona. Además contiene alcanfor, 1,8-cineol y borneol libre y esterificado. Sin embargo, la composición de este aceite esencial varía considerablemente según el órgano vegetal utilizado en la extracción y la estación del año en que se haya recolectado. Por ejemplo, en estudios realizados sobre distintos cultivos de *Salvia officinalis* L. se ha comprobado que entre diciembre y abril disminuye significativamente la concentración de monoterpénos oxigenados ( $\alpha$ -tuyona y alcanfor) y aumenta el porcentaje de hidrocarburos



**Fig. 3. Taninos: (A) tanino hidrolizable (B) tanino condensado**

monoterpénicos ( $\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno y canfeno) (Santos y Fernández, 2001).

### Materiales y métodos

**Materiales:** Se trabajó con las especias: salvia y tomillo.

**Preparación de extractos:**

Se prepararon extractos de salvia y tomillo en una concentración de 50% masa en masa, empleando etanol absoluto como solvente de extracción.

Se dejaron macerar a temperatura ambiente, al abrigo de la luz y con agitación ocasional, por espacio de 15 días. Posteriormente, se filtraron con lana de vidrio para eliminar el material en suspensión y se almacenaron en la heladera a 4° C hasta su análisis.

**Espectrofotometría Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR).**

Se realizó la identificación de ciertos grupos funcionales característicos de algunos de los componentes de los extractos por espectrofotometría infrarroja IR por transformada de Fourier empleando un equipo marca Nicolet, modelo 520 P, por transmisión, extendiendo la muestra sobre un disco de seleniuro de cinc.

**Determinación de polifenoles totales en los extractos.**

Se llevó a cabo usando el método de Folin-Ciocalteu, basado en el Singleton y Rossi (1965) y modificado por procedimientos Waterhouse (2001). Se empleó un espectrofotómetro UV-visible, marca Shimadzu, serie UV 1700. Las determinaciones se realizaron por triplicado. Para realizar la cuantificación de los polifenoles totales se hizo una calibración por el método de estándar externo, utilizando ácido gálico monohidratado, reactivo analítico, ACS, como estándar de polifenoles. La curva de calibración se muestra en el ítem Resultados.

### Resultados

#### Espectroscopía infrarroja de las especias

La espectroscopía infrarroja es una técnica analítica instrumental que permite conocer los principales grupos funcionales de la estructura molecular de un compuesto. Esta información se obtiene a partir del espectro de absorción de dicho compuesto al haberlo sometido a la radiación infrarroja en el espectrofotómetro.

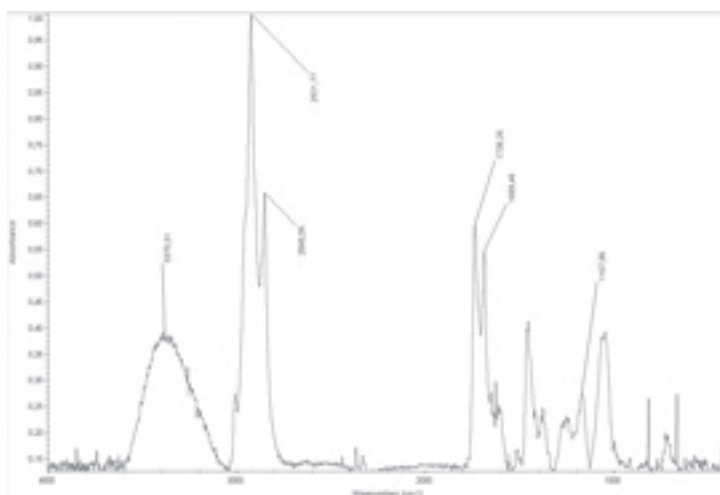
Los enlaces vibran al absorber la energía adecuada dando lugar a un espectro IR característico. Según la fuerza de los enlaces y la masa de los átomos involucrados será necesaria más o menos energía para que se produzca la absorción de la radiación. Asimismo, la simetría de la molécula y su momento dipolar definen las absorciones, por lo que el espectro IR se convierte en una propiedad molecular específica del compuesto.

