



# THEORIA

CIENCIA, ARTE Y HUMANIDADES

## REPRESENTANTE LEGAL

HILARIO HERNANDEZ GURRUCHAGA (RECTOR)

### CO-EDITOR

GILDA VARGAS McCARTE  
Departamento de Matemática  
Facultad de Ciencias  
Universidad del Bío-Bío  
gvargas@ubiobio.cl

### EDITOR

ENRIQUE ZAMORANO-PONCE  
Lab. de Genética Toxicológica  
Departamento de Ciencias Básicas  
Facultad de Ciencias  
Universidad del Bío-Bío  
ezamoran@ubiobio.cl

### EDITOR ASOCIADO

CLAUDIO PINUER RODRIGUEZ  
Departamento de Artes y Letras  
Facultad de Educación y Humanidades  
Universidad del Bío-Bío  
cpinuer@ubiobio.cl

## EDITORIAL BOARD

TITO URETA ARAVENA  
Universidad de Chile  
tiureta@abello.dic.uchile.cl

ALEJANDRO BANCALARI MOLINA  
Universidad del Bío-Bío - Sede Chillán  
abancalari@ubiobio.cl

ANDRES GALLARDO BALLACEY  
Universidad de Concepción  
agallardo@udec.cl

DANIZA IVANOVIC MARINOVIC  
Instituto de Nutrición y Tecnología  
de los Alimentos (INTA)  
Universidad de Chile  
Daniza@uec.inta.uchile.cl

ROLANDO PINTO CONTRERAS  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
rolpinto@puc.cl

MIRIAM CID URIBE  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
mcidu@puc.cl

MARIA MARTIN ZORRAQUINO  
Universidad de Zaragoza  
mamz@posta.unizar.es

CESAR HERNANDEZ ALONSO  
Universidad de Valladolid - España

MARIA INES SOLAR  
Universidad de Concepción  
marsolar@udec.cl

CARLOS CASTILLO DURAN  
Instituto de Nutrición y Tecnología  
de los Alimentos (INTA)  
Universidad de Chile  
ccastd@uec.inta.uchile.cl

ERIC OSVALDO DIAZ  
Instituto de Nutrición y Tecnología  
de los Alimentos (INTA)  
Universidad de Chile  
ediaz@uec.inta.uchile.cl

ANGELO BENVENUTO VERA  
Universidad de Concepción  
abenven@udec.cl

CARLOS BARRIOS GUERRA  
Universidad de Concepción  
cbarrios@udec.cl

JUAN CARLOS ORTIZ ZAPATA  
Universidad de Concepción  
jortiz@udec.cl

PATRICIO PEÑAILILLO BRITO  
Universidad de Talca  
ppenaili@utalca.cl

MARTA ANA CARBALLO  
Universidad de Buenos Aires  
macarballo@dbc.ffyb.uba.ar

KARIN LOHRMANN SHEFFIELD  
Universidad Católica del Norte  
klohrman@ucn.cl

GABRIEL GATICA PEREZ  
Universidad de Concepción  
ggatica@ing-mat.udec.cl

ELIZABETH VON BRAND SKOPNIK  
Universidad Católica del Norte  
evonbran@ucn.cl

GLENN HOFMANN  
House Hold International USA  
Glennhofmann@yahoo.cl

ROSA NERIS GENGHINI  
Universidad Nacional de Río Cuarto  
rgenghini@ayv.unrc.-edu.ar

JUAN HERNANDEZ SANCHEZ  
Universidad Federico Santa María  
jhs@elo.utfsm.cl

IGOR SAAVEDRA GATICA  
Universidad de Chile  
director@dsi.uchile.cl

REGINALDO ZURITA CHAVEZ  
Universidad de La Frontera  
rzurita@ufro.cl

MARIA ANGELICA MARDONES  
HERNANDEZ  
Universidad del Bío-Bío  
mamardon@ubiobio.cl

DIRECCION LEGAL  
Avenida Andrés Bello s/n  
Casilla 447, Chillán  
Fono (56-42) 203082  
theoria@pehuen.chillan.ubiobio.cl  
Pág. web: <http://ubiobio.cl/Theoria>

Publicación Anual

ISSN 0717-196X  
Inscripción N° 84.867

Derechos Reservados. Se permite reproducción con mención de la fuente.

Las opiniones vertidas son de responsabilidad exclusiva de los firmantes y no representan necesariamente el pensamiento de la Universidad como tampoco el de la revista.

EDICION Y DISEÑO  
Oscar Lermenda

# THEORIA

C I E N C I A , A R T E Y H U M A N I D A D E S

Volumen 12 - 2003 • Universidad del Bío-Bío • VIII Región, Chile

## CONTENIDO

EDITORIAL 5

---

### ARQUITECTURA

---

**Urgencias hospitalarias: Análisis del diseño y gestión de servicios de emergencia hospitalaria en Chile.** Hospital Emergencies: Analysis of Design and Management of Emergency Departments in Chile  
RODRIGO GARCÍA ALVARADO, FELIPE BAESLER ABUFARDE, PEDRO RODRÍGUEZ MORENO Y MAURICIO PEZO BRAVO (*Artículo*) 9

### CIENCIA Y TECNOLOGIA

---

**Métodos de desarrollo de software: El desafío pendiente de la estandarización.** Software Development Methodologies: A Duel Pending for Standardization  
RICARDO A. GACITÚA BUSTOS (*Artículo*) 23

**Calidad del agua del estero Piduco (Talca, VII Región): Un análisis basado en la data existente.** Water Quality of Estero Piduco (Talca, VII Region): An Analysis Based on Previous Data  
EVELYN HABIT CONEJEROS (*Artículo*) 43

**Ubicación confiable óptima de recursos en una red de distribución eléctrica.** Optimal Reliable Resources Placement in an Electrical Distribution Network  
RICARDO BAEZA G., JOSÉ RODRÍGUEZ P. Y JUAN L. HERNÁNDEZ S. (*Artículo*) 55

**El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global.** The Carbon Sequestration in Agriculture and its Importance in Global Warming  
MARCO SANDOVAL ESTRADA, NEAL STOLPE LAU, ERICK ZAGAL VENEGAS, MARÍA MARDONES FLORES Y JULIO JUNOD MONTANO (*Artículo*) 65

### ADMINISTRACION Y GESTION

---

**Método indirecto para la obtención de una matriz insumo-producto: Aplicación para el caso VIII Región del Bío-Bío.** Indirect Method for Obtaining an input-output Matrix: Application for the VIII Bio-Bio Region Case  
OSVALDO PINO ARRIAGADA Y WALTER ILLANES HIDALGO (*Artículo*) 75

**Análisis del rol del área de recursos humanos en micros, pequeñas, medianas y grandes empresas de Chillán.** Rol Analysis of Human Resources Division in Different size Organizations in Chillan  
CARLOS MAURICIO SALAZAR BOTELLO, BRENDA ELIZABETH CANCINO Y CÉSAR ANTHONY DELGADO (*Artículo*) 87

**Factores relacionados con la lealtad: Un análisis del compromiso con la compra y de los atributos de los supermercados.** Factors Related to Loyalty: An Analysis of the Purchase Commitment and of the Attributes of Supermarkets  
CARLOS FLAVIÁN BLANCO Y EDUARDO TORRES MORAGA (*Artículo*) 97

#### EDUCACION Y HUMANIDADES

---

**Las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) en la docencia universitaria.** Technologies of Information and Communications (TIC) in the University Teaching  
ANGELO BENVENUTO VERA (*Artículo*) 109

**La evaluación en los procesos de formación desde una perspectiva reflexivo-crítica.** Evaluation in the Process of Formation from a Reflexive-critic Critical perspective  
FANCY CASTRO RUBILAR (*Ensayo*) 119

**Los viejos lenguajes en las nuevas tecnologías.** The Old Languages in the New Technologies  
GILDA ELIANA SOTOMAYOR GARCÍA (*Ensayo*) 129

## EDITORIAL

LA MISIÓN de las Facultades de Ciencias Naturales y Exactas es la del cultivo y desarrollo de las respectivas disciplinas científicas a través de la docencia (pre y postgrado), de la investigación científica básica y aplicada y de la transferencia del conocimiento generado a la comunidad nacional e internacional.

En la actualidad las Facultades de Ciencias de las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores concentran la casi totalidad de las actividades de investigación en ciencias naturales y exactas que se desarrollan en el país. En estas instituciones existen académicos con alto nivel de formación, pero no todas ellas cuentan con masas críticas o con la infraestructura necesaria para un desarrollo científico de alto nivel, que les permita realizar programas de postgrado en forma independiente.

Por lo anterior, nuestra misión tendría un mayor éxito si entre todos existiera una colaboración científica más estrecha, de modo de aprovechar plenamente las capacidades académicas y el equipamiento científico disponible. Esta cooperación contribuiría a incrementar el número de investigadores postgraduados que el país demanda al acercarnos al Bicentenario.

Lo anterior es particularmente importante luego de que se anunciara en el mes de mayo pasado la puesta en marcha del Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología, el que tiene por objeto fortalecer la base científica y tecnológica del país, para lo cual se dispondrá de cien millones de dólares para C & T para los próximos seis años.

El Consejo Nacional de Decanos de Facultades de Ciencias Naturales y Exactas ha hecho suya esta preocupación por el desarrollo científico y tecnológico del país, y como primera acción se ha suscrito un convenio de cooperación en actividades de postgrado en el cual las veintiocho Faculta-

des que lo conforman han acordado promover un alto nivel de cooperación en todas las actividades de postgrado que en ellas se desarrollen.

Acciones como la señalada contribuirán al logro de los altos estándares de calidad y cantidad en investigación científica y crecimiento tecnológico que busca el Programa Bicentenario, pero, muy especialmente, permitirá que jóvenes científicos alcancen los niveles de excelencia que nuestras universidades y empresas requieren para enfrentar los nuevos desafíos que la globalización ha impuesto.

Organos de difusión de los logros científicos, como THEORIA, serán esenciales para completar el proceso de generación-transmisión del conocimiento, constituyéndose en un medio de comunicación muy importante para estas nuevas generaciones.

DR. JORGE PLAZA DE LOS REYES ZAPATA  
Decano Facultad de Ciencias, Universidad del Bío-Bío  
Presidente del Consejo Nacional de Facultades  
de Ciencias Naturales y Exactas

# ARQUITECTURA





# URGENCIAS HOSPITALARIAS: ANALISIS DEL DISEÑO Y GESTION DE SERVICIOS DE EMERGENCIA HOSPITALARIA EN CHILE

## HOSPITAL EMERGENCIES: ANALYSIS OF DESIGN AND MANAGEMENT OF EMERGENCY DEPARTMENTS IN CHILE

**RODRIGO GARCÍA ALVARADO<sup>1</sup>, FELIPE BAESLER ABUFARDE<sup>2</sup>,  
PEDRO RODRÍGUEZ MORENO<sup>3</sup> Y MAURICIO PEZO BRAVO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño,  
Universidad del Bío-Bío, Avda. Collao 1202, Concepción, Chile, e-mail: rgarcia@ubiobio.cl

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

<sup>3</sup>Departamento de Sistemas de Información, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

### RESUMEN

El artículo expone, primero, antecedentes generales sobre la planificación y diseño de servicios de emergencia hospitalaria, comparando la normativa chilena con documentos internacionales. Luego se analizan algunos casos, que corresponden a un establecimiento privado de especialización (el Hospital del Trabajador de Concepción), una institución estatal de gran magnitud (el Hospital Regional de Concepción) y un establecimiento de cobertura local (el Hospital de Chillán), en los cuales se realizó una simulación de operaciones y modelación tridimensional para estudiar sus actividades.

Las simulaciones demostraron que en general la gestión de estos servicios es adecuada, aunque con algunas diferencias internas y recursos superiores a los recomendados por la normativa. A su vez, las representaciones virtuales revelaron que los diseños son consistentes con las distribuciones recomendadas, pero no cumplen las condiciones espaciales requeridas. Ambos procedimientos de estudio permitieron sugerir posibilidades de mejoramientos operativos y arquitectónicos de estos servicios, con una significativa convergencia entre ambos aspectos. Además, el trabajo demuestra el aporte de estos medios de estudio para la administración y planificación de unidades de emergencia, y su posible extensión a la generalidad de servicios hospitalarios y otros establecimientos. Planteando un método de análisis que puede contribuir a la gestión y diseño de edificaciones más apropiadas a las actividades que deben acoger.

**PALABRAS CLAVES:** Arquitectura hospitalaria, gestión, emergencia, simulación, modelación tridimensional.

### ABSTRACT

The article begins with general information about the planning and design of hospital emergency units, comparing the Chilean regulation with international documents. Then, it analyzes some cases from a private specialized institution for workers (the Hospital del Trabajador de Concepción), a big public service (the Hospital Regional de Concepción) and an institution of local range (the Hospital de Chillán). In all those cases a simulation of processes and a three-dimensional modeling were carried out to study their activities.

On one hand, the simulations demonstrated that management of these units is roughly right, although they have internal differences and more resources than those recommended by the regulation. On the other hand, the virtual representations revealed that designs of the facilities are consistent with the layouts recommended, but they do not satisfy the spatial conditions required. Both procedures allowed suggesting possibilities to improve the operations and architecture of the services, with a great convergence between both developments. Besides, the research work demonstrates the contribution of these tools for the administration

and planning of emergency units, and their possible application in other hospital services and institutions. And proposes a method of analysis that can support the management and design of buildings more appropriate to the activities to be held.

KEYWORDS: Health Architecture, Management, Emergency, Simulation, 3D-Modeling.

Recibido: 29/04/2003 Aceptado: 28/11/2003

## 1. INTRODUCCION

Los servicios de urgencia de los hospitales, llamados en la normativa chilena UEH (*Unidades de Emergencia Hospitalaria*) y en la nomenclatura anglosajona ED (*Emergency Department*), son en la actualidad uno de los sectores más concurridos de los establecimientos de salud. Surgieron a mediados del siglo XX motivados por las grandes guerras mundiales, con el fin de otorgar apoyo terapéutico más inmediato en el tiempo. Brindan diversas atenciones en todo horario, incluyendo el uso de recursos internos del establecimiento y el ingreso de pacientes para hospitalización.

Esta ampliación de prestaciones está enmarcada en el desarrollo general de la salud pública, pero el ámbito de servicios que abarca es amplio e indeterminado, por lo cual las atenciones de urgencia son difíciles de cuantificar y limitar. Frente a la emergencia los pacientes acuden al establecimiento más cercano y que suponen más expedito y completo, independiente de las restricciones clínicas, administrativas o geográficas que se pretendan establecer, calificando además como emergencia una creciente variedad de síntomas y eventualidades personales. De hecho, una escasa fracción, un 3,5% según Minsal (1999) y un 1% según Pickard (2002), corresponde efectivamente a pacientes que requieren una atención compleja y urgente, y gran parte de lo restante podría ser resuelto en servicios regulares o domésticos. Lo que implica que actúan de derivación informal de los establecimientos convencionales y/o absorben una expansión de las demandas sanitarias.

En Chile se ha intentado rectificar esto con la extensión horaria de los consultorios

denominado SAPU (Sistema de Atención Primaria de Urgencia) y vehículos equipados llamados SAMU (Sistema de Atención Medicalizada de Urgencia pre-hospitalaria), pero éstos han asumido mayormente nuevas atenciones y sólo una parte (15%) de las consultas de UEH, las cuales han tendido a recuperar su magnitud por el crecimiento natural de la población. También en los países más desarrollados las atenciones de urgencia han crecido en forma considerable, especialmente en la última década, sobrepasando la capacidad de la infraestructura disponible (ACEM, 1998; Huddy, 2002).

Estas condiciones dificultan la planificación de un servicio de urgencia. Según la normativa nacional (Minsal, 1999) la dimensión de las unidades de emergencia se debe basar en la cantidad de población usuaria, estimando que el 50% de la demanda diaria se concentra en 4 horas para representar las fluctuaciones en el tiempo y definiendo una tasa de 6 pacientes/hora para justificar un recinto de atención (lo que implica una dedicación de 10 minutos por paciente). Además, la normativa establece que, de acuerdo a la magnitud de la demanda, la unidad debe sub-dividirse en sectores completamente diferenciados para atención de adultos, infantil y ginecológica-obstétrica, estableciendo un rango desde aproximadamente 51.750 atenciones anuales que requerirían tres recintos en un servicio común, hasta 310.500 atenciones con dieciocho recintos (uno cada 17.250 atenciones), distribuidos en los tres programas, lo que aparentemente está sub-dimensionado, ya que por ejemplo la normativa australiana (ACEM, 1998) –recomendada también en Estados

Unidos— sugiere una relación casi veinte veces menor (un recinto por cada 1.100 atenciones anuales).

Las unidades de emergencia se componen básicamente de dos áreas: admisión y tratamiento. En la admisión se establece un proceso administrativo de ingreso, espera de pacientes y acompañantes, y una selección por urgencia (denominado en la jerga norteamericana “triage”). El área de tratamientos puede variar de acuerdo a las especialidades disponibles, pero normalmente dispone de varios recintos menores de atención personalizada (boxes), y un sector para el personal, con oficinas y espacios de descanso (jerarquizados por profesión). Además de salas de exámenes y conexión interna con el resto del hospital. Los funcionarios y médicos trabajan en turnos continuos o de llamada, dependiendo de la variación de la demanda. Además el servicio atiende con alguna frecuencia grupos de pacientes por accidentes o catástrofes que obligan a incrementar y apresurar en forma notable sus atenciones. Algunos especialistas (Kliment, 2000; Milburn, 2001; Martínez, 2001; Neuberger, 2002) postulan que las urgencias deben ser unidades completamente auto-suficientes con todo tipo de especialidades, otros plantean que se duplican servicios existentes en el resto del establecimiento (por ejemplo radiología o traumatología). Además en algunas unidades hasta el 60% de los pacientes es ingresado a hospitalización (Haas y Jones, 2003), por tanto la distinción entre los servicios específicos de urgencia y del resto del establecimiento es difusa.

Para determinar la dotación física de la unidad la normativa chilena reconoce algunos recintos cuya cantidad debería ser “dependiente” de la demanda, como los boxes, camas de observación y la sala de espera, y otros recintos “relativamente independientes”, como la admisión, box de reanimación, yeso, etc., que deberían existir siempre. Recayendo principalmente en la cantidad de boxes la variabilidad por demanda, lo que

incide finalmente en una parte del programa y superficie construida, con lo cual el total de la UEH oscila sólo de 250 a 500 m<sup>2</sup>. Esto es aprox. 50% de lo sugerido por otros estándares internacionales (ACEM, 1998).

La reglamentación indica también que la unidad debería estar localizada según la menor vulnerabilidad frente a riesgos naturales o artificiales (o sea que debe ubicarse en el lugar más protegido), además de considerar las relaciones funcionales con el resto del establecimiento. Esto contrasta con las recomendaciones de especialistas extranjeros (como Rosenfield, 1965; ACEM, 1998; Martínez, 2001 y Neuberger, 2002) que valoran principalmente la accesibilidad urbana de la unidad y su fácil identificación por los pacientes, considerando que la mayor parte son visitantes nuevos con la necesidad de arribar en forma rápida. Sugieren un emplazamiento central, directamente relacionado con la ciudad, con amplios estacionamientos y señalización visible. También varios recomiendan la diferenciación de entradas entre el público general y la llegada de ambulancias, para minimizar el impacto visual de los heridos graves.

Para la distribución interna de los recintos, la normativa chilena plantea que debe basarse en las circulaciones de los pacientes, afirmando que “dentro de las distintas posibilidades de organización de la UEH, el flujo del paciente es el más importante, y en definitiva debe ser el que da forma y estructura a la unidad” (Minsal, 1999; p. 46). Sin embargo no aclara el fundamento de este énfasis, ni propone condiciones o estrategias de diseño. Se expone la distribución teórica de una unidad (Fig. 1), con un esquema de recorridos que presenta algunas interferencias. Las circulaciones también son destacadas por otras normas y especialistas (Wheeler, 1976; ACEM, 1998; Martínez, 2001 y Neuberger, 2002), pero tampoco presentan antecedentes específicos al respecto (sólo sugieren evitar cruces y asegurar proximidad). En gene-

ral este aspecto se asocia a la reducción de tiempos de tránsito que aparentemente sustenta edificaciones más funcionales.

Además se plantean otras consideraciones importantes para la organización del servicio, por ejemplo varios autores (Wheeler, 1976; Cottini, 1980; Pezo, 1998; Kliment, 2000; Milburn, 2001; Martínez, 2001; Lories, 2002 y Neuberger, 2002) enfatizan la flexibilidad de los espacios, basados en la evolución histórica de los establecimientos y las crecientes variaciones tecnológicas, proponiendo recintos indiferenciados, divisiones ligeras, tramas regulares y distribuciones concentradas.

Por otro lado, basados en antecedentes de psicología ambiental algunos especialistas (como Leibrock, 2000; Kliment, 2000; Neuberger, 2002, y Pickard, 2002) destacan la orientación interna, considerando que la gran cantidad de pacientes y acompañantes que asisten al establecimiento desconoce su distribución y están en una particular condición de angustia, incertidumbre y ansiedad. Aunque tampoco describen estrategias de diseño, mencionan condiciones de visibilidad y tratamientos diferenciados que favorecen la orientación. Pero no consideran la situación de los funcionarios que laboran en forma permanente en estos servicios.

La gran mayoría de las distribuciones presentadas como ejemplos (incluyendo la propuesta por la normativa chilena) se desarrolla en un solo piso, normalmente correspondiente al nivel de la calle, y utilizan organizaciones compactas, ortogonales y regulares, con triple o cuádruple crujía (dos o tres circulaciones paralelas) sin mayor relación con espacios exteriores, lo cual es consecuente con las distribuciones planteadas para la generalidad del establecimiento hospitalario y que se aplica extensamente en las construcciones actuales. Las crujías con dos o más líneas paralelas de circulación generan recintos sin iluminación o ventilación natural, pero multiplican las posibilidades de relación (sin mayor jerarquía) y permi-

ten diferenciar la ocupación de los pasillos, principalmente entre pacientes y funcionarios. Sin embargo esta última condición no es mencionada de modo expreso por las normativas o los especialistas, aparentemente pretende reducir las infecciones intrahospitalarias separando personas sanas y enfermas, pero esta distinción incide escasamente. La motivación principal parece ser el tránsito privado de los funcionarios, en especial los médicos. Los boxes son colocados usualmente en una isla central con acceso por dos costados, y la sala de espera en una parte lateral, distinguiéndose por una dimensión relativamente mayor. Las circulaciones suelen ser anchas para facilitar el traslado de camillas y ocupan la mayor parte de la superficie construida (sobre el 25%).

La normativa chilena detalla las características, mobiliario y dimensiones de cada recinto, lo cual es un antecedente importante en relación con otras documentaciones que mencionan solamente equipos y aspectos generales. Pero no incluye una unidad de atención rápida (denominada "express care" o MAU: "minor accident unit") que ha demostrado ser eficiente para mejorar el servicio (Sepúlveda *et al.*, 1999, Kliment, 2000, Pickard, 2002). En general escasamente se plantean aspectos constructivos y quedan referidos a una adecuada manutención, instalaciones y estructura resistente, pero se advierten los requerimientos de equipos sofisticados.

Varios especialistas (Lindheim, 1976; Malkin, 1992; Milburn, 2001; Neuberger, 2002; Pickard, 2002 y Haas y Jones, 2003) plantean una filosofía de diseño "centrada en el paciente" (*patient-focus*), que se expresa fundamentalmente en otorgar privacidad (manteniendo el control general) y una variedad de vistas y tratamientos del entorno. Mencionan frecuentemente la visión del entorno natural, vegetación, obras de arte, o a lo menos de otros recintos internos, colores o texturas diferentes de los muros. En las

salas de espera se recomienda incorporar salas para grupos, niños pequeños, reunión con familiares, entretenimientos y equipos de información, además de mayores condiciones de seguridad y atención de personas de edad. Se presentan imágenes de recintos amplios y de gran altura, con diversas terminaciones, ventanales y mobiliario.

Recientemente se ha revelado varios estudios experimentales (mencionados por Malkin, 1992; Milburn, 2001; Neuberger, 2002 y Lawson, 2002) que relacionan características arquitectónicas con el estado de salud de los pacientes hospitalarios, demostrando que la disponibilidad de vistas e independencia de los recintos produce un menor uso de narcóticos, mejores respuestas endocrinas, menores alteraciones cardiovasculares y tiempos de hospitalización más reducidos. Se sugiere que las condiciones físicas de los establecimientos contribuyen no sólo a aspectos estéticos y funcionales, sino también al bienestar sanitario. Incluso algunas autoridades británicas del sector han afirmado que las mejoras de atención poseen tal impacto económico a largo plazo que justifican la totalidad de los costos de construcción de un hospital (Neuberger, 2002).

De este modo se advierte en los antecedentes disponibles sobre unidades de emergencia ciertos intereses comunes y pautas específicas, aunque con notables diversidades, especialmente en la aplicación práctica. Con el fin de revisar el diseño arquitectónico y la gestión de estos servicios y, en general, elaborar un método de estudio de las actividades en las edificaciones, analizamos tres unidades ubicadas en establecimientos de la Región del Bío-Bío, desarrollando en todos los casos una simulación de procesos y una modelación tridimensional, para realizar análisis operativos y representaciones animadas que permitieran estudiar las situaciones existentes y sus posibilidades, y definir finalmente un procedimiento global.

## 2. MATERIAL Y METODO

La primera unidad de emergencia estudiada pertenece al Hospital del Trabajador de Concepción, dependiente de la Asociación Chilena de Seguridad, una institución privada, financiada por aportes de empresas y que está destinada a enfermedades y accidentes laborales. El segundo caso corresponde al Hospital Regional Dr. Guillermo Grant Benavente de Concepción, que es la principal entidad hospitalaria pública de la zona y la más grande de todo el país. El tercer servicio pertenece al Hospital Herminda Martín de Chillán, que es una institución pública de tamaño medio y cobertura local (este caso aún está en estudio, por lo que no se presentan sus resultados).

La unidad de emergencia del Hospital del Trabajador atiende aproximadamente 20.000 pacientes al año en todo tipo de atenciones, incluyendo especialmente radiología, ecotomografía y tomografía axial computarizada (scanner), servicios que no son usuales en urgencias y que en este caso están anexos por el ámbito de accidentes esperados. El personal está compuesto por un médico y un traumatólogo en turnos continuos (24 hrs.), una enfermera jefe, dos paramédicos, un auxiliar de aseo y tres funcionarios administrativos durante el día (12 hrs.). Durante la noche se reduce a un funcionario administrativo y la enfermera por llamada, en total laboran en la unidad 9 a 7 funcionarios permanentemente. El servicio se localiza en el interior del hospital, con acceso por el costado, a través de un área administrativa y de ingresos generales. Se dispone de 5 boxes de atención (incluyendo uno para traumatología y uno de recuperación), con una sala de espera en un extremo y las residencias de funcionarios y salas de exámenes detrás de los boxes, según una distribución de triple crujía (similar a la recomendada en la normativa), que ocupa aproximadamente 500 m<sup>2</sup> incluyendo parte de las circulaciones de acce-

so. Se conecta lateralmente con el resto del hospital, por donde también ingresan los pacientes que llegan en ambulancia.

En el Hospital Regional de Concepción la unidad de emergencia atiende aproximadamente 220.000 pacientes al año, y cuenta con 13 médicos, 5 enfermeras, 13 paramédicos y 5 auxiliares, además de funcionarios administrativos en turnos continuos, en total 40 funcionarios permanentemente. El servicio se ubica en un costado del edificio general, lateral a las dos entradas principales (una de vehículos y otra de público) con un gran portal para ambulancias. Posee una sala de espera central y 36 boxes divididos en seis servicios: Cirugía Adultos, Medicina Adultos, Pediatría, Cirugía Infantil, Dental y Gineco-Obstetra, además de residencias médicas en el subterráneo, con una distribución de pasillos paralelos y conexiones transversales formando una trama de recintos que ocupa aprox. 2.000 m<sup>2</sup>. Un pasillo posterior comunica al interior del hospital para exámenes y hospitalización.

En ambas unidades se realizó una recopilación de información operativa y arquitectónica. Se identificó los procedimientos que se efectúan, obteniendo registros históricos de atenciones (particularmente del “libro de urgencias”), tomando frecuencias de llegada y observaciones en terreno, levantamiento de medidas, fotografías digitales y actualización de planos existentes. Se digitalizaron plantas y cortes de la infraestructura, elaborando la volumetría en un programa de diseño tridimensional. Las frecuencias de atenciones y llegadas fueron analizadas en programas estadísticos y se efectuó un modelo lógico de la unidad en un programa de simulación de procesos. Posteriormente la simulación fue ejecutada en distintas duraciones, para validar los resultados y corregir las descripciones probabilísticas y relaciones lógicas hasta alcanzar finalmente un “estado de régimen” (una simulación suficientemente extensa para compensar variaciones

estacionales y asegurar resultados similares a los reales). Se analizó comportamientos probabilísticos de los procesos (en que los tiempos de circulación demostraron ser irrelevantes), además del uso de recursos en distintas circunstancias y periodos. Los datos principales fueron transferidos al modelo tridimensional, programando personajes que ejecutarán momentos significativos de las actividades (incluyendo accidentes masivos), luego se produjeron animaciones desde un punto de vista general y también desde algunos protagonistas y un modelo interactivo de realidad virtual. Finalmente se estudiaron alternativas de distribución espacial, contrastándolas con la situación existente y los antecedentes generales.

### 3. RESULTADOS

En la unidad de emergencia del Hospital del Trabajador el análisis estadístico de las llegadas de pacientes presenta una distribución exponencial con una media de 20 minutos y una desviación estándar similar, excepto en las noches y festivos en que ambos valores alcanzan los 80 minutos. Esto revela una regularidad importante, incluyendo urgencias masivas, que suceden una media de 16 veces al año y con llegadas cada 5 minutos, hasta copar los boxes disponibles, debido a la coordinación radiofónica con las ambulancias y otros hospitales.

De acuerdo a la simulación, el tiempo medio de admisión de un paciente es de 21 minutos, fundamentalmente debido a la espera de un paramédico que lo conduzca al box correspondiente. En el box la mayoría de los pacientes (54%) recibe diagnóstico y tratamientos en el mismo recinto, y los restantes son derivados a exámenes u otro box, con un tiempo medio de 30 minutos y una desviación de 20 minutos. Un muy bajo porcentaje de pacientes es hospitalizado. Los exámenes y tratamientos anexos poseen una

espera nula y tiempos breves de atención (6 a 9 minutos). Según observaciones adicionales, la cantidad de acompañantes es similar a la cantidad de pacientes, aunque con una relación logarítmica (unos pocos pacientes poseen varios acompañantes) y llegadas diferidas.

La ocupación de recursos alcanza un máximo de un 54% en el primer box, 27% en el segundo y del 5% o menos, en los restantes. Los médicos, enfermeras y administrativos poseen una ocupación del 30% o inferior, y los auxiliares paramédicos del 94%. Ello revela primeramente una sub-utilización y disparidad de recursos, a la vez que se obtienen tiempos de espera y atención significativos, con una media de permanencia total del paciente de 54 minutos. El estudio de alternativas revela cierta rigidez de los recursos, el aumento de un auxiliar mejora los tiempos de servicio, pero no una cantidad relevante, como tampoco presentan resultados significativos el aumento o reducción de médicos, enfermeras y boxes, excepto la incorporación de un médico de turno que genera una disminución de la atención y tratamiento. Un aumento de la demanda al 25% produce un leve incremento de los tiempos de servicio y, agregando un médico de turno, el aumento de la demanda puede llegar al 40%.

El análisis espacial de las actividades, particularmente a través de la animación tridimensional desde el punto de vista del paciente regular, revela el extenso recorrido de ingreso y la dificultad de identificación de la unidad (a pesar que se visualizan directamente los boxes), la espera estrecha, con vista al traslado de pacientes, y la atención prolongada en el box, con escasa privacidad y visibilidad. De manera similar, la animación de un acompañante medio revela su ubicación mayormente en el pasillo de los boxes con vista a las propias atenciones. La animación del médico presenta recorridos breves pero significativamente estrechos y opa-

cos. Aunque estas condiciones pueden ser observadas también en el mismo establecimiento, las representaciones computacionales, sustentadas por antecedentes estadísticos, permiten exponer las situaciones efectivamente mayoritarias y también estudiar alternativas de distribución. Las representaciones de vistas generales y accidentes masivos no aportaron diferencias relevantes. El modelo interactivo facilita recorridos libres, pero no permite reconocer apropiadamente las duraciones de los procesos, aunque sí mas prontamente las modificaciones.

Las alternativas espaciales estudiadas consideraron localizar la unidad más al costado del hospital, directamente contigua a la calle lateral con ingreso público (dejando el área administrativa en el interior) y ocupar la superficie de circulaciones en una sala de espera más amplia directamente enfrentada al conjunto de boxes, pero separada por una mampara translúcida. Considerando así mismo paramentos vidriados y controlados al exterior con jardines, incluyendo también la techumbre con luz cenital regulada en la admisión, boxes y recintos de funcionarios que se ubicaron lateralmente. Esta distribución se comprobó en animaciones personales que presentaba recorridos más breves, una visualización más extensa, variada y diferenciada. En relación con los análisis operativos también se observó la capacidad de acoger los aumentos sugeridos de personal y de demanda.

En la unidad de emergencia del Hospital Regional la mayor cantidad de pacientes son adultos en medicina y cirugía (un 51%), y el tiempo media de llegada es de 5 minutos con una desviación estándar de 7 minutos, presentando una distribución logarítmica con el máximo las primeras horas de la mañana y los días lunes. La simulación arrojó un tiempo medio de espera de 57 minutos con una desviación similar y un tiempo de atención de 73 minutos con 40 minutos de desviación. En los momentos de mayor fre-

cuencia de llegada los tiempos medios son superiores pero dentro del rango indicado por la desviación. Tampoco los eventos masivos alteran significativamente las duraciones de atención, pero sí tiende a coparse frecuentemente la capacidad de algunos recintos. La cantidad de acompañantes también es similar a los pacientes, aunque más concentrada y concurrente.

La simulación de distintos escenarios expresa una notable sensibilidad a los recursos físicos, especialmente box de adultos. Agregando un box adicional los tiempos totales de estos pacientes en el servicio se reduce un 15% y con tres boxes, un 26%. Las variaciones de personal son poco significativas, a pesar que presentan altas tasas de ocupación en los periodos con mayor demanda. El mayor impacto en los tiempos de servicio se consiguen con reducciones de demandas. Disminuir la demanda un 10% reduce la espera en un 50%, y un 20% menos, la rebaja un 65%, con los mismos recursos existentes.

En las representaciones animadas, particularmente desde la visualización de un paciente adulto, se advierte un acceso complejo y una prolongada espera, encerrada y atestada, posteriormente se efectúa un recorrido intrincado al box, donde se realiza la atención con bastante integración al entorno común. La animación del acompañante medio también es extensa y mayormente cerrada, la visualización de los funcionarios presenta diversos recorridos con una visualización interna prolongada y saturada. Los recintos tienen un tratamiento similar a la generalidad del hospital, y la espera pública no posee una selección de urgencias (sólo el control de un vigilante y la presión de los acompañantes), además de la presencia permanente de heridos, familiares, funcionarios sanitarios y policiales.

Las posibilidades de re-organización consideran el mismo emplazamiento y superficie construida, pero con una amplia espera longitudinal contigua al exterior y al frente

de acceso colectivo, dejando el portal de ambulancias lateral. Así como conjuntos de boxes transversales y separados, con divisiones translúcidas pero insonoras, con conexiones subterráneas a las residencias de funcionarios, que poseen patios verdes inferiores. En relación con los resultados de la simulación de procesos se incorporan mas boxes, re-distribuyendo recintos internos.

#### 4. DISCUSION

Los análisis operativos demuestran, en primer lugar, que la infraestructura y personal de ambas unidades de emergencia en general son adecuados para sus magnitudes de atención, con algunas irregularidades, pero que distan de constituir servicios totalmente colapsados o superfluos. Presentan también un volumen de recursos, en relación con la demanda, más alto que lo recomendado por la normativa y que se revela ajustado a los procedimientos desarrollados, lo que expresa una discrepancia entre la experiencia existente y la regulación del sector (aparentemente sub-dimensionada para motivar la racionalización de recursos). Por otro lado, las dos unidades presentan tiempos excesivos de atención (considerando que el óptimo para una urgencia médica es un tratamiento inmediato), lo que se traduce en un relevante impacto en la población usuaria, por lo que podemos afirmar que su principal deficiencia funcional es la demora de servicio. También se revela que la fluctuación temporal es poco significativa en el funcionamiento general, lo que es importante ya que en estos servicios frecuentemente se argumenta que la variabilidad impide una planificación detallada.

El estudio de alternativas expresa que el uso más eficiente de los recursos y tiempos de atención se logran en un balance entre los servicios, personal e infraestructura. En el primer caso (del Hospital del Trabajador) el "punto de equilibrio" de este balance, es

decir la combinación que sacaría mejor provecho de los recursos, estaría en una demanda superior y en el segundo caso (del Hospital Regional), en una demanda inferior. A pesar que las magnitudes involucradas son distintas, esta simetría de resultados sugiere que las situaciones óptimas de los establecimientos se pueden alcanzar actuando como sistema, es decir compensando demandas entre unidades. Pero también este balance revela que las condiciones más eficientes difícilmente se pueden predecir en forma lineal según un volumen de demanda como propone la normativa. Además se comprueba que la administración regular de estos servicios ha logrado una gestión mayormente apropiada, pero que no ha alcanzado una prestación óptima y existen posibilidades específicas de mejoramiento (aunque éstas pueden implicar acciones complejas, como reducir la demanda en un hospital público). También en estos casos se reconoce que la gestión del servicio público es más eficiente que el privado, ya que su personal e infraestructura atiende proporcionalmente más del doble de pacientes con demoras de atención equivalentes.

Las distribuciones arquitectónicas se advierten coherentes con las referencias normativas y con los ejemplos locales e internacionales, además que se encuentran integradas al establecimiento y a los sistemas habituales de edificación hospitalaria. Sin embargo las representaciones computacionales muestran características espaciales distantes de las condiciones recomendadas por los antecedentes, incluso en el requerimiento destacado por la normativa. Debido a que el flujo de pacientes no parece ser un aspecto estructural del diseño y presenta ordenaciones complejas, dimensiones excesivas, configuraciones inadecuadas, y dificultades de tránsito y localización.

Además se observan notables omisiones de los aspectos de orientación y habitabilidad, lo que explica la percepción mayormente negativa de estas instalaciones que presen-

tan los usuarios, e incluso los funcionarios y los mismos proyectistas (Lindheim, 1976). Aparentemente la regularidad de la distribución está fundamentada en racionalizaciones del diseño y la construcción y, aunque frecuentemente se asocia esta condición a una mayor funcionalidad, las representaciones de estos casos demuestran que la homogeneidad de los espacios deteriora su ocupación. Estas ordenaciones cumplen también algunos de las características sugeridas para lograr flexibilidad en los recintos, pero esto escasamente se logra y los costos de modificación de la infraestructura suelen ser similares a las construcciones convencionales.

Las alternativas analizadas se aproximan a los aspectos recomendados, pero con una reorganización relevante, basada fundamentalmente en una concentración de circulaciones, acercamiento de los recintos, compensación de superficies y mayor transparencia. Cabe mencionar que en ambos casos las nuevas distribuciones estudiadas no implican mayores inversiones económicas e incorporan ampliamente las cualidades espaciales requeridas. De manera similar, los mejoramientos funcionales involucran un requerimiento presupuestario reducido en relación con el amplio beneficio para los usuarios.

La conjunción de los análisis espaciales y operativos reflejan posibilidades significativamente convergentes y que no son contradictorias o independientes (pero tampoco estrechamente vinculadas), por lo que pueden complementarse adecuadamente para alcanzar un bienestar integrado de sus ocupantes. En general las condiciones funcionales no están mayormente integradas en la definición de la infraestructura, incluso en este tipo de establecimientos que ha enfatizado un interés operacional. Esto se ha expresado solamente en características constructivas rígidas que dificultan las actividades al carecer de antecedentes y estrategias necesarias para planificar una ocupación adecuada.

Los procedimientos desarrollados permiti-

tieron obtener en ambos casos nuevos antecedentes sobre la espacialidad y el funcionamiento de la unidad, con fundamentos y proyecciones significativas, que sugieren alternativas de mejoramiento en el diseño y la gestión, que naturalmente deben ser estudiadas, ejecutadas y evaluadas para comprobar su validez. Pero demuestran el aporte de la simulación de operaciones en la administración de la unidad, y de la animación tridimensional en la proyectación arquitectónica, además de la integración de ambos métodos de estudio en un desarrollo efectivo y global del servicio.

Los procesos realizados implican mayormente una recopilación detallada de información y su elaboración computacional, sin condiciones específicas a las unidades de emergencia más que la disponibilidad de estadísticas de funcionamiento y la modelación correspondiente. Por tanto, el método general de estudio y representación puede ser aplicado en otros servicios y distintas instituciones, cuyo funcionamiento e infraestructura sea relevante, incluso en nuevos diseños, en los cuales se puede analizar un establecimiento similar e incorporar el comportamiento temporal en el nuevo proyecto.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos FONDECYT 1020578 y DIUBB 011402-2, y ha contado con la colaboración de Héctor Jahsen, Leonardo Ibacache, Luis Montaña y Roberto Vera.

## 6. REFERENCIAS

ACEM (1998) Emergency Department Design Guidelines, en [www.acem.org.au](http://www.acem.org.au) (cons. en marzo, 2003).  
BLUNDELL, P. (2002) The Hospital as Building Type, en *Architectural Review* N° 1261, Londres.  
COTTINI, A. (1980) El hospital en la historia, Ed. Idearium de la Universidad de Mendoza, Mendoza.

HAAS, A. y JONES, P. (2003) Designing for Emergencies, en *Health Care Design Magazine*, marzo.  
HUDDY, J. (2002) Emergency Department Design: A Practical Guide to Planning for the Future, USA: Ed. American College of Emergency Physicians.  
KLIMENT, S., Ed. (2000) Healthcare Facilities, New York: Ed. John Wiley & Sons.  
LAWSON, B. (2002) Healing Architecture, en *Architectural Review* N° 1261, Londres.  
LEIBROCK, C. (2000) Design Details for Health, New York: Ed. John Wiley & Sons.  
LINDHEIM, R. (1976) The Hospitalization of Space, transcripción de conferencia en el Congreso "The Limits of Medicine" en Davos, Suiza.  
LORIES, M. C. (2002) Temoignages et Prospectives, en *Techniques & Architecture* N° 460, Hospital, Hospitality, Paris.  
MALKIN, J. (1992) Hospital Interior Architecture, New York: Ed. Van Nostrand.  
MILBURN, A. (2001) Building a Better Patient Environment, transcripción de la conferencia ante la Commission for Architecture and the Built Environment, Londres.  
MARTINEZ, G. (2001) El hospital como proyecto, tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Barcelona.  
MINSAL (1999) Guía de planificación y diseño de unidades de emergencia hospitalaria, Santiago, Chile: División de Inversiones y Desarrollo del Ministerio de Salud.  
NEUBERGER, J. *et al.* (2002) Primary Care - Making a Better Environment for Patients and Staff, transcripción de conferencia ante el King's Fund/CABE, Londres.  
PEZO, M. (1998) La salud restituida, tesis de Magister en Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.  
PICKARD, Q. (2002) The Architects' Handbook, Oxford: Ed. Blackwell.  
ROSENFELD, I. (1965) Hospitales diseño integral, México: Cia. Editorial Continental (trad. de "Hospitals Integrated Design").  
SEPULVEDA, J., THOMPSON, W., KOTNOUR, T., BAESLER, F. y ALVAREZ, M. (1999) The Use of Simulation for Process Improvement in an Emergency Department, University of Central Florida, Orlando.  
WHEELER, E. T. (1976) Diseño funcional y organización de hospitales, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid (trad. de "Hospital Design and Function", Mc-Graw-Hill, 1964).

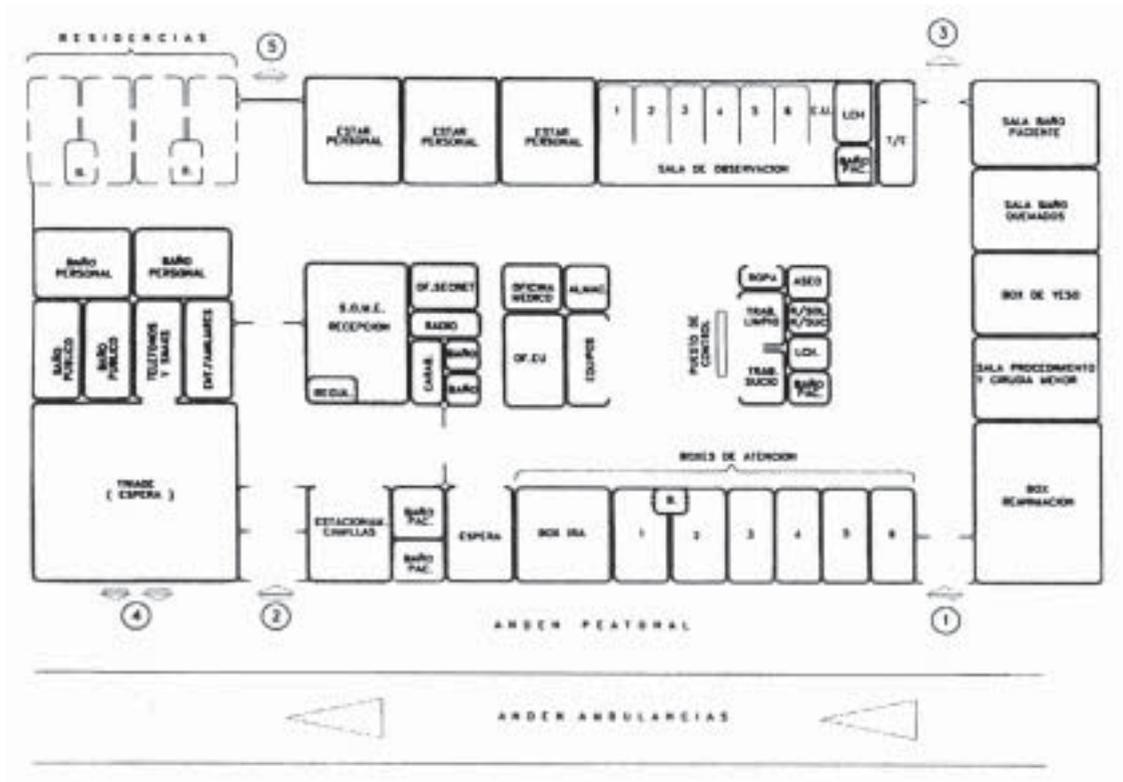


FIGURA 1. Planta de Unidad de Emergencia Propuesta en Minsal (1999).

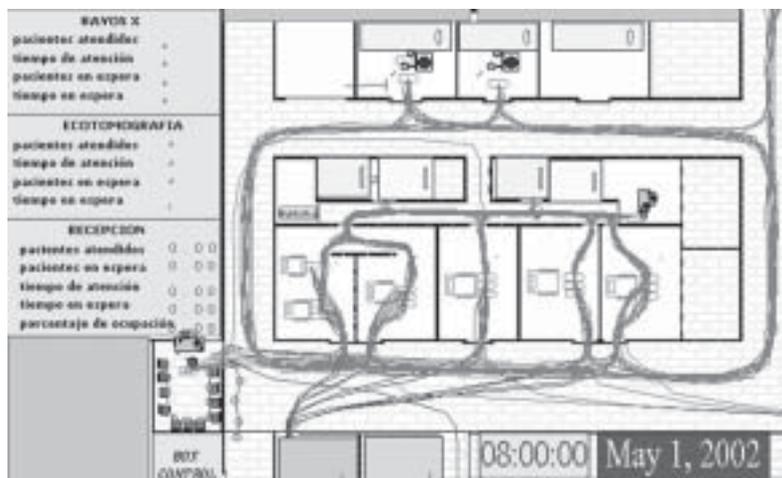


FIGURA 2. Simulación de la Unidad de Emergencia del Hospital del Trabajador de Concepción.



FIGURA 3. Animación del recorrido del paciente regular en la Unidad de Emergencia del Hospital del Trabajador.



FIGURA 4. Planta de la Unidad de Emergencia del Hospital Regional de Concepción.



FIGURA 5. Vista de re-diseño de la Unidad de Emergencia del Hospital del Trabajador.

# CIENCIA Y TECNOLOGIA





# METODOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE: EL DESAFIO PENDIENTE DE LA ESTANDARIZACION

## SOFTWARE DEVELOPMENT METHODOLOGIES: A DUEL PENDING FOR STANDARDIZATION

RICARDO A. GACITÚA BUSTOS

Depto. Sistemas de Información, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad del Bío-Bío, Avda. Collao 1202, Concepción, Chile, e-mail: rgacitua@ubiobio.cl

### RESUMEN

Este artículo describe la evolución de los métodos de desarrollo de software. El foco está centrado en el desacuerdo en cómo debe crearse el software. El tema es como se considera el desarrollo de software: como un proceso de ingeniería o un proceso centrado en las personas. Se presenta el lenguaje de modelamiento unificado (UML) como una notación estándar del desarrollo de software. Actualmente es considerado como base para una metodología monumental (que incluye muchas reglas y prácticas) – RUP. Se menciona la reacción a las metodologías monumentales: los métodos ágiles. La cual es característica de un estado inmaduro del desarrollo de software como una disciplina. No solo hay desacuerdo en terminologías, enfoques y detalles de diferentes métodos, sino incluso en un esquema de clasificación común. La siguiente estructura está basada en la evolución de los principales conceptos y las distinciones claves que reflejan los cambios de paradigmas en la filosofía de métodos.