En las Figuras 4 y 5 se pueden apreciar los espectros infrarrojos de las especies tomillo y salvia, respectivamente. En la Figura 6 se colocaron juntos ambos espectros a efectos de su comparación visual.

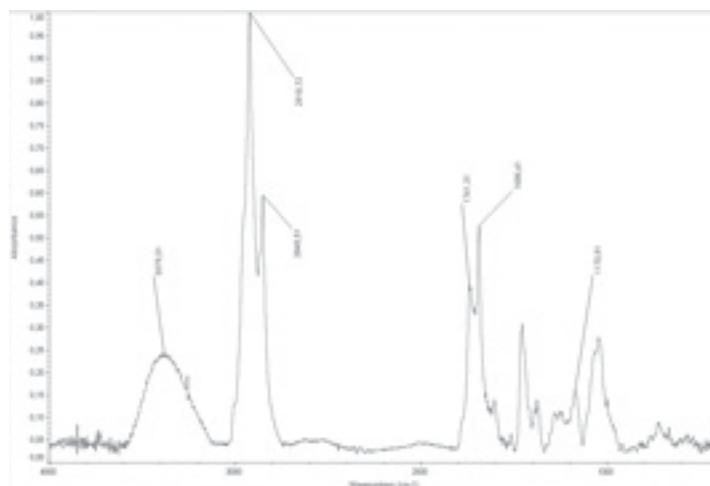
El estiramiento O-H, característico de los polifenoles provoca la aparición de una banda en el rango  $3700-3600\text{ cm}^{-1}$ , si hay enlaces por puente de hidrógeno se produce un ensanchamiento de la banda y una ligera disminución en la frecuencia de absorción ( $3600-3000\text{ cm}^{-1}$ ). Las vibraciones correspondientes al estiramiento C-H de los grupos metilo y metileno aparecen entre  $3000-2850\text{ cm}^{-1}$ . Las bandas correspondientes al grupo carbonilo C=O aparecen en el rango ( $1830-1650\text{ cm}^{-1}$ ), posiblemente correspondientes a flavonoides y/o

cumarinas y el doble enlace C=C aromático, ocurren en pares a  $1600\text{ cm}^{-1}$  y  $1450\text{ cm}^{-1}$ .

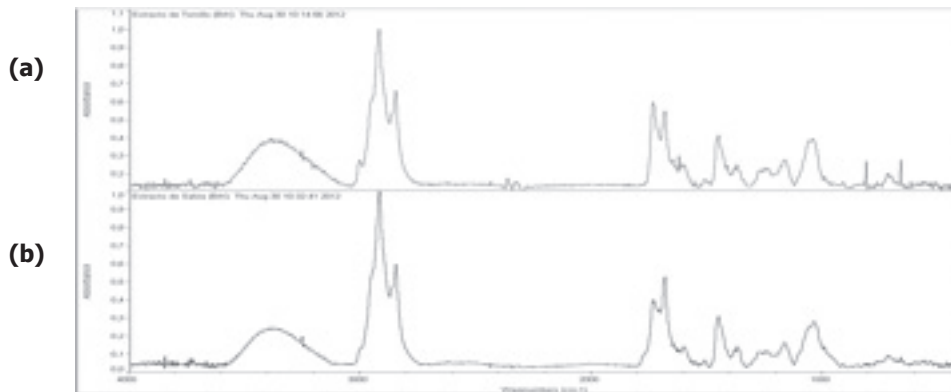
La región de huella dactilar se halla en el rango ( $1500-600\text{ cm}^{-1}$ ). En esta región del espectro pequeñas diferencias en la estructura y la constitución de una molécula dan por resultado cambios importantes en la distribución de los picos de absorción. Como consecuencia, la correspondencia de dos espectros en esta región constituye una prueba de su identidad. Muchos enlaces sencillos absorben en esta región y se produce una fuerte interacción entre enlaces vecinos. Dada la complejidad y singularidad del espectro en esta región es muy difícil su interpretación. Los espectros de las especies salvia y tomillo son similares en esta zona del espectro, excepto que el de tomillo