PALABRAS CLAVES: Métodos de desarrollo de software, metodología, UML, métodos ágiles.

### ABSTRACT

This paper describes the evolution of software development methods. The focus is the disagreement about how programmers must make software. The issue is: How is software development considered as a engineering process or as a human centered process. Unified Model Language (UML) is considered as a standard notation for software development. At present, UML is considered as basis for a Monumental Methodology (which include a lot of rules and practices) - RUP. We mentioned the reactions to these Monumental methodologies: The Agile Methodologies. Which is characteristic of an immature state of software development as a discipline. There is not only disagreements in terminology, approach, and details of different methods, there is not even a commonly accepted classification scheme. The following structure is based on the evolution of the underlying concepts and the key distinctions that reflects the paradigmatic shifts the philosophy of methods.

KEYWORDS: Software development methodologies, methodology, UML, agiles methodologies.

Recibido: 05/05/2003 Aceptado: 24/10/2003

## 1. INTRODUCCION

El año 1994 un estudio dirigido por el Standish Group (The Standish Group, 2000; Jonson, 1994 y Jonson, 1995) –organización de prestigio mundial– analizó a más de 350 em-

presas norteamericanas y 8.000 proyectos de desarrollo de software. Dicho estudio arrojó que sólo el 16,2% de los proyectos en pequeñas compañías y el 9% en grandes compañías, finalizaban dentro de los costos y de los plazos establecidos, el 52,7 % de

los proyectos finalizaba excedido ampliamente en el presupuesto (sobre el 189 %) y con grandes retrasos de tiempo (sobre 122%), además de ofrecer menores características y funcionalidad de las que originalmente se había especificado. Finalmente, el 31,1% restante simplemente se cancelaba (81 billones de dólares botados). El estudio, en general, demostró la existencia de problemas serios de costos asociados al desarrollo de software por concepto de retrasos, presupuestos excedidos y, sobre todo, por la no-implementación de toda la funcionalidad especificada que, al menos, eso es lo que se espera de un proyecto de desarrollo de software. Lo anterior muestra que el desarrollo de software no sólo no ha logrado estándares de calidad aceptables –todo problema ocurrido en el sistema operativo Windows se resuelve reiniciando el computador y nadie cuestiona la falta de tolerancia a fallas del producto– sino que demostró empíricamente lo que todo programador de aplicaciones de software sabe: que el desarrollo de software es una actividad caótica a menudo caracterizada por la frase “programar y luego ajustar” (equivalente a construir un edificio y posteriormente, una vez construido, repararlo). En general el software es escrito sin un plan delineado para su construcción y el diseño de éste es “reparado” a partir de muchas decisiones de corto plazo, lo que demuestra que en general existe una falta de sistematización para construirlo. Esta forma de trabajo funciona bien cuando el sistema es pequeño pero, como el software debe ser ampliado y ajustado a nuevas condiciones, comienza a ser más difícil agregarle nuevas características. Además, los errores comienzan incrementalmente a prevalecer y a incrementar la dificultad de ajustarlo.

Para muchos usuarios no relacionados con el desarrollo de software la situación anterior no es visible, pues sólo se percibe la funcionalidad en el ámbito de interfaz y de resultados pero se desconoce cómo ha sido

diseñado o cuál es la estructura a la que responde; mucho menos se conoce la cantidad de recursos utilizados, ni la innumerable cantidad de problemas que se ha debido enfrentar para presentar este producto de software. En este sentido, es común encontrar muchos productos de software carentes de diseño formal y entendido sólo por quien lo ha construido, sin documentación, escrito en lenguajes obsoletos, sin posibilidad de incorporar nuevos requisitos, con resultados no confiables, entre numerosos otros factores, que redundan finalmente en muchos problemas, tales como, por ejemplo, la imposibilidad de mantenerlo y adecuarlo a nuevos requisitos o condiciones de operación o asegurar la exactitud de los resultados, entre otros. Es decir, como se dice en Chile, un producto sostenido por “alambritos”.

Quizás lo anterior pareciera ser poco relevante, pero si consideramos que hoy tenemos software en casi toda la actividad humana, desde simples dispositivos electrónicos hasta modernas naves aerospaciales y control de vuelo –pasando incluso por software de control de procesos de salud humana–, es fundamental hacer prevalecer la reducción de riesgos por concepto de pérdidas económicas, de fallas en determinadas áreas y, lo más importante, reducir el riesgo de pérdidas de vidas humanas.

Hemos vivido durante largo tiempo con este estilo de desarrollo de software, pero también se ha tenido una alternativa por un gran tiempo: métodos de desarrollo de software.

Un método, comúnmente llamado metodología, impone un proceso disciplinado sobre el desarrollo de software con el objetivo de hacer el desarrollo de software más predecible y eficiente. Por tanto, se plantea que un método define un camino reproducible para obtener resultados confiables.

Todas las actividades basadas en conocimiento utilizan métodos que varían en so-

fisticación y formalidad. Los cocineros se guían de recetas, los pilotos de avión a través de listas de chequeo antes de volar, los arquitectos utilizan planos y los músicos siguen reglas de composición. Similarmente un método de desarrollo de software describe cómo modelar y construir un sistema de software de una forma confiable y reproducible. En general, los métodos permiten la construcción de modelos desde elementos de modelado que constituyen los conceptos fundamentales para representar sistemas o fenómenos. La escala de notas musicales es el elemento del modelo para la música. El enfoque de orientación a objeto para el desarrollo de software propone el equivalente a las notas –los objetos– para describir el software, para un enfoque funcional los elementos del modelado son las funciones del sistema.

Los métodos también definen una representación –a menudo gráfica– que permite facilitar la manipulación de modelos, y la comunicación e intercambio de información entre todas las partes involucradas. Una buena representación busca un balance entre la densidad de información y la legibilidad.

En relación con los elementos del modelo y su representación gráfica, un método define las reglas que describen la resolución de los diferentes puntos de vista, el orden de las tareas y la asignación de responsabilidades. Estas reglas definen un proceso que asegura armonía dentro de un grupo de elementos cooperativos y explican cómo debería ser usado el método. A medida que pasa el tiempo, los usuarios de un método desarrollan un cierto “know-how”, así como de la forma en que debería ser usado. Este know-how, también llamado experiencia, no siempre está claramente formulado y no siempre es fácilmente traspasado.

El objetivo ideal, por tanto, es desarrollar un proceso de desarrollo detallado y con un fuerte énfasis en la planificación, inspirado por otras disciplinas de la ingeniería.

Sin embargo, aun cuando han estado rondando por mucho tiempo, ellos no se destacan por su éxito ni por su popularidad. Sin embargo, en el caso del desarrollo de software esto es discutible. Un estudio reciente (Nandhakumar and Avison, 1999) argumenta que los métodos de desarrollo para los sistemas de información tradicional (IS) “son tratados principalmente como una ficción necesaria para presentar una imagen de control o proporcionar un status simbólico”. El mismo estudio argumentaba que estas metodologías son muy mecánicas para ser usadas en detalle. Parnas y Clement (1986) habían mencionado los mismos argumentos anteriormente. El año 2000, Truex (Truex *et al.*, 2000) tomó una posición extrema diciendo que es posible que los métodos tradicionales son “meramente ideas insostenibles para hombres hipotéticos, proporcionando guías normadas para situaciones de desarrollo utópicas”. Como resultado, los desarrolladores de software industrial han comenzado a ser escépticos acerca de las nuevas soluciones que son difíciles de contagiar y, además, no son utilizadas (Wiegers, 1998).

## **2. LA HISTORIA DE LOS METODOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE**

### **2.1. Hacia una disciplina de programación**

#### **2.1.1. La indisciplina**

Quizás para muchos es desconocido el hecho que las primeras actividades de “programación” consistían en dar vuelta diversos switch de control eléctrico, sobre la consola de un computador enorme, lo que permitía configurar una secuencia numérica de instrucciones, tal cual se muestra en la figura 1. El uso de los lenguajes de “alto-nivel” (con instrucciones nemotécnicas) sólo comenzó en los años 50 (Fortran y Cobol fueron los más populares de éstos) y, el hecho que és-

tos existieran, fue considerado un gran logro. Los programadores no pensaban mucho acerca del “estilo de programación”. Por su parte, dado el limitado tamaño y velocidad de los primeros computadores, el gran problema de los programadores era cómo escribir código que fuera pequeño (pocas líneas de código) y eficiente en el uso de recursos (uso del espacio de memoria, tiempo de respuesta, etc.). Los compiladores a menudo no eran muy buenos, así que los programadores se enorgullecían de conocer trucos de cómo burlar el compilador para generar el mejor código posible.

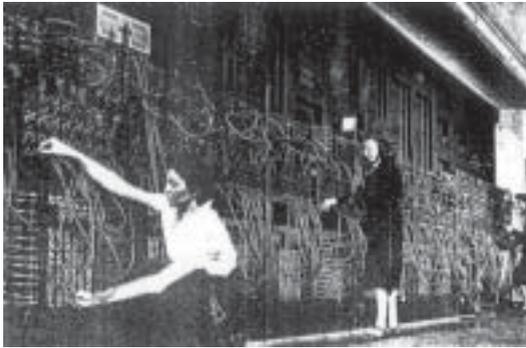


FIGURA 1. Programando en los años 40.

En 1968 los mini-computadores comenzaron a ser populares y, gracias al desarrollo de grandes compañías de computadores, los programadores comienzan a entender la Ley de Moore –“La densidad de los chips se dobla cada año”–, lo que había comenzado en 1964. Esto significaba que los computadores comenzaban a ser más grandes, más rápidos, el tamaño del programa y la velocidad dejaron de ser los principales criterios para medir la efectividad de los programas de computador. La aparición del popular sistema IBM /360 y la amplia variedad de lenguajes de programación de alto nivel implicó que los programas de computador eran durables y permanecían en el tiempo. La permanente baja del costo del hardware sig-

nificó que el costo del desarrollo de software podría exceder el costo del hardware sobre el cual se ejecutaba. Por tanto, comienza a ponerse en evidencia un nuevo conjunto de criterios para medir el éxito del desarrollo de software. Estos criterios se mantienen incluso hoy. Un proyecto es juzgado como exitoso si el código producido:

- Tiene un costo relativamente bajo de desarrollo inicial.
- Es fácilmente mantenible.
- Es portable a un nuevo hardware.
- Cumple los requisitos del cliente, esto es, hace el trabajo que el cliente desea.
- Satisface criterios de calidad (seguridad, fiabilidad, etc.).

Mientras los lenguajes de alto nivel eran muy populares en 1968, no existían reglas para guiar a los programadores sobre el cómo escribir código que satisficiera estos criterios. En efecto, en los primeros días, la programación se veía como un “arte” y los programadores se centraban en escribir código que fuera rápido y pequeño, y se aprendía el oficio de programador normalmente por prueba y error –tal cual ocurre aún en estos días–. En resumen, el mundo del software era virtualmente indisciplinado y muchos aprendices de entonces lo adoraban, pues parecería ser una actividad sumamente divertida.

### 2.1.2. Programación estructurada

En 1968 el profesor Edsger Dijkstra publicó una influyente carta al editor en la revista especializada *Communication of the Association for Computing Machinery (CACM)* llamada “Go to Statement Considered Harmful” (“La sentencia Go To se considera perjudicial”). Dijkstra era un académico quien veía a la ciencia de la computación como una rama de la matemática aplicada. Los programa-

dores de computadores, parecidos a otros ingenieros, deberían aplicar métodos matemáticos formales para crear programas efectivos y deben ser sometidos a pruebas formales. Dijkstra argumentaba que este constructor implementado en los lenguajes de programación de alto nivel (“go to”: salto sin condición a otra sentencia en un programa de computador) era una abominación y llevaba a programas incorrectos, que no permitían pruebas formales. Las ideas de Dijkstra formaron las bases de la “programación estructurada”, lo cual se constituyó en el primer método de desarrollo de software.

Básicamente, la programación estructurada se abocaba a:

- Desarrollar programas Top-Down (como opuesto a Bottom Up)
- Usar un conjunto específico de constructores formales de programación –secuencia, selección e iteración– (El “go to” era desterrado). Esto establecía que cualquier programa de computador podía ser cons-

truido sólo sobre la base de estos tres constructores.

- Seguir algunos pasos formales para descomponer grandes problemas.

Siguiendo esta metodología, se argumentaba, se aseguraría a los programadores satisfacer los criterios de éxito del software, enumerados anteriormente. Paralelamente, comienza a surgir un sinnúmero de conceptos que pretendían facilitar la conceptualización de los programas de computadores que se construían, entre ellos conceptos tales como: Programación modular, Refinamiento sucesivo, Information Hiding [19], entre otros. Como complemento, variadas son las notaciones que se proponen para modelar la estructura de los programas de computador (comúnmente denominada lógica de detalle) y que, en su mayoría, recogen la propuesta de Dijkstra. Entre las más conocidas se cuentan: Diagramas de flujos (Flowchart), Diagramas N-S, Pseudocódigo, Tablas de decisión, Árboles de decisión, entre otros.

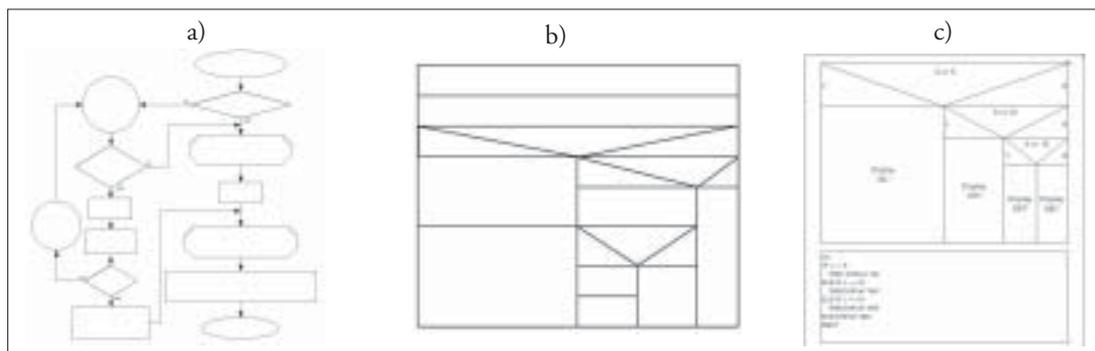


FIGURA 2. Ejemplo de notaciones para representar estructura de programas: a) Flowchart; b) Diagramas N-S, y c) Diagramas N-S con Pseudocódigo.

En 1971 el profesor Niklaus Wirth lanzó el lenguaje de programación Pascal, el cual no proporcionaba la sentencia “go to” y tenía las estructuras de control que implementaban el paradigma de la programación estructurada de Dijkstra. Posteriormente to-

dos los lenguajes de programación habían sido influenciados por las ideas de Wirth y Dijkstra de crear programas bien estructurados y fáciles de leer. Sin embargo, fuertes detractores a las ideas de Dijkstra comienzan a surgir, y se origina un debate que se mantie-

ne hasta el día de hoy. Uno de los principales hitos fue marcado en 1974, cuando el profesor Donald Knuth, máximo opositor, publica un libro *The Art of Computer Programming*, que escribió programas estructurados que incluían sentencias “go to” en The ACM’s Computing Survey. Lo cierto es que en ese tiempo se comenzó a hablar de una “guerra religiosa” entre los devotos de Dijkstra y los devotos de Knuth.

### 2.1.3. Diseño y análisis estructurado

La influencia de Dijkstra no paró con el gran debate del “go to”. Las ideas de la programación estructurada se llevaron al ámbito de diseño y análisis estructurado. De hecho nació una nueva disciplina: Ingeniería de software. Los supuestos básicos detrás del análisis estructurado eran lograr obtener mayor control intelectual sobre el creciente aumento de la complejidad de los sistemas, utilizando como base el concepto de descomposición funcional propuesto por Hamilton y Zeldin (1979), sobre la base de los siguientes supuestos:

- Un modelo conceptual común para describir todos los problemas,
- Un conjunto de procedimientos para sugerir la dirección general del análisis y ordenado por pasos,
- Un conjunto de guías de acción o decisiones soportadas en heurísticas acerca del problema y su especificación y,
- Un conjunto de criterios para evaluar la calidad del producto.

Surgen, pues, varios métodos denominados genéricamente como métodos SA/SD (Structured Analysis / Structured Design), los que incluyen una variedad de notaciones para la especificación formal de software. Durante la fase de análisis, muchas notaciones, entre ellas diagramas de flujo de datos,

especificación de procesos, diccionario de datos, diagramas de transición de estados y diagramas de entidad-relación, entre otros, son usados para describir lógicamente el sistema, tal cual se presenta en las figuras 3, 4 y 5.

La mayor parte de los métodos propuestos en esta época se denominaban, además, métodos funcionales debido a que eran inspirados directamente por la arquitectura de computadores (un dominio probado bien conocido de los programadores de la computación). La separación de datos y código, tal como existía físicamente en el hardware, fue trasladada a los métodos; por tanto los programadores tendían a pensar en términos de funciones de sistemas. En este sentido, diversas propuestas para modelar datos y modelar procesos y/o funciones son definidas; entre las principales se cuentan: SA/SD- Ed. Yourdon & DeMarco (Yourdon, 1989), SA/SD- Gane & Sarson (1979), JSD- Jackson Structured Development (Jackson, 1983), Information Engineering (Martín, 1990), Warnier (1974), entre otros. En la misma época, las exigencias de la defensa nacional y las aplicaciones aero-espaciales resultan en una alta demanda por software complejo y de misión crítica. Los desarrolladores responden creando una variedad de enfoques de dominio-específico a través de la adaptación del análisis estructurado para soportar especificaciones de sistemas de control embebidos (insertos dentro de componentes electrónicos), agregando notaciones para capturar el control de comportamiento. Estas variaciones son conocidas como Análisis / Real-Time (SA/RT). Uno de los trabajos realizados para la armada de USA, en el sistema de defensa de misiles, produjo el método SREM (Software Requirement Engineering Method) (Alford, 1977), y muchas otras variaciones que han sido descritas por Ward and Mellor (1986) y Hatley & Pirbhai (1987).

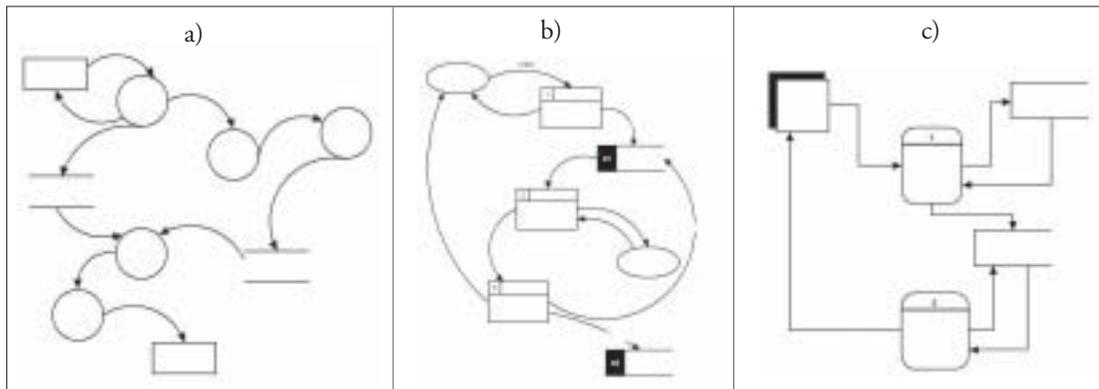


FIGURA 3. Ejemplo de notaciones para análisis estructurado –modelado de procesos–: a) Diagrama de flujo de datos - Método Yourdon & DeMarco; b) Diagrama de flujo de datos - Método SSADM; c) Diagrama de flujo de datos - Método Gane & Sarson.

Al igual que el modelamiento de procesos de transformación de datos, surge con fuerza la necesidad de modelar semántica-

mente los datos, para lo cual también surgen numerosas propuestas, entre ellas las de Chen (1976) y Codd (1976).

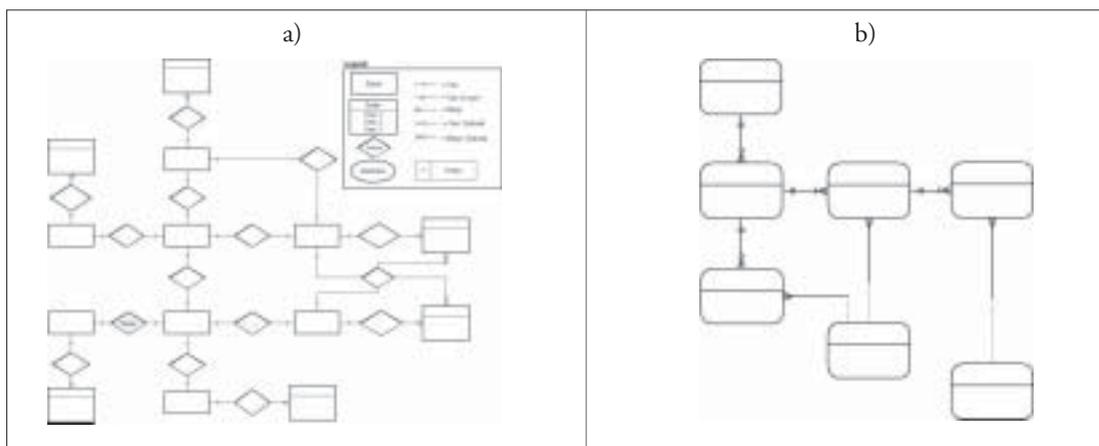


FIGURA 4. Ejemplo de notaciones para análisis estructurado - modelamiento semántico de datos-: a) Diagrama entidad-relación, Peter Chen; b) Diagrama modelo de datos, SSADM.

La necesidad de diseño surge del hecho de modelar la estructura de la solución que se había de proponer para un determinado problema. En la fase de diseño, se agregan

detalles a los modelos de análisis y los diagramas de flujo de datos son convertidos en cartas de estructura y descripciones de código de lenguajes de programación.



los innumerables problemas y fracasos del desarrollo de software sumado a una baja productividad de los programadores y una mala calidad de los productos de software, Brooks acuñó la frase hasta hoy usada: “La crisis del software”, aunque algunos plantean que se debería hablar de una “aflicción crónica”, pues las crisis tienen un punto alto y luego se resuelven, a diferencia de lo que sucede con el desarrollo de software. Su libro dispuso la primera metodología de desarrollo de software útil, porque el método presionaba por administrar procesos de personas y no procesos de ingeniería.

### 2.2.1. Problemas claves de proyectos de desarrollo de software, según Brooks

Brooks, en un estilo humorístico, identifica los muchos problemas que presentan los proyectos de software. Cualquiera que haya estado involucrado en un proyecto de desarrollo de software los encontrará relevantes incluso hoy día.

1. *La mina de alquitrán*: “Los proyectos de software son quizás lo más intrincado y complejo de las cosas que hace la humanidad” (en términos de las distintas clases de partes que lo componen). Esto es más cierto hoy día en varias órdenes de magnitud, dado el aumento considerable de complejidad de las aplicaciones.
2. *El Mítico Hombre-Mes*: “Muchos proyectos fracasan más por pérdidas de tiempo calendario, que por todas las otras razones combinadas”. Esta sentencia, que abre el libro de Brooks, es cierta hasta ahora. No se ha desarrollado hasta ahora una buena forma de estimar cuánto tiempo tomarán los proyectos de programación. La programación es un proceso creativo similar al arte y la música. Los proyectos de programación son tentativas comer-

ciales. Esto lleva al corazón del problema: ¿Cómo administramos exitosamente un proceso humano creativo (como opuesto a procesos mecánicos y productivos)?

3. *La Ley de Brooks (la que exige ser validada por investigaciones)*: “Agregar horas-hombre a un proyecto atrasado hace que se retrase más”. Las personas y los tiempos no son intercambiables. Hay cierto procesos que no pueden ser apurados. Agregar más personas incrementa las intercomunicación y la sobrecarga en entrenamiento, tanto como interrumpir el avance.
4. *El Efecto del segundo sistema*: “El segundo es el sistema más peligroso de una persona que sobre diseña; la tendencia general es a sobre diseñarlo”. En lenguaje moderno debería llamarse “featuritis”.
5. *¿Por qué la Torre de Babel falla?*: “Desastres de calendario, inadaptación funcional y errores de sistema, todos crecen porque la mano izquierda no sabe que está haciendo la mano derecha. Los equipos definen supuestos”. La comunicación es la parte más difícil de cualquier emprendimiento humano. Esto, por supuesto, es el centro del Mítico Hombre-Mes.
6. *Un paso adelante y un paso atrás*: “La entropía del sistema crece en el tiempo”. Esto también es conocido como “Pedazos de tonterías”. Reparar tiende a destruir estructuras e incrementar el desorden.

### 2.2.2. El Impacto del Mítico Hombre-Mes

Junto al crecimiento de los problemas en el desarrollo de software, el libro ofrece algunas soluciones importantes que, cuando son tomadas juntas, proporcionan un método universal para el desarrollo de software. Sin embargo, *The Mythical Man-Month*, a diferencia de la programación estructurada, no formó las bases de ninguna metodología promovida por algún gurú en los años 70 u 80.

Quizás, porque Brooks se orientaba a una carrera académica y no se definía como gurú para realizar consultorías. Mientras el libro fue de una importancia increíble, no fue hasta finales de los años 90 que las ideas de Brooks fueron tomadas por los proponentes de los denominados métodos ágiles. En 1995, en el aniversario veinte, se editó una nueva edición del libro. Brooks trató de actualizarlo, pero como él mismo admite, estando en la academia se alejó de los asuntos, problemas y soluciones del mundo real. Sin embargo, el corazón del libro es hasta hora relevante, muchos años después de que fue publicado.

### 2.3. 1975 al presente

#### 2.3.1. Las herramientas CASE y la Orientación a Objeto

En los años 70 y principio de los 80, el análisis y diseño estructurado dominaba la mente de los desarrolladores de software. Como se mencionó anteriormente, varias sectas y

subsectas se reunían alrededor de los gurús más conocidos. Un modelo estándar de desarrollo de “ciclo de vida” para sistemas de software, llamado “Modelo en Cascada” (Waterfall Model), fue el primer modelo de ciclo de vida documentado públicamente en 1970 e inmediatamente comenzó a ser el paradigma dominante (Este modelo presume un desarrollo lineal, que consiste en que el resultado de una fase se constituye en la entrada de la otra fase). Desgraciadamente, el análisis y diseño estructurado falló en cumplir la promesa de reducir los costos de desarrollo e incremento de la confiabilidad del software, debido a que la complejidad de los sistemas aumentaba y se orientaba principalmente a lenguajes de tercera generación. Muy pronto, muchos “herejes” atacaron el modelo de Cascada y desarrollaron toda clase de nuevos modelos de ciclo de vida, es decir, modelos acerca de los estadios o etapas de vida por las cuales atraviesa un producto de software y la estrategia para componer el producto final. Tal como se aprecia en la figura 6.

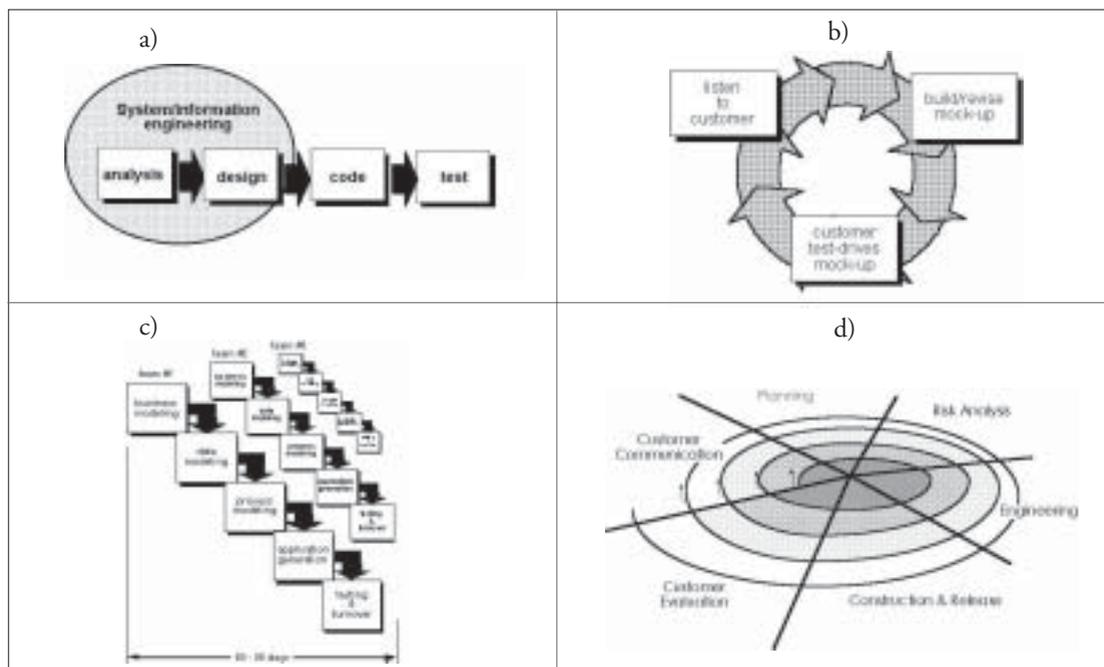


FIGURA 6. Ejemplo de diferentes ciclos de vida: a) Waterfall (en cascada); b) Prototipo c) RAD; d) Espiral.

Pese a esta disputa, dos ideas interesantes en los métodos de desarrollo de software emergen en los años 80.

La primera de estas ideas es la herramienta de Ayuda Asistida por Computer (CASE: Computer Aided Software Engineering – Ayuda Asistida por Computador a la Ingeniería de Software). Cada gurú tiene una compleja notación y un proceso, el cual de-

ben usar los diseñadores para modelar sus sistemas de software. Muchos gurúes afirman que sus métodos deberían comenzar a retornar valor solamente cuando las herramientas de ayuda asistida por computador (CASE) se integren con el método. Las primeras herramientas CASE fueron programas de dibujos gráficos primitivos vinculado a una notación de un método específico.

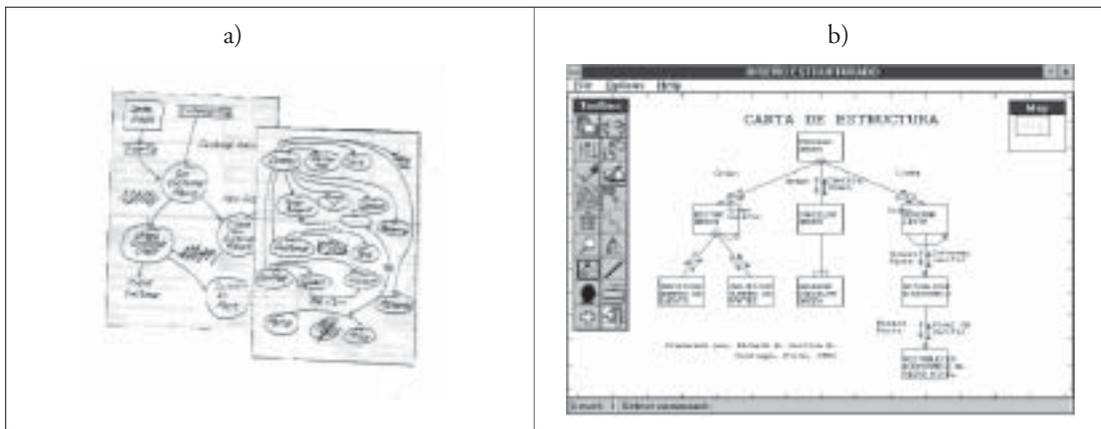


FIGURA 7. a) Diagramas manuales y b) diagramas elaborados en un CASE.

Pero, a la persona a quien realmente el CASE ayudó a despegar fue a Philippe Kahn, el fundador de Borland International. En 1983 Kahn lanzó un producto revolucionario: Un ambiente integrado de Desarrollo (IDE – Integration Development Environment) llamado Turbo Pascal. La idea de un IDE no era nueva –Emacs había estado rondando por un gran tiempo. Pero Turbo Pascal comenzó justo cuando el computador personal estaba despegando y comenzando a ampliar la plataforma de desarrollo de software. Turbo Pascal manejó mucha de las tareas tediosas y repetitivas del desarrollo de software, permitiendo al desarrollador concentrarse en los problemas del diseño de alto nivel. En efecto, Turbo Pascal fue el precursor de Visual Basic y otros ambientes de desarrollo integrado visuales, tales como PowerBuilder. Sin embargo, ninguna de estas herramientas está asociada con la idea tradicional de una “me-

todología de software” –guía de acciones y modelos para crear software–, sino que conforman una parte importante de las Toolkits (Cajas de Herramientas –software de ayuda al diseño que contiene apoyo a labores específicas de los desarrolladores de software). A diferencia de las IDEs’s, muchas de las herramientas CASE de los gurú han sido olvidadas.

La segunda idea interesante y útil es la idea del desarrollo de software Orientado a Objetos (OO). Uno de los padres de la OO es Alan Kay, el hombre quien dijo: “La mejor forma de predecir el futuro es inventarlo”. En 1971 él comenzó desarrollando las ideas detrás del lenguaje de programación Smalltalk. Este fue desarrollado muy lejos en Xerox Palo Alto Research Center (PARC) durante los años 70 y 80. El objetivo clave de Kay era hacer el mundo del software mucho más cercano al mundo real. En el

mundo real, los objetos se comunican enviando mensajes hacia atrás, para allá y para acá. Cuando un objeto interactúa con otro, éste no tiene indicación del funcionamiento interno del otro objeto. Cada objeto conoce los protocolos de interacción y comunicación de los otros objetos. Sistemas muy complejos pueden ser contruidos combinando objetos y permitiéndoles que interactúen naturalmente. El lenguaje Smalltalk proporcionaba una sofisticada implementación de estas ideas.

Los proponentes de OO argumentan que su amplia adopción permitirá una mayor flexibilidad en el desarrollo de software que con las técnicas estructuradas iniciales. Esto debería permitir el re-uso de software y, una vez que el objeto haya sido bien definido y creado, éste debería ser usado en diferentes sistemas. Las ideas detrás de la OO comienzan a prender en la comunidad de desarrollo de software. En los inicios de los años 80, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos decidió que podría reducir millones de dólares y asegurar la confiabili-

dad del software imponiendo que todos los desarrollos de software sean hechos en un lenguaje OO. Cerca de 1983, el Departamento de Defensa gastó millones desarrollando una nueva generación de Pascal con aspectos de OO. Esto fue llamado ADA. En el mismo tiempo, Bjarne Stroustrup, de Bell Labs, creó una nueva generación del Lenguaje C con aspectos OO, llamado C++ pero, ninguno de estos lenguajes implementó completamente el poder de Smalltalk. Quizás por esta razón (aunque no la única), por diez años tuvo que combatir por la aceptación final. Esto permitió la creación de la Web, que llevó a la explosión en la adopción de los lenguajes y técnicas OO. Mientras Smalltalk nunca despegó, su sucesor Java y Python han sido extremadamente exitosos.

Al igual que en el caso anterior del enfoque estructurado, numerosas son las propuestas surgidas de métodos orientados a objeto y notaciones, y su evolución comenzó desde la programación, pasando por el diseño y finalmente abordando el análisis, tal cual se muestra en la figura 8.

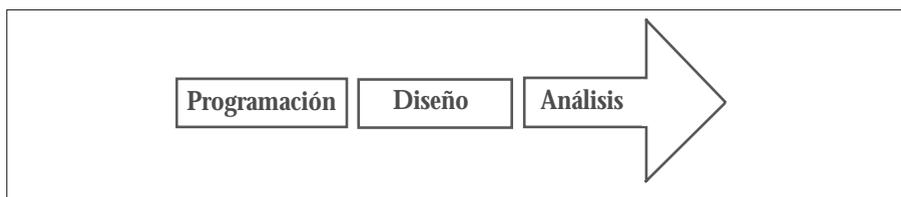


FIGURA 8. Evolución de métodos.

Muchas son las propuestas realizadas, tanto de Diseño como de Análisis OO. En el caso del diseño, los métodos OO comparten los siguientes pasos básicos de diseño, aunque los detalles varíen mucho:

- Se identifican los objetos y sus atributos.
- Se establece la visibilidad de cada objeto en relación con los demás objetos.
- Se establece la interfaz de cada objeto y el tratamiento de excepciones.
- Se realizan y comprueban los objetos.

Algunos ejemplos de métodos de diseño OO se encuentran en Booch (1994), Seidewitz y Stark (1986), Wasserman *et al.* (1990), entre otros.

Por su parte, el análisis OO evolucionó considerando dos fuentes: El modelamiento de semántico de datos y el diseño OO y, con el transcurrir del tiempo, surgen muchas propuestas orientadas al Análisis OO, y muchos gurús se incorporan a este nuevo campo de batalla, entre los que se cuentan los trabajos

de Rumbaugh-OMT (Rumbaugh *et al.*, 1991), Coad y Yourdon (1990), Shlaer y Mellor (1988), Booch (1986, 1994 y 1999), Jacobson *et al.* (1992), Reenskaug-OORASS (Reenskaug *et al.*, 1991), Martín y O'dell

(1992), entre muchos otros. Como consecuencia de lo anterior, numerosas son también las propuestas de notaciones para modelar distintos componentes de un sistema OO, tal como lo muestra la figura 9.

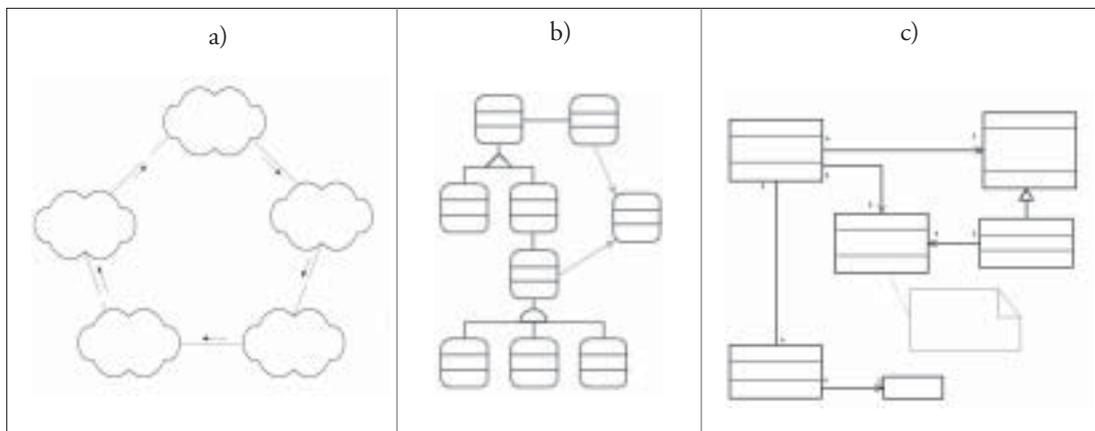


FIGURA 9. Notaciones de diferentes Métodos OO para representar “clases” de objetos: a) Método de Booch; b) Método de Coad & Yourdon; c) Método OMT, Rumbaugh.

Aun cuando existen muchas propuestas de métodos para el desarrollo de software OO, en la práctica la situación es más compleja –los métodos a menudo no cubren todo el ciclo de vida, dado que muchas propuestas son orientadas sólo a diseño y especificación OO y muchas otras se orientan al Análisis OO. Más aún, no se adecuan a todos los dominios específicos requeridos tal como, por ejemplo, el desarrollo para Internet. Por tanto, en la práctica, los métodos están siendo mezclados y entrelazados: un método A es usado para análisis seguido de un método B, el cual es usado para el diseño. A lo largo del desarrollo, se utiliza un único paradigma –el enfoque funcional o el enfoque orientado a objeto–, esta división resulta razonable. Una muestra de ello lo constituye el método FUSION (Coleman *et al.*, 1993), desarrollado por el Object-Oriented Design Group de los Laboratorios de Hewlett-Packard, Bristol. Este método, por ejemplo, se construye sobre la base de la primera ge-

neración de métodos, incluyendo Booch, OMT y CRC y provee una ruta completa desde la definición de requisitos hasta la implementación en un lenguaje de programación.

Durante mucho tiempo, en las empresas se ha desarrollado un fuerte conocimiento de análisis funcional y de métodos de modelamiento semántico de datos (por ejemplo modelos entidad-relación). Muchos desarrolladores de software se inclinaban por seguir una fase de análisis funcional-estructurado seguido de una fase de diseño orientado a objeto. Aun cuando puede ser no entendible, el hecho de mezclar paradigmas (funcional, OO, etc.) es claramente menos razonable y aconsejable, debido al serio inconveniente asociado al cambio de paradigma: moverse de un enfoque funcional a un enfoque orientado a objeto requiere un traslado de los elementos de modelo funcional a elementos de modelo de objetos, lo cual está lejos de ser natural o ser una ventaja. Más aún, no hay

una relación directa entre los dos conjuntos de elementos y es necesario romper los elementos de modelo desde uno de los enfoques para crear modelos de fragmentos de elementos que puedan ser usado por otros (Por ejemplo, diseñar con un enfoque estructurado y posteriormente programar con el paradigma OO o modelar clases que incluye atributos y métodos y posteriormente implementar en una Base de Datos Relacional).

Este cambio de paradigma, centrado en el medio del esfuerzo de desarrollo, puede impedir enormemente la navegación desde las sentencias de requisitos obtenidos tempranamente en las fases de análisis a la satisfacción de aquellos requisitos en la fase de diseño. Más aún, un diseño orientado a ob-

jeto obtenido después de la translación puede llevar a perder abstracción, y limitar el encapsulamiento de los objetos de bajo nivel disponibles en la implementación y ambiente de ejecución, todo lo cual implica un gran acuerdo de esfuerzo en orden a obtener resultados que no son muy satisfactorios.

La combinación de un enfoque funcional y un enfoque orientado a objeto para diseño e implementación, como equivalente a un moderno método orientado a objeto que cubre todo el ciclo de desarrollo de un software, no necesita existir hoy día, aun cuando existen numerosos trabajos con intención de establecer una integración, tal como se muestra en Ward (1989).

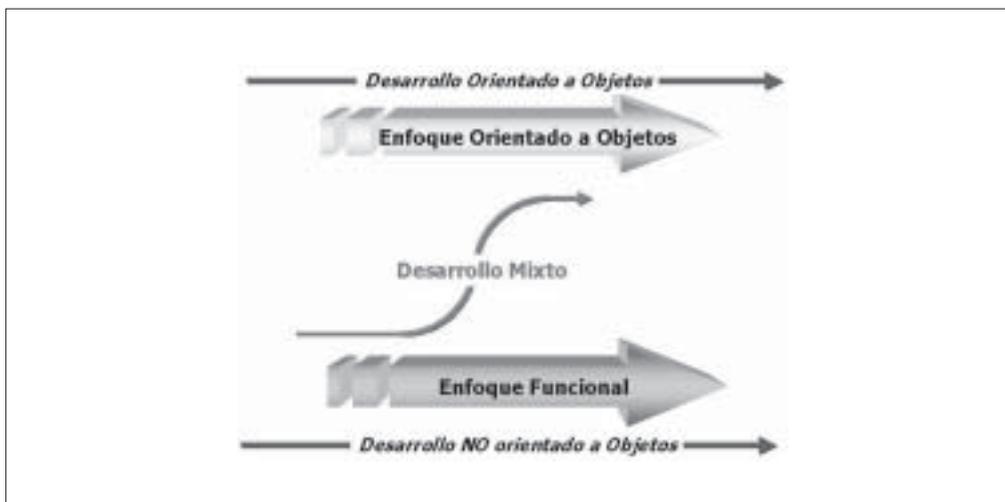


FIGURA 10. Combinación de enfoques para modelamiento e implementación de sistemas.

Durante la pasada década, las aplicaciones orientadas a objeto –que fueron desde el análisis de requisitos a la implementación– han sido desarrolladas en todos los sectores de programación. La experiencia adquirida en estos proyectos ha ayudado al entendimiento de cómo unir las muchas y variadas actividades requeridas para soportar un enfoque completo orientado a objetos.

### 2.3.2. Lenguaje de Modelamiento Unificado (UML)

Los gurús rápidamente recogieron la idea de la Orientación a Objeto. Quizás, porque ellos entendieron que lo conceptual cambiaba desde la programación secuencial al enfoque OO y sería difícil y doloroso el cambio, pero que el entrenamiento de las personas debe-

ría ser una tendencia útil y lucrativa. El número de métodos orientados a objeto se incrementó desde menos de 10 a más de 50 durante el período entre 1989 y 1994, por esta razón se hablaba la guerra de los métodos. Muchos usuarios de estos métodos tenían dificultad para encontrar algún lenguaje de modelamiento que satisficiera completamente sus necesidades.

Una gran concentración de ideas críticas comenzó a formarse a mediados de los 90's, cuando Grady Booch (Rational Software Corporation), Ivar Jacobson (Objectory) y James Rumbaugh (General Electric), comenzaron a adoptar ideas de cada uno de los otros métodos, los cuales colectivamente comenzaron a reconocerse como líderes de los métodos orientados a objeto en el ámbito mundial. Así es como los principales autores de los métodos de Booch, OOSE y OMT, se motivaron a crear un lenguaje de modelamiento unificado, atendiendo a tres razones:

- Primero, los métodos estaban evolucionando realmente hacia el otro independientemente. Esto crea la sensación de que la evolución, juntos más que aparte, eliminaría la potencial diferencia que podría llevar a confundir a los usuarios.
- Segundo, unificado los métodos, se podría proporcionar alguna estabilidad al mercado de la orientación a objeto, permitiendo a los proyectos utilizar un lenguaje de modelamiento maduro y llevando a las herramientas de construcción a focalizarse sobre las características de salida más útiles.
- Tercero, se espera que la colaboración podría producir mejoramiento en los tres métodos iniciales, ayudando a recoger las lecciones aprendidas y resolver los problemas que ninguno de los métodos había manejado previamente bien.

El esfuerzo de UML partió oficialmente en octubre de 1994, cuando Rumbaugh se

unió a Booch de Rational. El proyecto inicial se concentró en la unificación de los métodos de Booch y OMT. La versión draft 0.8 del Método Unificado (así fue llamado) se lanzó en octubre de 1995. Alrededor del mismo tiempo, Jacobson se unía a Rational y el ámbito del proyecto UML fue expandido para incorporar OOSE. El esfuerzo resultó en el nuevo lanzamiento de UML versión 0.9 en junio de 1996. Durante 1996, los autores invitaron y recibieron retroalimentación de la comunidad de ingeniería de software. Durante este tiempo comienza a ser claro que muchas organizaciones veían a UML como una estrategia para sus negocios. Se estableció un consorcio UML con varias organizaciones destinando recursos para trabajar hacia una definición de UML más completa y fuerte. Estos socios contribuyeron a la definición de UML 1.0, incluyendo Digital Equipment Corporation, Hewlett-Packard, i-Logic, Intellicorp y James Martín y Cia., IBM, ICON Computing, MCI Systemhouse, Microsoft, Oracle, Rational, Texas Instruments y Unisys. Esta colaboración, resultó en UML 1.0, un lenguaje de modelamiento que estaba bien definido, explícito y poderoso, y aplicable a una amplia variedad de dominios de problemas. En respuesta a su petición para propuestas, por parte de Object Management Group (OMG), UML 1.0 fue ofrecido para la estandarización en enero de 1997. Entre enero de 1997 y julio de 1997, el grupo original de socios fue ampliado para incluir virtualmente a todos los socios y contribuyentes de la oferta original de OMG, incluyendo Andersen Consulting, Ericsson, ObjectTime Limited, Platinum Technology, Ptech, Reicht Technologies, Softeam, Sterling Software y Taskon. Una forzada tarea de semántica fue definida, liderada por Cris Kobryn de MCI System-house y administrado por Ed Eykholt de Rational, para formalizar la especificación

de UML e integrar el UML con otros esfuerzos de estandarización. Una versión revisada de la versión UML 1.0 fue ofrecida a la estandarización de OMG en julio de 1997. En septiembre de 1997 esta versión fue aceptada por “The OMG Analysis and

Design Task Force” (ADTF) y el OMG Architecture Board, y lo pusieron para votación de todos los miembros de OMG. La versión UML 1.0, la cual es la más descrita, fue aceptada por la OMG en noviembre de 1997.