**Fig. 4. Espectro infrarrojo (IR) obtenido para el extracto etanólico de tomillo (50:50 en peso)**



**Fig. 5. Espectro infrarrojo (IR) obtenido para el extracto etanólico de salvia (50:50 en peso)**



**Fig. 6. Comparación de los espectros IR de los extractos de tomillo (a) y salvia (b).**

presenta bandas en  $828\text{ cm}^{-1}$  y  $657\text{ cm}^{-1}$ . Los metilenos  $\text{CH}_2$ , tienen una absorción característica de  $1450\text{-}1485\text{ cm}^{-1}$  atribuible a una vibración de flexión.

**Contenido total de polifenoles en los extractos de las especias**

La Figura 7 muestra los datos experimentales de absorbancia a  $755\text{ nm}$  obtenidos para las distintas concentraciones de ácido gálico expresadas como ppm.

La ecuación correspondiente a la recta de

calibración y el coeficiente de correlación obtenido es:

$$\text{Absc} = 0,00519 \text{ Conc.} + 0,01722$$

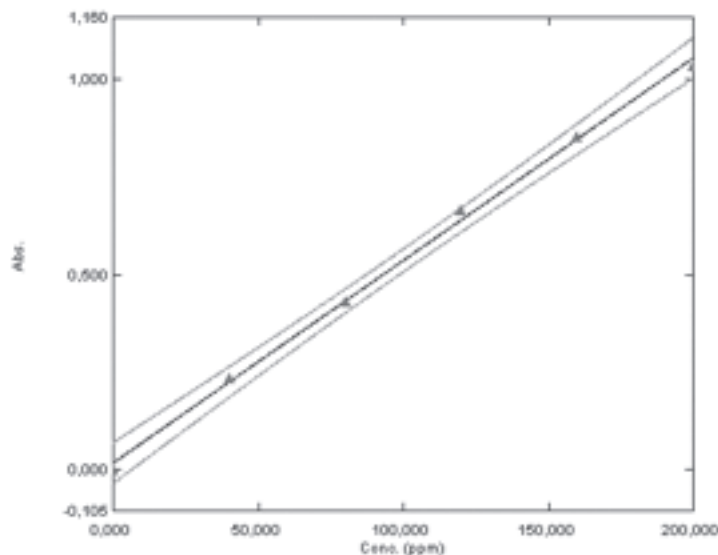
$$R^2 = 0,99802$$

La línea punteada en el gráfico delimita el error de la curva de calibración con un intervalo de confianza del 95 %.

Contenido de polifenoles totales

Extracto etanólico de tomillo:  $854,3\text{ ppm}$

Extracto etanólico de salvia:  $348,9\text{ ppm}$



**Fig. 7. Curva de calibración: Absorbancia versus Concentración**

## Conclusiones

Debido a que las especias poseen componentes muy diversos en su constitución resulta complicada la identificación de sustancias de manera particular mediante el análisis por espectrofotometría infrarroja por transformada de Fourier. Sin embargo, el reconocimiento de ciertas bandas propias de grupos funcionales pertenecientes a determinados componentes es posible.

Los extractos de salvia y tomillo presentan un perfil espectral infrarrojo muy parecido, donde se observan bandas ensanchadas a  $3400\text{ cm}^{-1}$  que son indicativas de grupos  $\text{-OH}$  debido a la presencia de compuestos de naturaleza polifenólica, tal como podemos comprobar al medir su concentración en los extractos por espectrofotometría UV-visible. La mayor absorbancia (pico más alto) en este número de onda para el espectro IR del tomillo se corresponde con una

superior cuantificación de compuestos fenólicos totales (mayor concentración en los extractos). Se observan además bandas a  $2920\text{ cm}^{-1}$ , correspondientes a vibraciones de estiramiento C-H.

Asimismo presentan una banda a  $1740\text{ cm}^{-1}$  que indican la presencia de  $\text{C=O}$  y bandas a  $1160\text{-}1170\text{ cm}^{-1}$  que confirman la presencia de uniones C-O, ambas pertenecientes al grupo funcional éster proveniente de taninos hidrolizables.

El contenido de compuestos fenólicos totales es mayor en el extracto etanólico de tomillo, casi 2,5 veces superior que en el de salvia.

## Agradecimientos

Se agradece la colaboración de la Ing. Graciela De Zeta y los becarios: Nahuel Gauna Somá y Cynthia Tartagliani.

## Referencias

- ABUSHITA, A., HEBISHI, E., BIACS, P., (1997). *Food Chem.*, 60, 207-212.
- BRUNETON J. (2001). *Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales*. Zaragoza. Acribia.
- HALL, C., CUPPETT, S., DUSSAULT, P., (1998). *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75, 1147-1154.
- KIKUZAKI, H. y NAKATAMI, N., (1993). *J. Food Sci.*, 58, 1407-1410.
- LU Y., FOO L.Y. (2000). Flavonoid and phenolic glucosides from *Salvia officinalis*. *Phytochemistry*; 55 (3):263-7.
- MARKUS, F., DAOOD, H., KAPITÁN, J. y BIACS, P., (1999). *J. Agric. Food Chem.*, 47, 100-107.
- MERCADO-MERCADO, G., DE LA ROSA CARRILLO, L., WALL MEDRANO, A., LÓPEZ DÍAZ, J.A. y ÁLVAREZ-PARRILLA, E., (2013). Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de especies típicas consumidas en México, *Nutrición Hospitalaria*, 28 (1)36-46.
- MIURA K., KIKUZAKI H., Y NAKATANI N. (2001). Apianane terpenoids from *Salvia officinalis*. *Phytochemistry*; 58;1171-5.
- ORTEGA HERNÁNDEZ-AGERO, T. CARRETERO ACCAME, M.E. Y VILLAR DEL FRESNO, A. M. (2002). *Salvia*. Fitoquímica, farmacología y terapéutica. *Farmacia Profesional*. Vol 16. Nº 7. 60-63.
- PAREDES SALIDO, F. y FERNÁNDEZ, A.C., (2005). Polifenoles de aplicación en farmacia. *Offarm*. vol. 24, nº 8, septiembre.
- SHUI G., LEONG L., (2006). *Food Chem.*, 97, 277-284.
- SINGLETON y ROSSI, (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdicphosphotungstic acid reagent. *Am. J. Enol. Vitic.* 16, 144-158.
- SRINIVASAN, K., (2016). Spices and Flavoring Crops: Uses and Health Effects, *Encyclopedia of Food and Health*, 98-105.
- TRÁNSITO LÓPEZ LUENGO, M., (2006). Tomillo Propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *Ámbito farmacéutico*. *Offarm*, vol. 25 nº 1.
- WANG M., KIKUZAKI H., ZHU N., SANG S., NAKATANI N. Y HO C. T. (2000). Isolation and structural elucidation of two new glycosides from sage (*Salvia officinalis* L.) *J. Agric. Food Chem.* 48(2):235-8
- WATERHOUSE, A. L., (2001). Determination of Total Phenolics, in *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, I1.1.1-I1.1.8, Wrolstad, R.E., Wiley.



## **INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS**

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

### **Presentación de los textos**

Los trabajos, en versión impresa (original y copia), podrán ser remitidos a los miembros del Comité Editorial:

Lic. Gladys Esperanza, Lic. Juan Miguel Languasco, Dr. Fernando Gache

proyecciones@frba.utn.edu.ar

Facultad Regional Buenos Aires,  
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva  
Medrano 951 (C1179AAQ) Buenos Aires, República Argentina

### **Recomendaciones generales**

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

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

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

### **Pautas específicas**

Se deberán contemplar las siguientes pautas:

La presentación corresponderá a un formato adecuado para hojas tamaño A4 (21cm x 29,7cm) 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 1cm y alineación justificada en el texto.