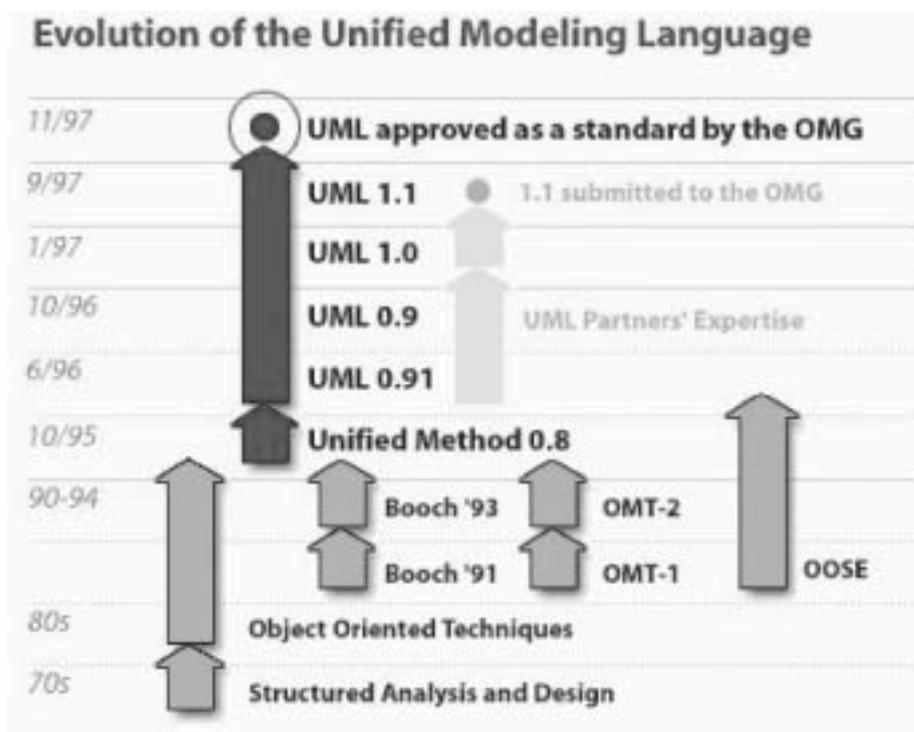


FIGURA 11. Evolución de UML (Fuente: Rational).

A pesar de este acuerdo, y algún interés comercial de muchos miembros del consorcio sobre una *notación* estandarizada para modelamiento de sistemas de software, es importante notar que los antiguos gurús tenían un mensaje centrado en lo humano de gran importancia que se perdió en el fragor de la guerra.

Uno de los principales argumentos para la programación estructurada es que el desarrollo de software está centrado principalmente sobre la comunicación entre personas, y no tanto en la comunicación de las personas a las máquinas. Los programas necesitan ser

bien escritos y bien organizados, de modo tal que los desarrolladores de software puedan comunicarse más fácilmente entre ellos mismos y con sus clientes. Estas ideas tan buenas, son hasta ahora relevantes.

Lo cierto es que la guerra de los métodos no finalizó con la creación de UML. Incluso con una notación unificada, hay muchos nuevos métodos alternativos propuestos para modelamiento de sistemas de software que incluyen, incluso a UML como notación. Pero debemos destacar, sin embargo, que UML es un gran logro –UML es una notación no es un método–. Desde entonces se

considera un primer estándar. Sirve como un lenguaje útil y universal que pueda ser usado para comunicar diseños e ideas acerca de sistemas de software, no importa que método sea escogido para usarlo. Incluso, la principal organización que promueve UML, Rational, ha formulado un Proceso de Desarrollo soportado en UML (Ver figura 11), llamado RUP (Rational Unified Process), en el que se integran herramientas CASE y herramientas de asistencia al pro-

ceso riguroso, tales como aseguramiento de calidad, administración de requisitos entre otros, aun cuando se establece como premisa que es posible adecuar las actividades y reglas como mejor acomode a los desarrolladores, es decir, es adaptable al gusto del desarrollador. Esto pareciera ser un problema, pues en ocasiones se cree necesario establecer con claridad qué hacer, que disponer de una enorme cantidad de opciones para decidir que realizar.

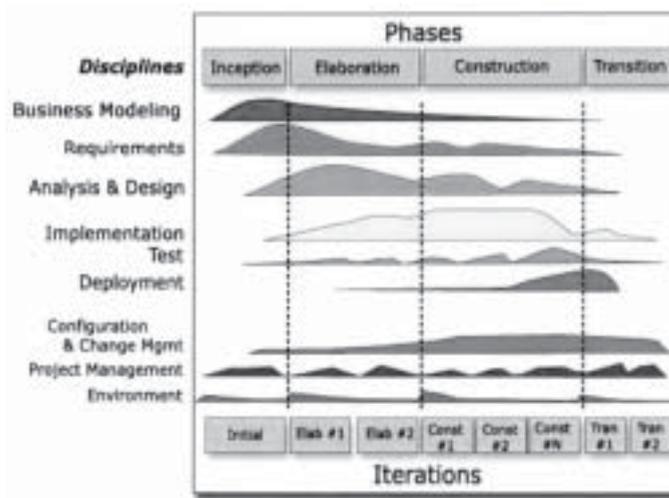


FIGURA 12. Proceso RUP – Rational Unified Process.

### 2.3.3. Una nueva alternativa: Los Métodos Ágiles

Una de las principales críticas realizadas a los métodos propuestos hasta ahora es que son burocráticos, es decir, hay tantas cosas que hacer que el desarrollo de software se vuelve lento. Más aún, estos métodos han sido llamados “Heavy Methodologies” (Métodos pesados) o “Monumental Methodologies” (Métodos monumentales). Como una reacción a estas metodologías, a finales de los años 90, ha surgido un nuevo grupo de metodologías sustentadas en las antiguas ideas de Brooks, las que fueron conocidas por un

tiempo como “lightweight methodologies”, pero ahora el término aceptado es “Agiles Methodologies” (Métodos ágiles).

En este sentido, la guerra de los métodos de software ha venido a completar un círculo peligroso. Mientras el manifiesto de Dijkstra llamaba por “más” disciplina en el desarrollo de software, los principales disidentes de los “tres amigos” (como se les llama a los creadores de UML) han lanzado un manifiesto que llama por “menos”, llamado “Manifiesto for Agile Software Development” (Manifiesto por el Desarrollo de Software Ágil). El que se sustenta en los siguientes postulados:

- *Los individuos y sus interacciones*, son más importantes que los procesos y herramientas.
- *Un software que funcione*, es más importante que una abundante documentación.
- *La colaboración con los clientes*, es más importante que la negociación de contratos.
- *La respuesta ante el cambio*, es más importante que el seguimiento de un plan.

Hay varios paralelos entre las dos escuelas. El autodenominado estilo ágil ha comenzado a presentar una serie de libros en *The Agile Software Development Series*, similar a lo propuesto por los tres amigos, *Object Technology Series*. Los gurús ágiles han creado su propia empresa de consultoría y entrenamiento orientando sus principales esfuerzos hacia tomar ventajas de “la nueva economía”, es decir, el desarrollo sobre Internet. Es destacable, sin duda, que la principal contribución de los métodos ágiles es que ellos están recogiendo ampliamente el enfoque centrado en la persona propuesta por Brooks. Más aún, están agregando elementos adicionales para el entendimiento de la problemática humana detrás del desarrollo de software en general. Highsmith (2002) utiliza la palabra “ecosistema” en vez de método o metodología para indicar que el desarrollo de software trata acerca de personas, sus interacciones y adaptaciones a un ambiente amplio y no sobre procesos de ingeniería. Algunos importantes ejemplos de métodos ágiles son: XP (Extreme Programming), Cockburn’s Crystal Family, Open Source, Highsmith’s Adaptive Software Development, Scrum, Feature Driven Development y DSDM (Dynamic System Development Method). Se debe destacar que la carencia de documentación es un síntoma de dos profundas diferencias, según Martín Fowler, uno de los líderes de estas propuestas:

1. *Los métodos ágiles son más adaptativos que predictivos*. Los métodos monumentales

tienden a tratar de planear una gran parte del proceso de desarrollo de software, con gran detalle por un gran lapso de tiempo. Esto está bien, hasta que las cosas cambian. Así es que su naturaleza es resistir el cambio. Los métodos ágiles, en cambio, reciben los cambios. Ellos tratan de procesar y hacer propicio los cambios.

2. *Los métodos ágiles son más orientados a las personas que al proceso*. Ellos explícitamente manifiestan que se ha de “tratar” con el trabajo y la naturaleza de las personas más que contra ellos, y enfatizan que el desarrollo de software debería ser una actividad entretenida.

Muchas personas apelan a estas metodologías ágiles como reacción a las metodologías burocráticas o monumentales. Estos nuevos métodos intentan establecer un justo equilibrio entre “sin proceso” y “demasiado proceso”, proporcionando sólo el proceso suficiente para obtener un retorno razonable. De muchas formas, estos métodos están más orientados al código: siguiendo la idea de que plantean que la parte clave de la documentación es el código fuente.

## CONCLUSIONES

Desde que Dijkstra planteó que el desarrollo de software debería estar centrado fuertemente en las matemáticas para producir productos confiables y con costos predecibles, muchos esfuerzos se han realizado para definir un proceso de desarrollo de software en forma disciplinada y rigurosa. Importantes organizaciones, tales como Motorola, NASA, entre otros, basan su desarrollo en tales prácticas disciplinadas. Por su parte, la innumerable cantidad de métodos de desarrollo de software propuestos, algunos quedando en el olvido y los menos –en su afán de adecuarse a los cambios de enfoques, a la innumerable cantidad de situaciones que

deben enfrentar y a las diversas áreas de aplicación en que se deben desenvolver— han incorporado una gran cantidad de reglas, notaciones, prácticas y documentos que requieren mucha disciplina y tiempo para seguirla correctamente. Esto ha llevado a ser definidas como Metodologías monumentales o Heavy Methodologies. Sin embargo, son muchas las áreas en las cuales este tipo de desarrollo no se condice con las exigencias del problema. Desarrollar, por ejemplo, aplicaciones para la Web establece como premisa que el tiempo es corto, los requisitos cambiantes, se requieren equipos multidisciplinarios, entre otros aspectos. Por tanto, es difícil planificar dada la innumerable cantidad de cambios y se requiere una interacción muy fuerte entre el equipo de desarrolladores.

Por otra parte, pese al logro de la comunidad internacional de ingeniería de software de aceptar finalmente una notación estándar como lo es UML y su posterior inserción en un gran proceso de desarrollo de software (Rational Unified Process)—aun cuando existan intereses económicos detrás—, existen muchos detractores que se oponen a la aceptación de dichos métodos monumentales sobre la base de que hacen más burocrático y lento el desarrollo software y que este tipo de desarrollo es un proceso centrado en las personas y en sus interrelaciones, y no entre las personas y las máquinas, por tanto, no es equivalente a un proceso de ingeniería tradicional.

Sin duda, ambos enfoques tienen su área de aplicación y sus exigencias. Quizás, por el hecho de que los productos de software se requieran en áreas tan diferentes, distintos tipos de requisitos, distinta volatilidad de requisitos, diferentes niveles de riesgos, diversos clientes, diferentes niveles de calidad, entre muchos otros aspectos, hace que ambos tipos de enfoques metodológicos tengan su validez en el contexto en que se usan. Sumado a lo anterior, se debe incluir como “método” ampliamente usado, el estilo “hacker” o

programación por prueba y error, sin disciplina ni sistematización alguna, tal como lo definen algunos autores. Por lo tanto, se ve difícil, por el momento, tener reconciliadas estas propuestas y disponer de estandarización de métodos de desarrollo de software, menos aún cuando siguen apareciendo nuevas propuestas de métodos. Por lo demás, nos vemos obligado a sumar esta preocupación a una de las tantas paradojas de este mundo actual, entre ellas: “Saber de todo, pero ser especialista en algo”, y, en el caso de los métodos de desarrollo de software: “Servir para todas las áreas de aplicación y en todos los casos, pero simple y fácil de usar”.

## REFERENCIAS

- ALFORD, M. (1977) “A Requirement Engineering Methodology for Real Time Processing Requirements,” *IEEE Trans. Software Eng.*, Vol. 3, No 1, Jan., pp. 60-69.
- BOOCH, G. (1994) *Object-Oriented Analysis and Design*, Benjamin/Cumming, Redwood City, Calif.
- BOOCH, G. (1986) “Object-Oriented development”. *IEEE Trans. On Software Eng.*, Vol. SE-12(2), 211-221.
- CHEN, P. (1976) The Entity-Relationship model: toward a unified view of data. *ACM Trans. On DataBase System*, 1(1), 9-36.
- COAD, P. and YOURDON, E. (1990) *Object Oriented Analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- CODD, E.F. (1976) A Relational Model of Data for Large Share Data Banks. *Comm. ACM*, 13 (6), 377-387.
- COLEMAN, D., ARNOLD P., BODOFF, C., DOLLIN, C., HAYES, F. and JEREMAES, P. (1993) *Object - Oriented Development: The Fusion Method*. Prentice-Hall.
- GANE, C. and SARSON, T. (1979) *Structured System Analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.
- HAMILTON, M. and ZELDIN, S. (1979) “Higher Order Software - A Methodology for Defining Software”, *IEEE Trans. Software Eng.*, Vol. 2, No 1, Jan., pp. 9-32.
- HATLEY, D. and PIRBHAI, I. (1987) *Strategies for Real-Time Specification*. Dorset House, New York, N.Y.

- HIGHSMITH, J. (2002) Agile Software Ecosystem, Addison-Wesley, ISBN 0-201-76043-6.
- JACKSON, M. (1983) System Development. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall International.
- JACOBSON, I., CHRISTERSON, M., JONSON P. and OVERGARD, G. (1992) Object-Oriented Software Engineering, Addison-Wesley, Reading, M.A.
- JONSON, J. (1994) "Failure is Its Own Reward", Application Development Trends, Vol 1., N° 9, August, p. 70.
- JONSON, J. (1995) "CHAOS: The Dollar Drain of IT Project Failure", Application Development Trends, Vol. 2, N° 1, January, pp. 41-47.
- MARTÍN, J. (1990) Information Engineering, Vol. 1, 2 y 3. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- MARTÍN J. and O'DELL J. (1992) Object -Oriented Análisis and Design. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- NANDHAKUMAR, J. and AVISON, J. (1999). The fiction of methodological development: a field study of information system development. Information Technology & People 12(2): 176-191.
- PARNAS, D. (1972) "On the Criteria to be Used in Decomposing Systems into Modules", Comm. ACM, Vol. 15, N° 12, Dec., pp. 1.053-1.058.
- PARNAS, D. L. and CLEMENTS, P.C. (1986) A rational design process: How and why to fake it. IEEE Transactions on Software Engineering 12(2): 251-257.
- REENSKAUG, T., ANDERSON, E.P. and BERRE, A.J. (1991) Seamless support for the creation and maintenance of object - oriented system. Taskon A/S Gandstadalteen 21, N-0371 Oslo 3.
- RUMBAUGH, J. BLAHA, M., LORENSEN, W., HEDI, F. and PREMERLANJ, W. (1991) Object Oriented Modeling and Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.,
- SEIDEWITZ, E. and STARK, M. (1986) General Object-Oriented Software Development, Software Engineering Letters, 86-102.
- SHLAER, S. and MELLOR S. (1988) Object-Oriented System Analysis: Modeling the World in Data, Prentice-Hall, Englewood, Cliffs, N.J.
- THE STANDISH GROUP (2000) The CHAOS Report. Dennis, MA: The Standish Group, 1994
- TRUEX, D. P., BASKERVILLE, R. and TRAVIS, J. A. (2000) Methodical systems development: The deferred meaning of system development methods. Accounting, Management and Information Technology 10: 53-79.
- WARD, P. and MELLOR S. (1986) Structured Development for Real-Time, Vols. 1, 2 y 3, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- WARD, P. (1989) How integrated object-orientation with Structured Analysis and Design. IEEE Software, 6 March.
- WARNIER, J. (1974) Logical Construction of Programs. New York: Van Nostrand Reinhold.
- WASSERMAN A.L., PIRCHER P.A. and MULLER R.J. (1990) The Object-Oriented Structured design notation for software design representation, IEEE Computer, 50-62, March.
- WIEGERS, K.E. (1998) Read my lips: No new models. IEEE Software 15(5): 10-13.
- YOURDON, E. (1989) Modern Structured Analysis. Englewood Cliffs, New Jersey: Yourdon Press.

## **CALIDAD DEL AGUA DEL ESTERO PIDUCO (TALCA, VII REGION): UN ANALISIS BASADO EN LA DATA EXISTENTE**

**WATER QUALITY OF STREAM PIDUCO (TALCA, VII REGION):  
AN ANALYSIS BASED ON PREVIOUS DATA**

**EVELYN HABIT CONEJEROS**

Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.  
Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción, Barrio Universitario s/n, Concepción, Chile.  
Teléfono (56-41) 204061, fax (56-41) 207076; e-mail: ehabit@udec.cl

### **RESUMEN**

El estero Piduco es un sistema fluvial altamente antropizado desde sus orígenes en el valle central de la VII Región. En su recorrido rural este sistema es utilizado para abastecimiento de agua de riego y en su tramo final, que cruza la ciudad de Talca, se convierte en el receptor de los desechos de diversas actividades humanas. Las principales fuentes de contaminación corresponden a la agricultura, aguas servidas y efluentes de industrias de alimentos, bebidas, curtidos de cueros e industrias madereras. De acuerdo a los antecedentes existentes, los problemas asociados a la calidad del agua corresponden a una alta carga de sólidos en suspensión, colimetría fecal y contaminación química por metales pesados. Este trabajo entrega una síntesis de los antecedentes de la calidad del agua del sistema fluvial estero Piduco, como un aporte a la toma de decisiones para futuras medidas de mitigación o restauración de este ecosistema de uso múltiple.

**PALABRAS CLAVES:** Calidad del agua, contaminación, estero Piduco, sistemas fluviales.

### **ABSTRACT**

The Piduco stream is a fluvial system strongly impacted by human actions, from its origin at the Central Valley in the VII Region of Chile to its confluence with the Claro river. During its course, this system is used mainly as a water source for agriculture (irrigation) and in its final section (through the city of Talca), receive several effluents. Agriculture, domestic and industry effluents of food, beverages, leather tanning and lumber represent main pollution sources. According to existing records, problems associated to water quality are a high charge of suspended solids, coliforms and chemical pollution due to heavy metals. This paper provides a synthesis on the records about water quality of Piduco stream, as a contribution to decision making for future mitigation or restoring measures of this multiple use ecosystem.

**KEYWORDS:** Water quality, pollution, Piduco stream, fluvial system.

Recibido: 28/08/2003 Aceptado: 29/10/2003

### **INTRODUCCION**

Los sistemas fluviales proveen de numerosos servicios ecosistémicos, tales como el aprovisionamiento de agua potable, agua de riego, generación hidroeléctrica, recreación,

pesca, navegación y otros (Callow y Petts, 1994; Parra, 1996). La degradación de su calidad puede conducir a la pérdida de tales servicios o a un aumento de los costos asociados a ellos, generando problemas ambientales complejos. Los sistemas fluviales alta-

mente antropizados han sido paulatinamente degradados debido a su uso como simples cuerpos receptores de desechos, conduciendo a la pérdida de su valor paisajístico, recreacional y, en algunos casos, convirtiéndose en sistemas riesgosos para la salud de la población. El primer paso para la recuperación de estos ecosistemas debe ser la actualización del conocimiento de su situación ambiental, identificando las fuentes de contaminación y niveles de degradación de la cuenca, de tal forma de implementar las medidas de mitigación y restauración adecuada a las particularidades de cada sistema.

En Chile central, la ciudad de Talca (VII Región) presenta una estrecha relación con la red hidrográfica circundante y una especial influencia en la conformación y dinámica del área (Rebolledo, 1987), lo cual ha implicado la degradación paulatina de estos ecosistemas. La ciudad se emplaza en la cuenca del río Claro (tributario del río Maule), el cual constituye una barrera natural muy cercana al centro de la ciudad (Minvu, 1999). Esta cuenca cuenta con diversos afluentes menores, los cuales están estrechamente ligados a las actividades de la ciudad de Talca, quedando algunos completamente inmersos en ella. Es el caso del estero Baeza, transformado en el canal Baeza en su tramo urbano, y el estero Piduco, el que también ha sufrido alteraciones de su curso, tales como un desvío a la altura de la calle 1 Poniente (Rebolledo, 1987). Actualmente el estero Piduco tiene su origen en la confluencia de canales de riego, los que debieron corresponder a cursos de agua de bajo orden que conformaban la red hídrica original. El princi-

pal tributario de la cuenca del Piduco es el estero Pejerreyes, el que drena, junto al estero Aguas Negras, la zona sur de la cuenca. El estero Pejerreyes confluye con el Piduco antes de su ingreso a Talca (Fig. 1). En su recorrido por la ciudad, el estero Piduco se convierte en un hito urbano relevante, ya que afecta la relación norte-sur de Talca (Minvu, 1999), influenciando el sentido de la expansión urbana. La calidad del agua del estero Piduco ha resultado alterada debido a esta fuerte conexión con la zona urbana. De hecho, la red de alcantarillado de la ciudad, la cual capta y canaliza la escorrentía urbana e industrial, fue vertida directamente al estero Piduco hasta el año 1993 (ESSAM, 1993). Hasta esa fecha, el sistema fluvial del Piduco fue empleado como receptor de aguas servidas (efluentes domésticos) y efluentes industriales en ocho puntos a lo largo de su recorrido por la ciudad. Según Tapia (1997), ello implicó que las aguas de este río resulten riesgosas para la salud de las personas, quienes las utilizan para el riego de hortalizas y en menor medida para recreación (Van Houtte, 2001). A pesar de esta estrecha relación río-ciudad, no existe una sistematización de la información sobre el estado de la calidad del agua de este sistema fluvial. Por ello, este estudio analiza y ordena la información existente sobre la calidad del agua del estero Piduco, con el objetivo de determinar su estado e identificar las principales fuentes de contaminación. Esto permitirá implementar las medidas de mitigación adecuadas a las potencialidades y restricciones ambientales de este sistema fluvial en particular.

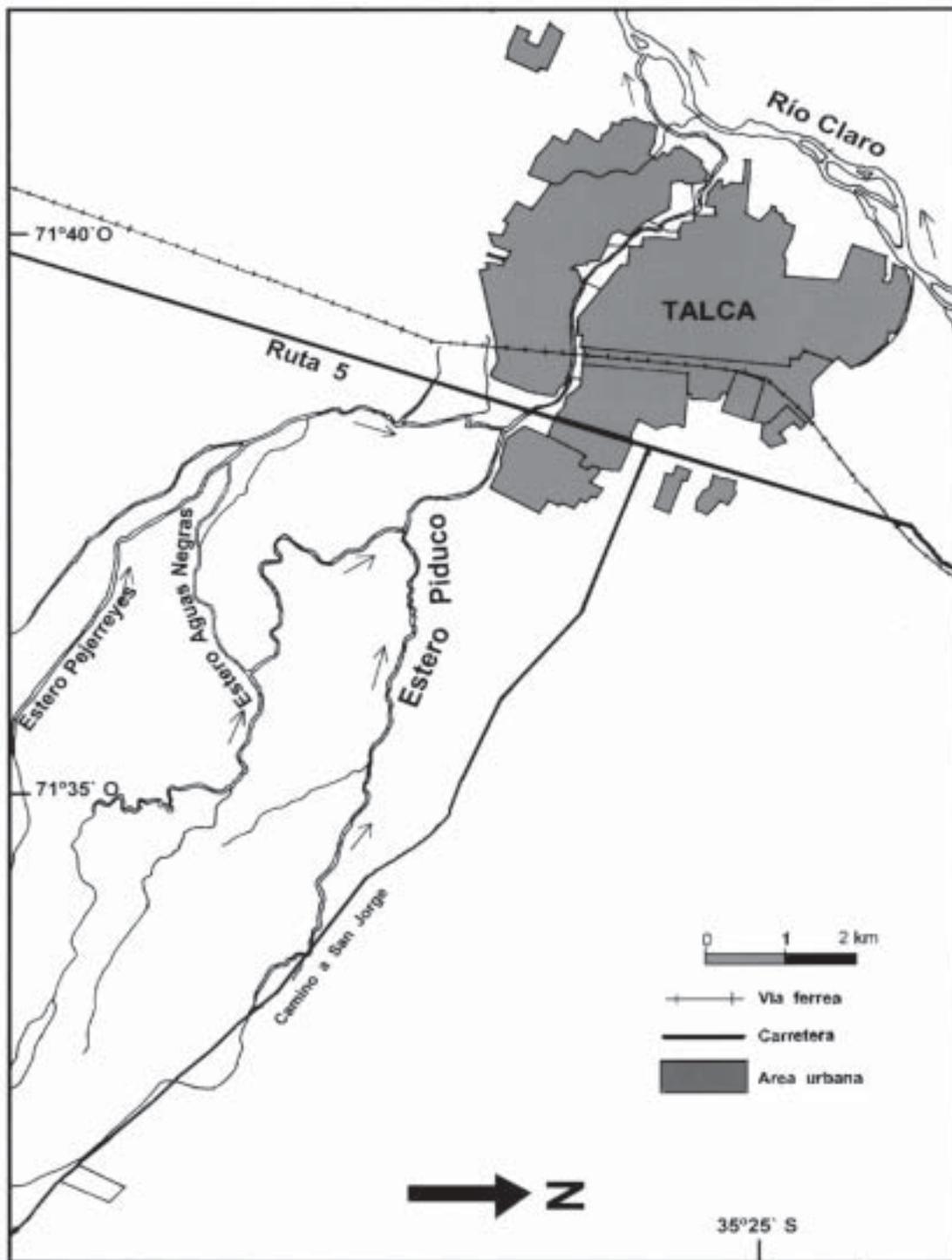


FIGURA 1. Recorrido del sistema fluvial estero Piduco y sus principales tributarios.

## MATERIAL Y METODO

Se realizó una recopilación bibliográfica, utilizando como fuentes de información bases de publicaciones científicas, tesis de grado (pre y postgrado) e internet. Además, se efectuaron entrevistas a informantes claves (empresa de agua potable Maule, Universidad de Talca y pobladores ribereños) y se efectuó un recorrido por la cuenca del estero Piduco en diciembre de 2002.

Se recopiló información para los siguientes parámetros de calidad: temperatura, pH, conductividad, sólidos suspendidos, cadmio, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, zinc, cromo, coliformes fecales, coliformes totales y estreptococos fecales. Sólo en algunos parámetros se encontró data histórica comparable en un período aproximado de 17 años (1985-2001). Algunos parámetros como oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub> y pesticidas presentan una escasa data o calificaciones cualitativas ("alto, bajo"). También se obtuvo información respecto de la calidad de los sedimentos y biota en el sistema fluvial.

La metodología utilizada para los análisis de cada parámetro de calidad del agua se encuentra detalladamente descrita en las fuentes de información (Rebolledo, 1987; Tapia, 1997; Basualto y Tapia, 2000; Farías y Morales, 2001).

Catorce de los parámetros de calidad del agua que presentan registros en el estero Piduco están incluidos en la futura Norma Secundaria de Calidad del Aguas (Instructivo Presidencial para la dictación de la Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales; en adelante Instructivo Presidencial). Las clases de calidad del agua se determinaron de acuerdo a esta normativa, la cual establece lo siguiente:

*Clase E (Excepcional):* Indica un agua de mejor calidad que la clase 1 que, por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte

del patrimonio ambiental de la República. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.

*Clase 1:* Muy buena calidad. Indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.

*Clase 2:* Buena calidad. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la Clase 3.

*Clase 3:* Regular calidad. Indica un agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

Las aguas que exceden los límites establecidos para la clase 3, indican un agua de mala calidad (*Clase 4*), no adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas ni para los usos prioritarios, sin perjuicio de su utilización en potabilización con tratamiento apropiado y/o para aprovechamiento industrial.

## RESULTADOS

La data histórica de los parámetros básicos de calidad del agua del estero Piduco (temperatura, pH, conductividad y sólidos suspendidos) muestra una evolución entre 1994 (Tapia, 1997) y 2001 (Farías y Morales, 2001). Esta se manifiesta en una disminución del pH (desde valores básicos a valores más bien neutros), una leve tendencia al incremento de la temperatura y reducción de la conductividad, y un importante incremento de la carga de sólidos suspendidos (Tabla I, Fig. 2). Las variaciones del pH, temperatura y conductividad se mantienen dentro de la clase de excepción, en tanto que el incremento de los sólidos suspendidos implica un cambio de calidad, desde clase E en 1994 a clase 2 ó 3 en el año 2001.

Tabla I. Rango de parámetros físicos y químicos en julio de 1994 (alto caudal) y septiembre de 1995 (bajo caudal) por Tapia (1997) y en septiembre del 2000 y enero del 2001 por Farías y Morales (2001).

Estación	Temperatura (°C)		pH		Conductividad (mS)		Sólidos suspendidos (mg/l)		Caudal (m³/s)	
	1994-1995	2000-2001	1994-1995	2000-2001	1994-1995	2000-2001	1994-1995	2000-2001	1994 - 1995	2000 - 2001
Esteros Piduco en Alto las Cruces (camino a San Clemente)	14,3 - 17,1	6,9 - 6,9	0,18 - 0,11	7,9 - 47,8	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Esteros Piduco en sector carretera sur (Puente Piduco)	14,3 - 11,6	14,4 - 18,0	7,7 - 7,9	7,2 - 6,8	0,19 - 0,15	0,60 - 0,11	13,4 - 2,0	26,1 - 51,3	86,2 - 48,4	
Esteros Piduco en Puente 4 Oriente	14,6 - 17,9	7,1 - 6,9	0,14 - 0,12	20,6 - 39,9	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Esteros Piduco en centro Talca (Puente 2 Sur)	10,0 - 12,4	15,0 - 18,1	7,1 - 8,1	7,1 - 7,0	0,18 - 0,16	0,16 - 0,13	2,9 - 14,0	22,9 - 37,2	92,4 - 57,3	
Esteros Piduco próximo a la desembocadura	14,4 - 13,2	15,3 - 18,4	7,8 - 8,1	7,1 - 7,2	0,20 - 0,18	0,17 - 0,12	8,0 - 13,1	22,1 - 40,7	105,0 - 88,2	
Clases de Calidad según el Instructivo Presidencial										
Clase E (excepción)	$\Delta T^{\circ} < 0,5^*$		6,5 - 8,5		<0,60		<24		-	
Clase 1 (muy buena)	$\Delta T^{\circ} 1,5$		6,5 - 8,5		0,750		30		-	
Clase 2 (buena)	$\Delta T^{\circ} 1,5$		6,5 - 8,5		1,50		50		-	
Clase 3 (regular)	$\Delta T^{\circ} 3,0$		6,5 - 8,5		2,25		80		-	
Clase 4 (mala calidad)	$\Delta T^{\circ} > 3,0$		<6,5 ó >8,5		>2,25		>80		-	

\*Diferencia de temperatura entre la zona monitoreada y la temperatura natural del agua.

sd: sin datos

- : no normado

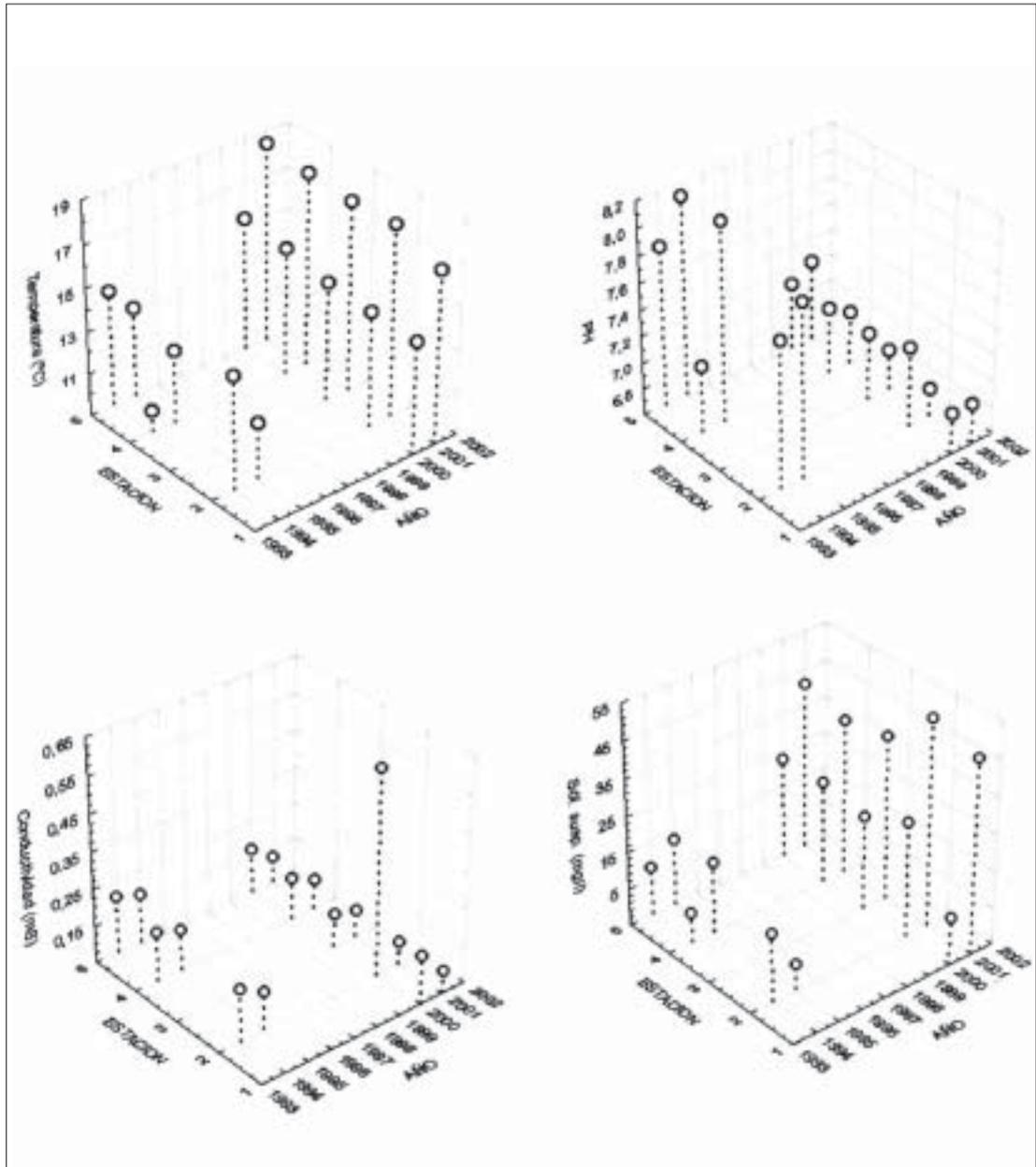


FIGURA 2. Evolución de las variables temperatura, pH, conductividad y sólidos suspendidos en el estero Píduco entre los años 1994 y 2001. Estación 1: camino a San Clemente, Estación 2: sector carretera; Estación 3: puente 4 Oriente; Estación 4: puente 2 Sur; Estación 5: desembocadura.

En cuanto a la carga orgánica, Van Houtte (2001) indica que los niveles de DBO son "muy altos" (no entrega valores), sin embargo, el cuerpo de agua no presenta problemas de anoxia. Mediciones efectuadas por Farías y Morales (2001) muestran concentraciones altas de oxígeno a lo largo de todo el curso del sistema fluvial, variando de 8,0 a 10,7 mg/l, sin una reducción significativa en la zona urbana. En este sentido, uno de los aspectos relevantes a determinar a futuro son los niveles de nutrientes, carga orgánica y eventuales focos de eutroficación en el río.

Según Van Houtte (2001), los metales pesados tales como cobre, zinc, plomo, níquel y mercurio superan las normas de calidad para agua de riego en la cuenca del río Claro, sin embargo, el autor no indica concentraciones. Algunos de estos metales fueron estudiados por Farías y Morales (2001) en el Piduco, encontrando una importante variación estacional de sus concentraciones, con tendencia al incremento en la época de mínimo caudal (Tabla II). Los análisis existentes para cromo (Tapia, 1997) muestran igualmente altas concentraciones en el agua, sedimentos y biota acuática (microalgas de fondo o fitobentos) (Tabla III). Para la mayor parte de estos metales, el agua del Piduco es de mala calidad (Clase 4, según el Instructivo Presidencial).

Los datos referidos a la contaminación microbiológica muestran altas concentraciones de bacterias fecales en 1985 (Rebolledo, 1987) y una tendencia a la reducción en el 2001 (Farías y Morales, 2001; Tabla IV). Aun así, la calidad microbiológica del agua califica como regular o mala (Clase 4).

En cuanto a la contaminación por pesticidas, Brown y Saldivia (2000) indican que el grado de aplicación en las áreas de riego de la VII Región es indiscriminado, con riesgo para la salud de las personas y sin un adecuado control. Un estudio del estado de contaminación de los suelos en Chile (González,

2000) determinó que, en los suelos aluviales de los valles Teno, Lontué y Maule, la ocurrencia de pesticidas organoclorados alcanzó un 71%, estando el 80% de las muestras contaminadas con dos residuos, normalmente Dieldrín y pp-DDE.

## DISCUSION

De acuerdo a los antecedentes existentes, las principales fuentes (actuales y pasadas) de contaminación del estero Piduco corresponden a la agricultura, aguas servidas y efluentes industriales. Los principales contaminantes son los metales pesados, coliformes fecales y sólidos en suspensión.

La procedencia de los metales pesados puede estar asociada a descargas industriales, ya que son mencionados en el catastro nacional como carga contaminante característica de los riles de la VII Región (SISS, 1999). La actividad industrial general del área está dirigida fundamentalmente al aprovechamiento de los productos agrícolas, a la industria de alimentos y bebidas, elaboración de curtidos de cueros y la industria de la madera y sus derivados. Los metales pesados podrían provenir también del arrastre de suelo (erosión), lo cual parece ser importante en la cuenca, tal como lo evidencia la elevada carga de sólidos en todo el curso del sistema fluvial. Las altas concentraciones de metales pesados en los sedimentos se explicarían debido al pH básico de las aguas, lo que hace precipitar la mayoría de los metales a la forma de hidróxidos (Farías y Morales, 2001).

El cromo se encuentra naturalmente en bajas concentraciones en las aguas superficiales, sin embargo, diversos procesos industriales como las curtiembres, de las cuales las principales se encuentran en la VII Región, lo incluyen y eliminan a través de sus riles (Tapia, 1997). De acuerdo a los resultados obtenidos por este autor, el estero Piduco

presenta mala calidad del agua para este parámetro (Clase 4). De todas los ríos estudiados por Tapia (1997), los que incluyeron el río Claro y el río Maule hasta su desembocadura, las estaciones de mayor concentración de cromo fueron las ubicadas en el estero Piduco. En ellas, particularmente en la zona cercana a la desembocadura, el mayor aporte de cromo está constituido por el cromo hexavalente, el cual tiene efectos acumulativos. Al igual que en los otros metales, la alta concentración de cromo en los sedimentos se debería al pH básico del agua, el cual permitiría el paso de Cr(III) a Cr(OH)<sub>3</sub>, el que es poco soluble (Tapia, 1997). Respecto del contenido de cromo en el fitobentos, Basualto y Tapia (1997) discuten que tanto el cromo como el manganeso, zinc y cobre no sólo estarían siendo incorporados desde el agua, sino que constituirían parte de la matriz natural de las algas.

Otro problema significativo en las aguas del estero Piduco es la contaminación microbiológica. Aun cuando los niveles de colimetría fecal han disminuido notoriamente entre 1985 (Rebolledo, 1987) y 2001 (Farías y Morales, 2001), se mantienen altas concentraciones de coliformes fecales, equivalentes a una calidad regular o mala de las aguas (Clase 3 y 4 según el Instructivo Presidencial). La reducción de la colimetría entre los años 1985 y 2001 se asocia a la elimi-

nación de las descargas de aguas servidas realizada entre 1992 y 1993 (ESSAM, 1993). Sin embargo, la alta colimetría actual del Piduco en su recorrido por la ciudad de Talca (puente 4 Oriente y 2 Sur) indica la persistencia de fuentes no identificadas o ilegales. También destacan en la data bacteriológica las altas concentraciones existentes desde el origen del sistema fluvial, las cuales se asocian con la actividad y vida rural.

La eliminación de los aportes de alcantarillados directos al río también explica los cambios detectados en los parámetros pH y conductividad entre los años 1993 y 2001. Sin embargo, el cambio más notorio en ese período de tiempo corresponde al incremento en la carga de sólidos en suspensión, el cual evidencia un efecto asociado al uso del suelo de la cuenca hidrográfica, más que al tramo urbano del río. Los datos muestran que la carga de sólidos se asocia a los orígenes del Piduco, por lo que con una alta probabilidad ésta se relacionan con un incremento de la erosión de la cuenca.

De acuerdo a estos antecedentes, las medidas de restauración de la calidad del sistema fluvial Piduco no sólo deberían estar destinadas a identificar y eliminar posibles fuentes ilegales de contaminación fecal y química, sino que además deberían propender a establecer prácticas que mitiguen la erosión en la cuenca.

Tabla II. Concentración de metales pesados (mg/l) en el estero Piduco en septiembre del 2000 y enero del 2001 (Fuente: Farías y Morales, 2001). Se indican las clases de calidad establecidas en el Instructivo Presidencial.

Estaciones	Cadmio		Cobre		Hierro		Manganeso		Níquel		Plomo		Zinc	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Esterio Piduco en Alto las Cruces (camino a San Clemente)	<6,4	149,8	29,3	89,3	<12,0	11.157,9	231,5	423,8	<12,6	72,2	<2,0	41,6	<2,6	77,5
	<6,4	148,0	2,2	56,5	<12,0	8.627,9	<5,8	333,3	<12,6	63,7	<2,0	110,5	<2,6	<2,6
Esterio Piduco en sector carretera sur (Puente Piduco)	<6,4	131,9	17,8	38,9	<12,0	19.0197,9	<5,8	262,9	<12,6	90,2	<2,0	25,2	309,8	<2,6
	<6,4	99,4	9,3	69,5	<12,0	8.689,1	<5,8	295,3	<12,6	84,3	<2,0	42,9	483,0	<2,6
Esterio Piduco próximo a la desembocadura.	<6,4	54,7	9,3	27,5	<12,0	7.992,2	<5,8	267,4	<12,6	109,7	<2,0	47,9	448,4	33,4
	<6,4	54,7	9,3	27,5	<12,0	7.992,2	<5,8	267,4	<12,6	109,7	<2,0	47,9	448,4	33,4
Clases de Calidad según el Instructivo Presidencial														
Clase E (excepción)	<1,8		<7,2		<800		<40		<42		<2		<96	
Clase 1 (muy buena)	2		9		1.000		50		52		2,5		120	
Clase 2 (buena)	10		200		5.000		200		200		200		1.000	
Clase 3 (regular)	10		1.000		5.000		200		200		5.000		5.000	
Clase 4 (mala calidad)	>10		>1.000		>5.000		>200		>200		>5.000		>5.000	

Tabla III. Concentración de cromo total (promedio  $\pm$  desviación estándar) en aguas, sedimentos y biota del estero Piduco (Fuente: Tapia, 1997). Se indican las clases de calidad establecidas en el Instructivo Presidencial.

Estación	Agua ( $\mu\text{g/l}$ )		Sedimentos ( $\mu\text{g/g}$ )		Biota (Fitobentos) ( $\mu\text{g/g}$ )	
	Julio 1994	Septiembre 1995	Julio 1994	Septiembre 1995	Julio 1994	Septiembre 1995
Estero Piduco en sector carretera sur	6,6 $\pm$ 2,7	4,2 $\pm$ 0,9	11,0 $\pm$ 2,5	21,2 $\pm$ 3,3	sd	sd
Estero Piduco en centro Talca	62,6 $\pm$ 3,4	104,2 $\pm$ 5,6	34,5 $\pm$ 4,0	28,4 $\pm$ 2,9	28,0 $\pm$ 5,9	48,7 $\pm$ 2,8
Estero Piduco próximo a la desembocadura	138,4 $\pm$ 1,2	268,8 $\pm$ 4,5	207,9 $\pm$ 8,9	112,9 $\pm$ 16,7	230,0 $\pm$ 18,9	463,7 $\pm$ 21,0
Clases de Calidad según el Instructivo Presidencial						
Clase E (excepción)	<8		-		-	
Clase 1 (muy buena)	10		-		-	
Clase 2 (buena)	100		-		-	
Clase 3 (regular)	100		-		-	
Clase 4 (mala calidad)	>100		-		-	

sd: sin datos

- : no normado

TABLA IV. Antecedentes microbiológicos del estero Piduco para el año 1985 (Rebolledo, 1987) y 2001 (Fariás y Morales, 2001). El número de estaciones de muestreo señaladas por Rebolledo (1987) se relacionan de manera aproximada a las de Fariás y Morales (2001), ya que el primer autor no indica su ubicación exacta. Se indican las clases de calidad establecidas en el Instructivo Presidencial.

Estaciones	Coliformes fecales (NMP/100ml) 1985	Coliformes fecales (NMP/100ml) 2001	Coliformes totales (NMP/100ml) 1985	Estreptococos fecales (NMP/100ml) 1985
1	11.000	sd	32.958	26.800
2 (1) Estero Piduco en Alto las Cruces	9.936	7.000	53.647	28.541
3	39.570	sd	598.309	72.785
4 (2) Estero Piduco en sector carretera sur	792.331	3.000	207.640	45.072
5	701.775	sd	1.017.013	52.028
6	1.440.570	sd	4.504.827	79.450
7 (3) Estero Piduco Puente 4 Oriente	3.631.000	27.000	6.663.000	206.595
8	40.946.400	sd	40.946.400	948.542
9 (4) Estero Piduco Puente 2 Sur	137.823.500	30.000	137.823.500	899.014
10	162.757	sd	723.237	175.624
11	2.160	sd	4.905	1.848
12 (5) Estero Piduco próximo a la desembocadura	52.326	5.000	138.256	7.209
Clases de Calidad según el Instructivo Presidencial				
Clase E (excepción)	<10		<200	-
Clase 1 (muy buena)	1.000		2.000	-
Clase 2 (buena)	2.000		5.000	-
Clase 3 (regular)	5.000		10.000	-
Clase 4 (mala calidad)	>5.000		>10.000	-

sd: sin datos

- : no normado

## BIBLIOGRAFIA

- BASUALTO, S. y TAPIA, J. (2000) Fitobentos como bioindicador de metales pesados. *Bol. Soc. Chil. Quim.* 42: 371-377.
- BROWN y SALDIVIA (2000) Informe nacional sobre la gestión del agua en Chile. <http://www.unesco.org.uy/phi/vision2025/Chile.pdf>.
- CALLOW, P. & PETTS, G. (eds) (1994) *The river handbook: hydrological and ecological principles.* (II) Blackwell Science, Oxford United Kingdom, 523 pp.
- ESSAM (1993). Memoria Anual. Descripción de las principales obras de agua potable y de red de alcantarillado, pp. 20-21.
- FARIAS, A. y MORALES, M. (2001) Evaluación de la calidad de las aguas del estero Piduco y canal Baeza (VII Región, Chile) y sus potenciales efectos sobre la salud humana. Tesis grado Licenciado en Tecnología Médica. Universidad de Talca. 122 pp.
- GONZALEZ, S. (2000) Estado de la contaminación de los suelos en Chile. Estación Experimental la Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <http://lauca.usach.cl/ima/cap11.htm#inicio>
- MINVU, INTENDENCIA, GOBIERNO REGIONAL VII REGION, I. MUNICIPALIDAD DE TALCA (1999) Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano de la ciudad de Talca. Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte. 43 pp.
- PARRA, O. (1996) El río Bío-Bío. Cuadernos del Bío-Bío N° 5: 1-83.
- REBOLLEDO, J. (1987) El impacto de la expansión de la ciudad de Talca en el medio ambiente natural, 1900-1984. *Rev. Geográfica de Chile, Terra Australis*, 30: 95-123.
- SISS (1999) Diagnóstico de los residuos industriales líquidos en Chile. Superintendencia de Servicios Sanitarios, División de Estudios y Normas. 22 pp.
- TAPIA, J. (1997) Evaluación de la contaminación por cromo en un sistema fluvial de Chile central: una propuesta para la disminución en su origen. Tesis Doctor en Ciencias Ambientales. Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción. 136 p.
- VAN HOUTTE, F. (2001) Sistemas de información a la medida para el manejo integrado del agua. El caso de la cuenca del río Claro. [http://www.agraria.cl/articulos/rio\\_claro.html](http://www.agraria.cl/articulos/rio_claro.html)

## UBICACION CONFIABLE OPTIMA DE RECURSOS EN UNA RED DE DISTRIBUCION ELECTRICA

### OPTIMAL RELIABLE RESOURCES PLACEMENT IN AN ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORK

**RICARDO BAEZA G., JOSÉ RODRÍGUEZ P. Y JUAN L. HERNÁNDEZ S.**

Departamento de Electrónica, U.T.F.S.M., Casilla 110-V, Valparaíso, Chile. E-mail: jhs@elo.utfsm.cl

#### RESUMEN

Dentro del marco de la desregulación eléctrica, las empresas de distribución deben invertir nuevos recursos que mejoren el servicio a los clientes, para aumentar las ventas de energía, mantener un suministro confiable que cumpla con las normativas vigentes y evitar multas y compensaciones. En este trabajo se presenta un método y técnicas para determinar los puntos donde conviene ubicar nuevos recursos para óptimo mejoramientos de la confiabilidad en un sistema de distribución eléctrica. Se plantea el método para alimentadores radiales y se le ilustra con un ejemplo.