En la página inicial se indicará el título en negrita, centrado y con mayúscula sólo en la primera letra de la palabra inicial; en otro renglón, también en negrita, iniciales y apellido del (de los) autor(es) y, finalmente, en itálica, el nombre y la dirección postal de la(s) institución(es) a la(s) que pertenece(n), junto con la dirección de correo electrónico del autor principal. Este autor será el enlace con el Comité editorial para todos los requerimientos vinculados con la publicación. Se recuerda que a los efectos de esta publicación solo se listarán debajo del título hasta cinco autores, figurando los restantes en el pie de la misma página.

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

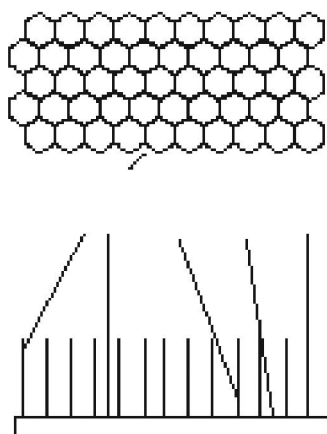
Se aconseja ordenar el trabajo de acuerdo a los siguientes ítems: Introducción, Parte Experimental, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si existen) y Referencias. Cada uno de ellos tendrá categoría de título y deberá ser presentado en forma equivalente al título original del trabajo,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

El autor principal deberá remitir su trabajo en soporte electrónico y diagramado en la forma propuesta para la versión final impresa.

Sólo se aceptarán trabajos realizados íntegramente en Microsoft Word.

### **Tablas y Figuras**

Las figuras deberán ser ubicadas en el texto, en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y leyendas explicativas al pie. Las imágenes fotográficas deberán estar al tamaño 1.1 a 300ppi, en formato tif, jpg o eps. Los gráficos o dibujos se presentarán, preferentemente, en vectores (formato .cdr o .ai); en el caso de estar presentados en forma de mapa de bits su resolución en 1.1 deberá ser mayor a 800 ppi. No podrán reproducirse figuras en color salvo en casos excepcionales que quedan a juicio del Comité Editorial, cuando el uso del mismo redunde en un cambio muy significativo de la comprensión técnica del trabajo.



**Fig. 1. Ejemplo de ubicación de la figura y su leyenda explicativa (centrada, en negrita y fuente 10)**

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

**Tabla 1. Ejemplo de formato para tabla y título (centrada, en negrita y fuente 10)**

<b>Magnitud</b>	<b>Condición A</b>	<b>Condición B</b>
<b>Magnitud A</b>	<b>1a</b>	<b>1b</b>
<b>Magnitud B</b>	<b>2a</b>	<b>2b</b>

## Agradecimientos

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

## Referencias

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

**GOULD, E. S. (1958)** *Curso de Química Inorgánica*. Selecciones Científicas, Madrid, España.

**PROBST, T.; BERRYMAN, N.; LARSSON, B. (1997)** Anal. Atom. Spectrom. 12, 1115.

**SAH, R.; BROWN, P. (1997)** Microchem. J., 56, 285.

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

## Mecanismos de Aceptación y Normativa General

Los trabajos serán revisados por reconocidos especialistas, designados por el Comité Editorial. El dictamen será, en cada caso: a) aprobado en su versión original; b) aprobado con pequeñas modificaciones; c) revisado, con necesidad de modificaciones significativas; d) rechazado. En los casos diferentes a su aprobación directa, el trabajo será enviado al autor principal. Cuando se trate de cumplir con modificaciones sugeridas por los árbitros, el trabajo será sometido a una nueva evaluación.

El envío de una contribución para *Proyecciones* supone que ésta no ha sido publicada previamente y, adicionalmente, la cesión de los derechos de publicación por parte de los autores. Cuando el trabajo ha sido ya presentado en una reunión científica (sin publicación de actas) o inspirado en una presentación de esta naturaleza, se aconseja citar la correspondiente fuente. Con el fin de formalizar la cesión de los derechos antes mencionados, el autor principal deberá cumplimentar el formulario de Autorización y Declaración Jurada para la Publicación de un Artículo que se encuentra a continuación. El mismo deberá ser completado, firmado y remitido al Comité Editorial como requisito previo a la publicación.