**PALABRAS CLAVES:** Red distribución eléctrica, confiabilidad eléctrica, óptima ubicación de recursos.

#### ABSTRACT

Within the framework of electrical deregulation, the distribution utilities must invest new resources to improve their provided services and increase energy sales, to maintain a reliable supply according with present regulations and avoiding penalties and compensations. In this paper, a method and techniques are presented to determine, in an electrical distribution system, the points in which to allocate or place new resources for optimal improvements in system reliability. The method is expounded for radial feeders, and it is illustrated with and example.

**KEYWORDS:** Electric distribution network, electric reliability, optimal resource placement.

Recibido: 27/10/2003 Aceptado: 29/12/2003

#### INTRODUCCION

Dentro del marco de la desregulación del mercado eléctrico, las empresas eléctricas deben cumplir normativas legales que exigen mantenibilidad y calidad del suministro y que imponen fuertes multas y compensaciones en caso de incumplimiento de dichas normas, medidas por ciertos índices. En el caso de Chile basta citar aquí DORC (1998) y CNE (1998), como normativas.

Dos de estos índices son la confiabilidad y la disponibilidad del servicio y, para asegurar o mejorar esos índices, las empresas deben efectuar nuevas inversiones, las que además deben ser recuperadas por mayores ventas del producto.

En este trabajo se presenta un método para ubicar en forma óptima nuevos recursos que aseguren mejor confiabilidad global, o un incremento de ella, en sistemas de distribución eléctrica, radial, o que puede re-

ducirse a radial por adecuada operación de interruptores y seccionadores (Baeza, 2001).

La confiabilidad general y la de sistemas eléctricos de generación y transmisión han sido muy estudiadas en la literatura (Ramakumar, 1993; Billington, 1991; Billington and Allan, 1997). Pero la confiabilidad de sistemas de distribución lo ha sido menos, y es lo que interesa aquí. Además de lo económico y legal, se deben considerar, como de base, aspectos técnicos de supervisión, instrumentación (Cluley, 1995), adquisición de datos y control automático (ANSI-IEEE, 1987), y de comunicación por portadora (ABB, 1995), o de otro tipo.

En la secciones 2 y 3 se presentan conceptos de confiabilidad requeridos en el trabajo. Los índices de confiabilidad más útiles son presentados en la sección 4. En la sección 5 se propone una metodología para la ubicación óptima de recursos en una red radial, la que es ilustrada con un ejemplo en la sección 6. En la sección 7 se plantean algunas conclusiones.

## GENERALIDADES DE CONFIABILIDAD DE SISTEMAS

La principal función de un sistema eléctrico es abastecer a los usuarios de energía eléctrica, tan económica y confiablemente como sea posible, y cumpliendo con las normativas vigentes. En este trabajo interesa sólo lo relativo a sistemas de distribución eléctrica. Fallas aleatorias y desconexiones, fortuitas o programadas, interrumpen el suministro y afectan la confiabilidad. La probabilidad de que el cliente no tenga servicio puede reducirse aumentando la inversión ya sea durante la planificación o la operación, o ambas. Sin embargo, hay que evitar sobreinversiones que hagan muy confiable el sistema pero con excesivos costos de equipos y de operación.

La confiabilidad puede ser evaluada con técnicas analíticas o con simulaciones estocás-

ticas (Montecarlo). En el método analítico, usado a continuación, se consideran procesos aleatorios con densidades binomial y de Poisson. En esta última se considera el número de eventos que ocurren en un período de tiempo dado.

Se resumen a continuación las funciones de confiabilidad más usadas.

Si se considera una población de  $N$  elementos con una misma distribución temporal de fallas, y una variable aleatoria  $n(t)$  que represente el número de sobrevivientes en el tiempo  $t$ , con distribución binomial, se definen

$$R(t) = n(t)/N; Q(t) = 1-R(t) \quad (1)$$

donde  $R(t)$  es la confiabilidad (sobrevivencia) y  $Q(t)$  es la desconfiabilidad (distribución acumulada de fallas).

La densidad de fallas,  $f(t)$ , se define como

$$f(t) = dQ(t)/dt = - dR(t)/dt = - 1/N dn(t)/dt \quad (2)$$

$R$ ,  $Q$  y  $n$  se calculan de  $f(t)$  por las correspondientes integrales. En casos discretos se emplean diferencias y sumatorias.

La tasa (de transición) de fallas,  $l(t)$ , es definida como (número de fallas en un período dado / número de componentes expuestos a la falla). Se definen, en forma similar, tasas (de transición) de reparaciones, o de reestablecimiento de servicio, y otros. Si se designa como  $t$  el "tiempo para la falla", o de operación sin fallas, rigen (Baeza, 2001),

$$\lambda(t) = Nf(t)/n(t) = f(t)/R(t) \quad (3)$$

Si se asume  $\lambda(t) = \lambda$ , constante, se tiene, con  $R(0) = 1$ ;

$$R(t) = \exp(-\lambda t); f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (4)$$

Estas funciones de confiabilidad son uti-

lizadas en la definición de índices de confiabilidad que se discuten más adelante.

### CONFIABILIDAD GLOBAL

Para estudios de confiabilidad equivalente, o global, un sistema de distribución eléctrica puede ser considerado como un conjunto de componentes interconectados, como se ilustra en la Fig. 1.

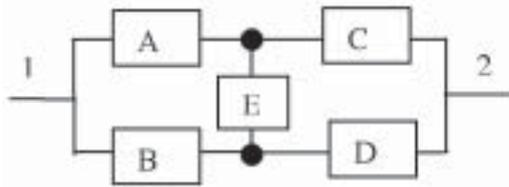


FIGURA 1. Red puente.

En la Figura 1, los bloques representan, unilínealmente, líneas de distribución eléctrica, interconectadas vía interruptores y seccionadores, que abren si hay fallas en sus áreas dependientes, o son abiertos para mantenimiento. Se supone que esos elementos tienen confiabilidad completa. Así, se supone que sólo ocurren fallas en los alimentadores troncales y en los arranques, o líneas transversales.

Si en Figura 1 fallan los elementos B, E y D, el punto 2 es alimentado desde 1 sólo a través de A y C en serie, o cascada. Para mantener el servicio, tanto A como C deben estar conectados, y, por ende, la confiabilidad global,  $R(t)$ , es igual al producto de las confiabilidades de los componentes en cascada, o en general

$$R(t) = \prod_i^n R_i(t) \tag{4}$$

donde  $R_i(t)$  es la confiabilidad del  $i$ -ésimo elemento.

Si en Fig. 1, C, D y E están operativos, A y B quedan “en paralelo” y el servicio entre 1 y 2 se interrumpe sólo si ambos fallan. Así, en general, para componentes paralelos:

$$Q(t) = \prod_{i=1}^n Q_i(t) \tag{5}$$

donde  $Q_i(t)$  y  $Q(t)$  son las desconfiabilidades  $i$ -ésima y global, respectivamente.

En el caso puente de la Fig. 1 los componentes A, B, C, D y E no están ni en serie ni en paralelo. Hay varios métodos aplicables a casos como éste o más complejos, como reducción, probabilidad condicionada, conjuntos de corte y otros. En el método de probabilidad condicionada se tiene para el sistema S y una componente X:

$$P(s) = P(S / X)P(X) + P(S / \bar{X})P(\bar{X}) \tag{6}$$

donde X indica que X opera, que no opera, / denota condición y P es la probabilidad de interés. Si, por ejemplo, en Fig. 1 se adopta E como X se tiene: E siempre opera, queda (A en paralelo con B) en cascada con (C en paralelo con D); si E siempre falla, queda (A en cascada con C) en paralelo con (B en cascada con D). En estos dos subcasos se pueden, por ende, aplicar (4) y (5).

En el método de los conjuntos de corte mínimo se considera el conjunto más pequeño de componentes que cuando todos fallan causan la falla del sistema. En la Fig. 1 hay cuatro conjuntos de cortes mínimos  $\{C_1, C_2, C_3, C_4\} = \{(AB), (CD), (AED), (BEC)\}$ . La desconfiabilidad del sistema es dada por

$$Q = P(C_1 \cup C_2 \cup C_3 \cup C_4) \tag{7}$$

donde P es probabilidad y  $\cup$  denota unión. Esta probabilidad es igual a la suma de las probabilidades de  $(C_1, C_2, C_3$  y  $C_4)$  de a uno, menos las de intersecciones de pares, más

las intersecciones de tríos y más la de la intersección del cuarteto. Usualmente  $Q$  se aproxima, en cota superior, por la suma de las probabilidades absolutas de  $C_1, C_2, C_3$  y  $C_4$ , o sea,  $Q = \sum_{R=1}^4 P(C_k)$ .

## INDICES DE CONFIABILIDAD

Los índices o parámetros de confiabilidad utilizados en redes eléctricas pretenden cuantificar la calidad de servicio en los puntos de consumo, y a veces para el sistema global. Algunos índices son: tasa de falla ( $\lambda$ ), número de veces que se interrumpe el servicio, por unidad de tiempo; su recíproco es el tiempo promedio entre fallas; tiempo de reposición ( $r$ ) es el tiempo promedio que dura una falla; energía no suministrada; carga (clientes) promedio desconectada; tiempo de desconexión esperado. Las unidades de tiempo son horas o años, según sea conveniente. A veces se usan valores por kilómetro de línea.

En general, se usan valores históricos del sistema, o de la experiencia publicada de otras redes similares.

El tiempo de restablecimiento del servicio depende del tipo de fallas y de los equipos que intervienen. Se definen los siguientes tiempos:  $T_c$ , para el conocimiento de la falla;  $T_p$ , de preparación;  $T_l$ , de localización de la falla;  $T_m$ , de maniobra para la transferencia a otro troncal;  $T_r$ , de reparación o cambio de equipos;  $T_v$ , de maniobra para restablecer la configuración normal de operación.

Los estados de un tramo de alimentador  $i$ , frente a fallas en otro tramo  $j$ , son:  $N$ , normal, si  $i$  no es afectado;  $R$ , restablecible, si  $i$  puede recuperar servicio antes de que se recupere  $j$ , aislando éste;  $T$ , transferible, si  $i$  puede ser conectado a otra fuente, antes de recuperar  $j$ ;  $I$ , irrestablecible, si para  $i$  no rige ninguna de las posibilidades anteriores.

La cantidad de interrupciones que se de-

ben contabilizar depende del estado del elemento y de los efectos de fallas en otros, y, generalmente, se usan los siguientes valores:  $N: 0$ ;  $R: \lambda$ ;  $T: 2\lambda$ ;  $I: \lambda$ . El elemento transferible tiene  $2\lambda$  porque luego de reparar el elemento fallado se debe volver a la configuración inicial, con duración  $T_v$ .

El tiempo de interrupción,  $r$ , para los diversos estados  $N, R, t, I$ , es, respectivamente:

$$0; T_c+T_p+T_l; T_c+T_l+T_t+T_v; T_c+T_l+T_p+T_r$$

## METODOLOGIA PROPUESTA PARA UBICACION OPTIMA DE RECURSOS

### General

Un objetivo que se plantean las empresas de distribución eléctrica es el de disminuir la energía no suministrada a los clientes, para aumentar las ventas, cumplir con las normativas vigentes y evitar multas y compensación. En este trabajo, por brevedad y simplicidad se consideran alimentadores radiales alimentados desde una subestación, o de más subestaciones pero con interruptores y seccionadores abiertos en lo tratado aquí.

Un cambio en la probabilidad de suministro de energía y un cambio en el tiempo total de interrupción del servicio son problemas matemáticos análogos, y los análisis se realizan para un elemento de la red a la vez. La ubicación óptima de recursos se plantea como un problema de optimización lineal, con restricciones.

### Metodología propuesta

- 1) Obtener los parámetros de confiabilidad ( $\lambda, r$ ) de cada componente de la red, con datos históricos, o similares de otras redes, o con ecuaciones pertinentes.
- 2) Determinar la matriz de estados para la

topología de operación considerada en la red.

- 3) De acuerdo con los estados definidos en la matriz de estados, evaluar los índices  $(\lambda, r, u)$  para cada usuario.
- 4) Para el punto de conexión del cliente que se desea analizar, proceder a definir el nivel de variación de indisponibilidad de servicio,  $D_u$ .
- 5) Determinar los costos unitarios por cambios en  $\lambda$  y  $r$ .
- 6) Reevaluar los índices de confiabilidad, considerando las modificaciones logradas por la solución del problema de optimización.

### Detalles a considerar

- a) Describir la topología de la red, señalando los diferentes tramos y arranques (ramales) del alimentador, con los equipos de seccionalización. Cada elemento debe ser caracterizado por sus parámetros de frecuencia y duración de fallas.
- b) Preparar una matriz  $n \times n$ , donde  $n$  es el número de elementos del modelo.
- c) Para un elemento  $i$  simular o asumir, una falla.
- d) Para el resto de los elementos,  $j$ , analizar los efectos de la protección y seccionalización asociados al elemento  $i$ , y reconocerlos como estados  $N, R, T$  o  $I$ , según se explicó en la sección 4.
- e) Calcular los índices de frecuencia y duración de fallas para cada uno de los elementos del sistema.
- f) Calcular los índices asociados a clientes y al sistema general, según interese.

### Evaluación de estados

Para redes radiales, y con tasa  $\lambda$  exponencial, se tiene que:

$$\lambda = \sum_j \lambda_j; u_j = \lambda_j r_j; u = \sum_j u_j; r = u \lambda \quad (8)$$

donde:  $\lambda_i$ , tasa de falla del elemento  $i$ ;  $r_i$ , tiempo de reparación de  $i$ ;  $u_i$ , indisponibilidad de  $i$ ;  $\lambda, r, u$ , correspondientes valores para el sistema serie. Se adoptan valores en por hora y año.

Las fallas de otros elementos  $k$  afectan al elemento  $i$  como sigue:

$$\lambda_{ig} = \sum_{k=1}^m \lambda_i^k; u_i^k = \lambda_i^k r_k; u_{ig} = \sum_{k=1}^m u_i^k \quad (9)$$

donde:  $\lambda_{ig}$ , tasa de falla total del elemento  $i$ ;  $\lambda_i^k$ , tasa de interrupciones de  $i$ , debido a falla en  $k$ ;  $u_i^k$ , indisponibilidad de  $i$  debido a falla en  $k$ ;  $u_{ig}$ , indisponibilidad de  $i$  debido a fallas en todos los  $k$ ;  $r_k$ , tiempo de interrupción, o de reparación de  $k$ ;  $m$ , cantidad de elementos del modelo.

### Planteamiento del problema

Se considera la variación de probabilidad de que un punto de carga cualquiera tenga suministro de energía. Se consideran componentes en serie que afectan la continuidad de servicio en dicho punto, lo que se aprecia en la matriz de estados. De acuerdo con la teoría de Markov, la probabilidad de que un punto cualquiera tenga energía es  $(t \text{ entre fallas}) / (t \text{ entre fallas} + t \text{ reparación})$  y, por tanto,  $\mu / (\lambda + \mu)$ , donde  $\lambda$  y  $\mu$  son las tasas de falla y reparación, respectivamente. Si se introducen en esta expresión las (8) y (9) pertinentes, se obtiene

$$P_i = \frac{1}{\sum_j \lambda_j r_j + 1} \quad (10)$$

donde:  $P_i$ , probabilidad de obtener energía en el punto  $i$ , en estado permanente;  $\sum$  es la sumatoria  $\sum_{j=1}^m$ , siendo  $m$  el número de componentes que afectan.

La variación de  $P_i$  con cambios en los  $\lambda_j$  y  $r_j$  se puede expresar por la “regla de la cadena”

$$\Delta P_{i,j} = C_1^j \Delta \lambda_j + C_2^j \Delta r_j \quad (11)$$

$$C_1^j = \frac{\partial P_i}{\partial \lambda_j} = \frac{-r_j}{C}; C_2^j = \frac{-\lambda_j}{C}; C = \left[ \sum_k \lambda_k r_k + 1 \right]^2 \quad (12)$$

Si el análisis se realiza en pequeños incrementos en torno a un punto de operación, los valores de  $\lambda_k$  y  $r_k$ , de todos los elementos, son cuasi constantes y  $C$  de (12) es aproximadamente constante. Así, sumando (11) sobre todos los elementos, y considerando (12) se obtiene la variación total

$$\Delta P_o = \frac{-1}{C} \sum_j (\lambda_j \Delta r_j + r_j \Delta \lambda_j) \quad (13)$$

Se deduce de (13) que para que la probabilidad de suministro mejore los incrementos en la tasa de falla o en la tasa de reparación, o ambos, deben ser negativos, lo que es lógico.

Interesa incrementar  $\Delta P_o$ , de (13), en una cantidad razonable dada, para lo cual es necesario incurrir en costos, que deben ser mínimos. Así, el problema envuelve minimizar un funcional de costos

$$J = \sum_i (C_a \Delta \lambda_i + C_b \Delta r_i) \quad (14)$$

sujeto a un  $DP_o$  dado, en (13), y

$$\lambda_m \leq \lambda_i \leq \lambda_M; r_m \leq r_i \leq r_M \quad (14)$$

Aquí:  $C_a$  y  $C_b$ , costos unitarios de inversión requeridos para disminuir  $\lambda_i$  y  $r_i$ , respectivamente;  $\lambda_m$ ,  $r_m$ , valores de cota mínima;  $\lambda_M$ ,  $r_M$ , valores de cota máxima.

También se puede plantear, en forma similar, el problema de un cambio en la indisponibilidad de energía  $u_j$ . Minimizar el funcional  $J$ , dado en (14), sujeto a (13), con

$$C = -1 \quad (15)$$

y a las cotas indicadas.

Este problema tiene mayor sentido físico. Un problema de optimización reducido es planteado como antes pero con  $\Delta \lambda = 0$ , ya que es difícil intervenir en la tasa de fallas.

### EJEMPLO DE APLICACION

En esta sección se aplica la metodología propuesta al caso de alimentador mostrado en la Figura 2, que consta de los tramos  $T_1$  a  $T_6$ , un arranque que da dos tramos,  $T_7$  y  $T_8$ , y un arranque  $T_9$ .

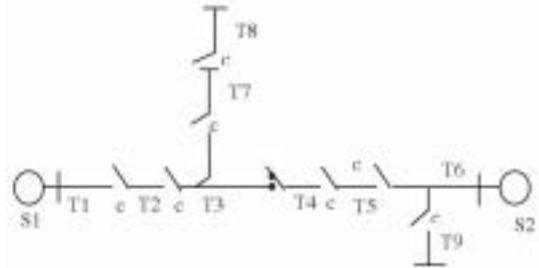


FIGURA 2. Alimentador radial con alternativa de alimentación 2.

Los tramos  $T_1$  a  $T_9$  tienen, respectivamente, las siguientes longitudes en kilómetros: 2; 3; 5; 4; 3; 2; 3; 4; 2.

El sistema es alimentado desde dos subestaciones,  $S_1$  y  $S_2$ , con los seis desconectores normalmente cerrados. Pero el desconector A está normalmente abierto, de modo que en operación habitual el sistema consta de dos partes radiales. No se indica interruptores o fusibles, transformadores, por simplicidad.

Se realizará el análisis de optimización para el arranque  $T_8$ , conectado al tramo  $T_3$ , suponiendo  $\lambda = 0$  para los elementos de protección,  $\lambda = 0,06$  fallas/año/km para los tra-

mos, y con los siguientes tiempos en horas:  $T_r$ , 1.5;  $T_p$ , 0.2;  $T_l$ , 0.3;  $T_c$ , 0.3;  $T_v$ , 0.3;  $T_e$ , 0.1.

La matriz de estados es mostrada en la Tabla 1, donde los estados I, N, R y T tienen los significados indicados en los dos penúltimos párrafos de la sección 4.

Tabla 1. Matriz de estados.

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>
T <sub>1</sub>	I	T	T	N	N	N	T	T	N
T <sub>2</sub>	R	I	T	N	N	N	T	T	N
T <sub>3</sub>	R	R	I	N	N	N	I	I	N
T <sub>4</sub>	N	N	N	I	R	R	N	N	N
T <sub>5</sub>	N	N	N	T	I	R	N	N	I
T <sub>6</sub>	N	N	N	T	T	I	N	N	T
T <sub>7</sub>	N	N	N	N	N	N	I	I	N
T <sub>8</sub>	N	N	N	N	N	N	R	I	N
T <sub>9</sub>	N	N	N	N	N	N	N	N	I

En base a los valores de tasa de falla/km, las longitudes de los tramos y los efectos de fallas en otros, indicados en el penúltimo párrafo de la Sección 4, se calculan las tasas de falla indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Tasas de falla.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	0,12	0,12	0,12	0	0	0	0,12	0,12	0
T2	0,18	0,18	0,36	0	0	0	0,36	0,36	0
T3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0,3	0,3	0
T4	0	0	0	0,24	0,24	0,24	0	0	0
T5	0	0	0	0,36	0,18	0,18	0	0	0
T6	0	0	0	0,24	0,24	0,12	0	0	0,24
T7	0	0	0	0	0	0	0,18	0,18	0
T8	0	0	0	0	0	0	0,24	0,24	0
T9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12
Total	0,6	0,6	0,78	0,84	0,66	0,54	1,2	1,2	0,36

Los tiempos de interrupción calculados con la Tabla 2 y los valores asumidos de  $T_r$  a  $T_c$ , dados antes, son indicados en la Tabla 3.

Tabla 3. Tiempos de interrupción.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	2,4	1,3	1,3	0	0	0	1,3	1,3	0
T2	0,6	2,4	1,3	0	0	0	1,3	1,3	0
T3	0,6	0,6	2,1	0	0	0	2,1	2,1	0
T4	0	0	0	2,1	0,6	0,6	0	0	0
T5	0	0	0	1,3	2,4	0,6	0	0	2,1
T6	0	0	0	1,3	1,3	2,4	0	0	1,3
T7	0	0	0	0	0	0	2,1	2,1	0
T8	0	0	0	0	0	0	0,6	2,1	0
T9	0	0	0	0	0	0	0	0,6	2,1

Las indisponibilidades de servicio se calculan de (8),  $u=\lambda r$ , y aparecen en la Tabla 4.

Tabla 4. Indisponibilidades de Servicio.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	0,288	0,156	0,156	0	0	0	0,156	0,156	0
T2	0,108	0,432	0,468	0	0	0	0,468	0,468	0
T3	0,18	0,18	0,63	0	0	0	0,63	0,63	0
T4	0	0	0	0,504	0,144	0,144	0	0	0
T5	0	0	0	0,468	0,432	0,108	0	0	0
T6	0	0	0	0,312	0,312	0,288	0	0	0,312
T7	0	0	0	0	0	0	0,378	0,378	0
T8	0	0	0	0	0	0	0,144	0,504	0
T9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,252
Total	0,576	0,768	1,254	1,284	0,888	0,54	0,1776	2,136	0,564

Los índices de confiabilidad resultantes son resumidos en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de índices de confiabilidad.

Tramos	$\lambda$ falla/año	R (hrs)	U (hrs/año)
T1	0,6	0,96	0,576
T2	0,6	1,28	0,768
T3	0,78	1,61	1,254
T4	0,84	1,53	1,284
T5	0,66	1,35	0,888
T6	0,54	1,00	0,54
T7	1,2	1,48	1,776
T8	1,2	1,78	2,136
T9	0,36	1,57	0,564

Así, para el tramo  $T_8$ , de interés en este ejemplo, se tiene:  $\lambda=1,2$  fallas/año;  $u=2,136$  horas/año;  $r=1,78$  horas/falla.

Se pretende como objetivo el disminuir la indisponibilidad del tramo  $T_8$  en 15%, para lo cual se plantea la ecuación de minimización (14), con sumatoria de  $i=1$  a 9, por los nueve tramos existentes, con restricciones (13),  $j=1$  a 9, y cotas mínimas y máximas (15) para los  $\lambda_i$  y  $r_i$ ,  $i=1$  a 9.

Dada la experiencia práctica del mantenimiento efectuado y la atención de fallas, es más factible disminuir los tiempos ( $r_i$ ) de restablecimiento del suministro, aumentando el personal de terreno o automatizando remotamente los dispositivos que permiten la transferencia de carga.

Así, este problema se reduce a considerar el restablecimiento del servicio en los tramos  $T_1, T_2, T_3, T_7$  y  $T_8$ , que son los que afectan la indisponibilidad y sujeta a la restricción y  $\Delta u = \sum \lambda_k \Delta r_k$  y  $0 \leq r_k \leq r_{k \max}$ , en esos mismos tramos, ya que  $\Delta \lambda_k=0$ , para todo  $k$ .

En (14), dado que  $\sum \lambda_k=0$ , interesan sólo los costos  $C_b$  para esos cinco tramos, que son asumidos, en dólares, como:  $T_1, 100$ ;  $T_2, 80$ ;  $T_3, 120$ ;  $T_7, 70$ ;  $T_8, 90$ . Estos son costos de reposición de esos tramos, y consisten en 2 horas de cuadrilla y de horas-hombre asignadas por el despachador de la media tensión de la empresa.

Se debe, por tanto, minimizar

$$J = 100\Delta r_1 + 80\Delta r_2 + 120\Delta r_3 + 70\Delta r_7 + 90\Delta r_8$$

sujeto a

$$0,3204 = 0,12\Delta r_1 + 0,36\Delta r_2 + 0,3\Delta r_3 + 0,18\Delta r_7 + 0,24\Delta r_8$$

y

$$0 \leq \Delta r_1 \leq 1,3; 0 \leq \Delta r_2 \leq 1,3; 0 \leq \Delta r_3 \leq 2,3; 0 \leq \Delta r_7 \leq 2,1; 0 \leq \Delta r_8 \leq 2,1.$$

Este problema de programación lineal se puede resolver, por ejemplo, con la herramienta "solver" de Excel, y tiene la solución  $\Delta r_2 = 0,889$  y  $\Delta r_1 = \Delta r_3 = \Delta r_7 = \Delta r_8 = 0$ .

Esto indica que, para alcanzar la indisponibilidad deseada, se debe reducir los tiempos de indisponibilidad del trabajo  $T_2$  en 0,889 horas, o 54 minutos. Esto puede lograrse automatizando la transferencia de carga mediante un equipo comunicado con la sala de control, vía microondas o radio frecuencia.

La transferencia puede lograrse abriendo el desconector NC2 y cerrando NA, en Fig. 2.

La automatización remota es tratada en otro trabajo de los presentes autores.

En Baeza (2001) aparece un ejemplo más complicado de optimización.

## CONCLUSIONES

Se presentó en este trabajo una metodología para localizar en una red de distribución eléctrica recursos que, en forma óptima, incrementen la confiabilidad, o decrementen la indisponibilidad de energía a los usuarios, o en el sistema global. La calidad del servicio, medida con esos u otros índices, debe mejorarse para aumentar las ventas de energía, cumplir con las normativas legales y evitar multas y compensaciones. Esta metodología ha sido aplicada exitosamente en una empresa y es fácil de emplear particularmente, si se dispone de buenos datos históricos de la operación de la red. En este trabajo se la aplicó a un caso radial.

Se ha demostrado que es mucho más factible la inversión en recursos en los tiempos de restablecimiento del servicio, que en la tasa de fallas. En los puntos óptimos de inversión se plantea la automatización con desconectores operados remotamente vía un sistema de telecomunicaciones.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece el apoyo del Proyecto U.T.F.S.M 23.02.11.

## REFERENCIAS

ABB (1995) Advanced distribution line carrier systems for medium and low-voltage. Vasteras-Sweden: ABB.

ANSI-IEEE (1987) Definition, specification, and analysis of systems used for supervisory control, data acquisition, and automatic control. New York: IEEE Press.

BAEZA, G. R. (2001) Automatización remota de un sistema de distribución mediante parámetros de

confiabilidad y enlaces de microondas. Valparaíso-Chile: U.T.F.S.M.

BILLINGTON, R. and ALLAN, R. (1997) Reliability evaluation of power systems. New York: Perseus Publishers.

BILLINGTON, R. (1991) Applied reliability assessment in electrical power systems. New York: IEEE Press

CLULEY, J. C. (1995) Reliability in instrumentation and control. Boston: Butterworth-Heinemann.

RAMAKUMAR, R. (1993) Reliability engineering: Fundamentals and Application. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

DORC (1998) Reglamento de la ley general de servicios eléctricos. Santiago-Chile: Diario Oficial.

CNE (1998) Reglamento de instalaciones eléctricas de explotación de servicios eléctricos y de concesiones. Santiago-Chile: Comisión Nacional de Energía.



# EL SECUESTRO DE CARBONO EN LA AGRICULTURA Y SU IMPORTANCIA CON EL CALENTAMIENTO GLOBAL

## THE CARBON SEQUESTRATION IN AGRICULTURE AND ITS IMPORTANCE IN GLOBAL WARMING

MARCO SANDOVAL ESTRADA<sup>1</sup>, NEAL STOLPE LAU<sup>1</sup>, ERICK ZAGAL VENEGAS<sup>1</sup>,  
MARÍA MARDONES FLORES<sup>2</sup> Y JULIO JUNOD MONTANO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Avda. Vicente Méndez 595, Chillán, Chile, e-mail: masandov@udec.cl

<sup>2</sup>Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

<sup>3</sup>Departamento de Agroindustria, Facultad de Ciencias de la Salud y de los Alimentos (FACSA), Universidad del Bío-Bío, Chillán.

### RESUMEN

El futuro escenario productivo que enfrentará el sector agropecuario de acuerdos y tratados internacionales marca una clara tendencia que obliga a considerar, en forma seria, las normativas ambientales vigentes en estos tratados y acuerdos, además de su evolución en el tiempo. El sector agropecuario, como una actividad del hombre, genera impactos a los recursos suelo, agua y atmósfera. La actividad agropecuaria libera gases con efecto invernadero, cuyas consecuencias, además de las ambientales, incrementan los problemas económicos y sociales. Por esta razón el secuestro de carbono aparece como una propuesta que intenta disminuir las actuales tasas de liberación de CO<sub>2</sub>, derivado de los sistemas productivos agropecuarios dominantes a nivel mundial. El objetivo de este trabajo fue establecer la importancia que actualmente se otorga al secuestro de carbono, con relación al efecto invernadero; además de la influencia que la agricultura tiene en el secuestro y liberación del carbono orgánico del suelo y la relevancia del mismo en el pool global del ciclo del carbono. También, se entrega una visión de los distintos sistemas agrícolas propuestos (cero labranza o siembra directa y rotaciones de cultivos), que mejoran la retención del carbono orgánico en el suelo. Finalmente, se discute la cantidad de carbono que puede ser secuestrado mediante la aplicación de diferentes manejos agrónomos.

PALABRAS CLAVES: Medioambiente, carbono, agricultura, labranza, rastrojos.

### ABSTRACT

The future scenario confronting the agricultural sector will include an increase in international trade agreements that will obligate serious consideration of environmental protection. Agriculture includes activities that can impact natural resources of soil, water and also the atmosphere through the liberation of gases that may contribute to global warming with subsequent socio-economic effects. For this reason, carbon sequestration appears to be a viable mechanism to decrease the actual rate of CO<sub>2</sub> that is released resulting from current agricultural practices. The purpose of this article is to establish the importance of carbon sequestration in relation to the greenhouse effect, and to indicate the influence that agricultural activities can have on global carbon balance and cycling within the soil. Additionally, different agricultural systems (no-till and crop rotations) are evaluated with respect to their efficiency in capturing carbon in the soil.

KEYWORDS: Environment, carbon, agriculture, tillage, stubble.

Recibido: 22/04/2003 Aceptado: 29/10/2003

## INTRODUCCION

El actual y futuro escenario productivo que enfrentará el sector agropecuario de acuerdos y tratados internacionales marca una tendencia clara y gravitante que obliga a considerar, en forma seria, las normativas ambientales vigentes en estos tratados, además de su evolución en el tiempo. El sector agropecuario, como una de las tantas actividades del hombre, genera impactos al medio ambiente como erosión del suelo, contaminación del suelo y aguas, liberación de gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_x$ ) cuyas consecuencias, además de las ambientales, traen problemas económicos y sociales. Por esta razón, el secuestro de carbono aparece como una propuesta que intenta disminuir las actuales tasas de liberación de  $\text{CO}_2$ , consecuencia de los actuales sistemas productivos que predominan a nivel mundial, de ahí que el objetivo central de este trabajo es entregar un revisión de los beneficios del secuestro del carbono, como una posibilidad de mejorar los sistemas agropecuarios y hacer de éstos más sustentables y amigables con el medio ambiente.

### CALENTAMIENTO GLOBAL POR EFECTO INVERNADERO

La teoría del cambio climático por efecto del  $\text{CO}_2$  fue sugerida por Callendar en el año 1938 (Gates, 1965). Hoy en día se incluyen otros gases como: metano, óxidos de N y los compuestos volátiles no metanos (COVNM). En general, el efecto invernadero se atribuye al aumento de las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y de otros gases que atrapan la energía electromagnética emitida por la superficie de la tierra y esto tendría un impacto sobre el clima del planeta. Este hecho se sustenta en que la tierra mantiene su balance térmico emitiendo energía, día y noche, en forma de radiación electromagnética. Así, por este proceso, gran parte de la energía solar incidente

durante el día y absorbida por la superficie de la tierra es disipada. Esta emisión se produce principalmente en la banda de 4.000 a 15.000 nm. Algunos gases de la atmósfera, tales como el vapor de agua, el  $\text{CO}_2$ , el metano, el ozono, los óxidos de N y los clorofluorocarbonados (CFC), son capaces de atrapar estas radiaciones. Al hacerlo, se calientan y reemiten una parte de ella hacia la tierra (Gates, 1965; Novoa *et al.*, 2000). El efecto neto de estos procesos es el aumentar la temperatura de la atmósfera cerca de la superficie de la tierra, pero enfría su parte alta, la estratosfera. Como el efecto que se presenta es semejante a un invernadero, se habla de gases con efecto invernadero. La preocupación por este efecto no sólo es producto de las temperaturas, sino también consecuencia de las alteraciones de las precipitaciones y evaporaciones asociadas, lo que indudablemente producirá cambios en la distribución geográfica de los cultivos, en su producción y en los niveles de los mares (Novoa *et al.*, 2000; Shaw *et al.*, 2002).

Datos de los últimos 1000 años, muestran según (Amthor, 1998), que la concentración del  $\text{CO}_2$  ha aumentado de 280 a más de 360  $\text{mg kg}^{-1}$  en 200 años y que más del 50% del cambio se ha producido después de 1950, con una tasa de alrededor de 0,8  $\text{mg kg}^{-1}$  por año. Valores publicados por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1996) estiman un aumento de 1,5 °C entre el año 2000 al 2060. El IPCC dejó en claro que las actividades humanas tienen un efecto directo sobre las concentraciones, distribución y el ciclo de vida de estos gases. Al comparar las concentraciones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  en la atmósfera desde 1750 a 1998, se encontraron incrementos de 30, 145 y 13%, respectivamente (Follett, 2001). Sin embargo, no todos los gases con efecto invernadero poseen igual capacidad para calentar la atmósfera, tanto por su poder intrínseco para absorber radiación como por su vida media en la atmósfera. Así se ha desa-

rollado una escala relativa que compara los diferentes gases con el CO<sub>2</sub>. De acuerdo, si el CO<sub>2</sub> tiene un poder o potencial de calentamiento igual a 1, el metano tiene 11, los óxidos de N un 320 y los CFC entre 1.300 a 4.000 (Cisla, 1996). En Estados Unidos la actividad agrícola contribuye con las emisiones de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera a través de la combustión del petróleo, fabricación de productos químicos, los procesos de erosión del suelo, y las pérdidas de la materia orgánica de suelos nativos. De ahí que las emisiones de CO<sub>2</sub> en la agricultura de los Estados Unidos es cercana a 42,9 MMTC año<sup>-1</sup> (millones de toneladas métricas de carbono equivalente por año), esto fue estimado por Lal *et al.* (1998).

En Chile se realizó una estimación de los gases con efecto invernadero emitidos por la agricultura, estos resultados fueron publicados por Novoa *et al.* (2000) e indican que el año 1994 la agricultura chilena emitió 321,92 Gg de metano; 21,8 Gg de N<sub>2</sub>O; 2,96 Gg de NO<sub>x</sub> y 51,97 Gg de CO (Gg = 10<sup>9</sup> gramos). Además, se estimó que las emisiones COVNM llegan a 2,59 Gg año<sup>-1</sup>. Estas cifras, expresadas como porcentaje de las emisiones del sector no energético chileno, llegan a un 74,3% para el metano; un 5,1% para CO; un 93,8% para el N<sub>2</sub>O; un 9,8% para los NO<sub>x</sub> y un 4,9% para los COVNM. Al sumar el potencial de calentamiento de las emisiones de metano y óxidos de N, resulta que la agricultura estaría emitiendo un total equivalente a 10.504 Gg de CO<sub>2</sub> al año<sup>-1</sup>. Por otro lado, la silvicultura, el cambio de uso del suelo y la gestión de residuos del país generan una captación neta de CO<sub>2</sub> de 29.709 Gg año<sup>-1</sup>, entregando un balance final de 19.205 Gg. En general, la agricultura, a nivel mundial, es responsable de sólo un 20% de las emisiones antropogénicas de gases con efecto invernadero, pero la importancia relativa de sus emisiones de metano y óxidos de N es más alta que la de otras fuentes. Por esto, las emisiones de CO<sub>2</sub>

emitidas por la agricultura no serían un problema, puesto que se compensarían con las captaciones. Esto podría contribuir a reducir las concentraciones atmosféricas mediante el secuestro de carbono.

## SECUESTRO DE CARBONO

El equilibrio del carbono en la tierra es función de tres reservorios, el océano con una cantidad estimada de carbono de 38.000 Pg (un Pg es igual a 10<sup>15</sup> g ó 1.000 millones de toneladas métricas), la atmósfera contendría 750 Pg, y el sistema terrestre aportaría 550 Pg como biomasa-vegetación y 1.550 Pg de carbono orgánico del suelo. Estos tres reservorios se encuentran en un equilibrio dinámico, cada uno interactuando e intercambiando carbono con el otro. Un cuarto reservorio, el reservorio geológico, se estima que tiene 65,5 x 10<sup>6</sup> Pg C; sólo una pequeña parte de éste (aprox. 4000 Pg) está presente como combustible fósil (Eswaran *et al.*, 1993). En el ecosistema terrestre, el pool de mayor tamaño corresponde al carbono orgánico del suelo 1.550 Pg C, seguido por el pool de carbono inorgánico del suelo 750 - 950 Pg C (Batjes, 1996; Eswaran *et al.*, 1993). Sin embargo, en estas estimaciones globales del contenido de carbono en el suelo se presentan ciertas dificultades como: i) alta variabilidad espacial del contenido de carbono en los suelos; ii) una estimación relativa de las áreas ocupadas por distintos tipos de suelos; iii) insuficientes datos como densidad aparente, utilizada para determinar la composición volumétrica y iv) los confusos efectos de la vegetación y cambios de usos del suelo.

Esto permite entender el porqué numerosos estudios muestran considerables variaciones en el rango de carbono orgánico en las distintas clases de suelos. Así, desde la Tabla 1 se desprenden importantes conclusiones, como que el total de carbono alma-

TABLA 1. Masa de carbono orgánico en diferentes suelos del mundo. (Eswaran et al., 1993).

Orden	Area (10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )		C orgánico (Pg)	
	Global	Tropical	Global	Tropical
Histosols	1745	286	357	100
Andosols	2552	1683	78	47
Spodosols	4878	40	71	2
Oxisols	11772	11512	119	119
Vertisols	3287	2189	19	11
Aridisols	31743	9117	110	29
Ultisol	11330	9018	105	85
Mollisols	5480	234	72	2
Alfisols	18283	6411	127	30
Inceptisol	21580	4565	352	60
Entisols	14921	3256	148	19
Suelos misc.	7644	1358	18	2

cenado en los suelos del mundo alcanza 1.576 Pg, de los cuales aproximadamente el 32% (506 Pg) se encuentra en suelos tropicales. En el caso de Chile resulta de interés los órdenes Andisols, Alfisols e Inceptisols por su superficie e intensidad de uso. Sin embargo, no existen trabajos estimativos del carbono orgánico en estos suelos.

Cerca del 20% de los suelos de la tierra son usados para el cultivo de plantas (Allmaras *et al.*, 1999) y son las prácticas agrícolas las que tienen una gran influencia en el almacenaje del carbono en el suelo o su liberación a la atmósfera como CO<sub>2</sub> (Sampson and Sachols, 2000). La agricultura tradicional ha causado una importante disminución de la materia orgánica y de la calidad de suelo; en general, debido a que muchos sistemas agrícolas pierden el carbono a través de la oxidación y erosión, cuyas tasas son mayores que la fijación y estabilización (Campbell y Souster, 1982). La mayor oxidación se debe al incremento de la aireación del suelo y el mayor contacto de los residuos; en cuanto a la erosión, ésta aumenta al quedar la superficie de los suelos descubierta y expuesta a la

lluvia y viento (Reicosky *et al.*, 1995). Estos procesos pueden ser revertidos mediante una adopción de prácticas de labranza y manejos menos agresivos, como el uso de cero labranza con residuo u otros que permitan una mejor sustentabilidad del suelo (Lal *et al.*, 1997; Reeves, 1997). El carbono de las plantas entra al pool del carbono orgánico del suelo (COS) como plantas "litter", raíces, exudado de raíces o excretas de animales (Follett, 2001).

El COS es una fuente de alimento para la mayoría de la vida en el suelo, que a su vez sustenta a plantas superiores que existen como parte de sistemas ecológicos terrestres más complejos. También, el COS es emitido a la atmósfera como CO<sub>2</sub> producto de las transformaciones oxidativas que ocurren en el suelo. El incremento del COS depende de la cantidad y calidad de los residuos, pero también del tipo de suelo inserto en una condición de clima (temperatura y humedad, entre otros) que dará la capacidad potencial con que las tasas de entrada y salida se produzcan (Lal *et al.*, 1998; Follett y McConkey, 2000).

## PRACTICAS DE LABRANZA Y ROTACIONES DE CULTIVOS EN EL SECUESTRO DE CARBONO

El aumento del carbono orgánico del suelo (COS) está en función de la tasa de descomposición de los residuos de las cosechas, como raíces de las plantas y otros materiales orgánicos que retornan al suelo, de la cantidad y composición de los mismos (Follett, 2001). Sin embargo, en el incremento del COS también intervienen el manejo de éstos y las propiedades del suelo. Según algunos autores, el aumento de los residuos genera una respuesta lineal en el incremento de COS (Rasmussen *et al.*, 1980). Sin embargo, nuevos antecedentes aportados indican que la tasa neta de acumulación de COS depende de la cantidad de COS con que el suelo se encuentra (Hassink and Whitmore, 1997).

Los sistemas de labranza de conservación se han definido como aquellos que mantienen sobre 30% de residuos cubriendo la superficie del suelo (Conservation Tillage Information, 1990). El sistema de no labranza consiste en no arar el suelo después de la cosecha, las semillas son depositadas en un fino surco que abre un disco y las malezas son controladas con herbicidas. El sistema de labranza en camellones usa la no labranza después de cosechadas las plantas, la siembra se realiza en el camellón y los residuos quedan entre los camellones. Otro sistema utilizado es la siembra Mulch-labranza, en donde el suelo es alterado y en la superficie se deja más del 30% de de los residuos. Los sistemas de labranza en camellón y Mulch también se consideran como mínima labranza (Schertz, 1988).

El carbono del suelo tiende a incrementarse con las prácticas de labranza de conservación, porque menos materia orgánica es oxidada desde el suelo, y la temperatura del suelo tiende a bajar por efecto de la menor

descomposición (Tate, 1987). La labranza de conservación puede incrementar la cantidad de COS, mediante la promoción de un ambiente que favorezca la descomposición fungosa sobre la bacterial. La descomposición por hongos resulta más recalcitrante que la descomposición bacterial (Holland and Coleman, 1987). En los últimos años se ha reportado que el potencial de secuestro de carbono bajo no labranza y Mulch-labranza es de 300 a 500 kg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y de 600 kg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para labranza de conservación en camellón, dentro de los primeros 20 cm de profundidad (Lal *et al.*, 1998). Para Follett y McConkey (2000) este valor, en el caso de labranza de conservación, sería de 300 a 600 kg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Tristram y Wilfred (2002) analizaron la tasa de carbono secuestrado usando una base de datos de 67 experimentos en campo de larga duración, ellos encontraron que el cambio de labranza tradicional a no labranza puede secuestrar en promedio 57 a 14 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> más; estos valores resultan mayores que los reportados por Lal *et al.* (1999) 24 a 40 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> y 10 a 50 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> (Lal *et al.*, 1998). Sin embargo, éstos estarían dentro del amplio rango (10 a 60 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>) indicado por Follett (2001). En relación al aumento en la complejidad de las rotaciones, los mismos autores Tristram y Wilfred (2002) encontraron que al ampliar el manejo de las rotaciones se puede secuestrar un promedio de 20 a 12 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>, estos valores resultan semejante (10 a 30 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>) a los estimados por Lal *et al.* (1998, 1999).

Las rotaciones de cultivos producen más materia seca y de mejor calidad que los monocultivos (Copeland and Crookston, 1992). Algunos análisis de experimentos de larga duración en Canadá (Dumanski *et al.*, 1998) indican que COS puede ser secuestrado por 25 a 30 años a una tasa de 50 a 75 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> dependiendo del tipo de suelo.

## CONCLUSIONES

En general las investigaciones consideradas en esta revisión coinciden en que la actividad agrícola genera gases con efecto invernadero favoreciendo el calentamiento global. Estos gases son el producto de insumos, fertilizantes, agroquímicos, uso de maquinaria, entre otros. También la oxidación de la materia orgánica del suelo, erosión del suelo y quema de los rastrojos son prácticas que contribuyen a la liberación de carbono al ambiente.

Sin embargo, en contraposición a lo anterior, se plantean nuevos modelos productivos que incluyen la rotación de cultivos y cero labranza conservando el rastrojo del cultivo anterior, permitiendo dar protección a la superficie del suelo y la incorporación del carbono al sistema.

Chile no tiene importancia mundial en relación a la liberación de gases con efecto invernadero, pero puede contribuir al secuestro de carbono, ayudando a mantener un balance a favor de una menor liberación de CO<sub>2</sub>, mediante la aplicación de prácticas agrícolas antes mencionadas. En consecuencia, los estudios de secuestro de carbono no se restringen sólo al ámbito productivo, sino que éstos alcanzan una dimensión ambiental y social que vienen a complementar y realzar la importancia de ellos.

## LITERATURA CITADA

ALLMARAS, R., SCHOMBERG, H., DOUGLAS JR., C.L. and DAO, T.H. (1999) Conservation tillage's unforeseen advantage. *Res. Eng Technol. Sustain World* 6: 7-8.

AMTHOR, J.S. (1998) Perspective on the relative insignificance of increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentration to crop yield. *Field Crop Research* 58:109-127.

BATJES, N.H. (1996) Total C y N in soils of the world. *Eur. J. Soil Sci.* 47, 151-163.

CAMPBELL, C.A. and SOUSTER, W. (1982) Loss of organic matter and potentially mineralizable

nitrogen from saakatchewan soils due to cropping. *Can. J. Soil Sci.* 62: 651-656.

CISLA, W. N. (1996) Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto. FAO. Estudio FAO Montes 126. Roma, Italia. 146 p.

COPELAND, P.J., and CROOKSTON, R.K. (1992) Cropsequence affects nutrient composition of corn and soybean grow under high fertility. *Agron. J.* 84:503-509.

CONSERVATION TILLAGE INFORMATION CENTER (1990) National survey of conservation tillage practics. *Conserv. Tillage Inf. Center.* Fort Wayne, In.

DUMANSKI, J., DESJARDINS, R.L., TARNOCAI, C. MONREAL, D. , GREGORICH, E.G., KIRKWOOD, V., and CAMPBELL, C.A. (1998) Possibilitis for future carbon sequestration in Canadian agriculture in relation to land use changes. *Clim. Change* 40:81-103.

ESWARAN, H., VAN DEN BERG, E. and REICH, P. (1993) Organic carbon in soils of the world. *Soil Sci. Soc.Am. J.* 57: 192-194.

FOLLETT, R.F. and McCONKEY, B. (2000) The role of cropland agriculture for sequestration in the Greta Plain. In: *Proceeding of the Conference on Gray Plains Soil Fertility*, Vol 8, pp.1-15.

FOLLETT, R.F. (2001) Soil management concepts and carbon sequestration cropland soils. *Soil & Tillage Research* 61: 77-92.

GATES, D. M. (1965) *Energy exchange in the biosphere.* New York, USA. Harper & Row, 151p.

HASSINK, J. and WHITMORE P.A. (1997) A model of the physical protection of organic matter in soils. *Sci. Soc. Am. J.* 61 : 131-139.

HOLLAND E.A. and COLEMAN, D.C. (1987) Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem. *Ecology* 68: 425-433.

IPCC. (1996). Intergovernmental panel for climatic Change. *Climate Change 1995. The science of climate change.* Contribution of working group I to the second assement report of the Intergovernmental Panel for Climate Change. Houghton, J.T. (Ed.). Cambridge, United Kingdom. Cambridge.

LAL,R., FOLLETT, R.F., KIMBLE, J.M. and COLE, C.V. (1999) Management of US cropland to sequester carbon in soil. *J. Soil Water Cons.* 54, 374-381.

LAL, R., KIMBLE, J., FOLLET, R. and COLE, C.V. (1998) The potencial of U.S. crop land to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Sleeping Bear Press, Chelsea. MI.*