**UTN.BA**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

## Autorización y Declaración jurada para la publicación de un artículo

### 1. Identificación del trabajo:

Título: \_\_\_\_\_

Área de conocimiento: \_\_\_\_\_

Nº de páginas del trabajo: \_\_\_\_\_

Fecha de envío del archivo y del soporte magnético:                    /                    /

### 2. Identificación del autor/a:

Nombre y Apellido del Autor/a: \_\_\_\_\_

Tipo y Nº de documento: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

### 3. Identificación Institucional:

Universidad y/o organismo: \_\_\_\_\_

Dependencia / departamento: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

En calidad de titular de los derechos de autor del mencionado trabajo, **autorizo** a la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, **a publicar, sin resarcimiento de derechos de autor**, conforme a las condiciones arriba indicadas, en medio electrónico, en la red mundial de computadoras, en la colección de proyectos de investigación de la Facultad Regional Buenos Aires, en su versión en línea e impresa y sitios en las que esta última haya otorgado licencias, para fines de lecturas, impresión y/o descarga por Internet, **a título de divulgación de la producción científica generada por la Universidad**, a partir de la fecha.-----

Deslindo a la Facultad Regional Buenos Aires y a la Universidad Tecnológica Nacional de toda responsabilidad legal que surgiera por reclamos de terceros que invoquen la autoría del artículo cuya publicación se efectúe.-----

He sido informado que puedo registrar mi trabajo de investigación en el Registro de la Propiedad Intelectual, no siendo responsable la Universidad Tecnológica Nacional y/o Facultad Regional Buenos Aires por la pérdida de los derechos de autor por falta de realización del trámite ante la autoridad pertinente.-----

Asimismo, quedo notificado que para obtener el título de "Patente de Invención" es necesario presentar la solicitud de patente dentro del año de la publicación o divulgación. (art. 5 Ley 24.481).-----

Declaro bajo juramento que el presente trabajo es una obra inédita, verídica y todos los datos e información consignados en el mismo se encuentran bajo mi exclusiva responsabilidad. Garantizo que la obra no contiene ningún planteamiento ilícito y que no infringe algún derecho de otros.-----

.....  
Nombre y Apellido

.....  
Firma

.....  
DNI/ LC /LE /Pasaporte



## Doctorado, Maestrías y Carreras de Especialización

Doctorado en Ingeniería

*Mención en Procesamiento de Señales e Imágenes*

Doctorado en Ingeniería

*Mención en Tecnologías Químicas*

Maestría en Administración de Negocios

Maestría en Docencia Universitaria

Maestría en Ingeniería Ambiental

Maestría en Ingeniería en Calidad

Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información

Maestría en Tecnología de los Alimentos

Maestría en Procesos Biotecnológicos

Maestría en Ingeniería Estructural

Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana

Especialización en Docencia Universitaria

Especialización en Ergonomía

Especialización en Higiene y Seguridad en el Trabajo

Especialización en Ingeniería Ambiental

Especialización en Ingeniería en Calidad

Especialización en Ingeniería en Sistemas de Información

Especialización en Ingeniería Gerencial

Especialización en Tecnología de los Alimentos

Especialización en Ingeniería en Telecomunicaciones

Especialización en Transporte







**UTA.BA**  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

## **Carreras de Grado**

Ingeniería Civil

Ingeniería Eléctrica

Ingeniería Electrónica

Ingeniería Industrial

Ingeniería Mecánica

Ingeniería Naval

Ingeniería en Sistemas de la Información

Ingeniería Química

Ingeniería Textil

## **Ciclos de Licenciatura**

Licenciatura en Tecnología Educativa





**UTN.BA**  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

**Proyecciones se terminó de imprimir en los talleres Arsa Gráfica  
San Martín 476, Bahía Blanca, Buenos Aires  
Abril de 2016**





**UTN.BA**  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES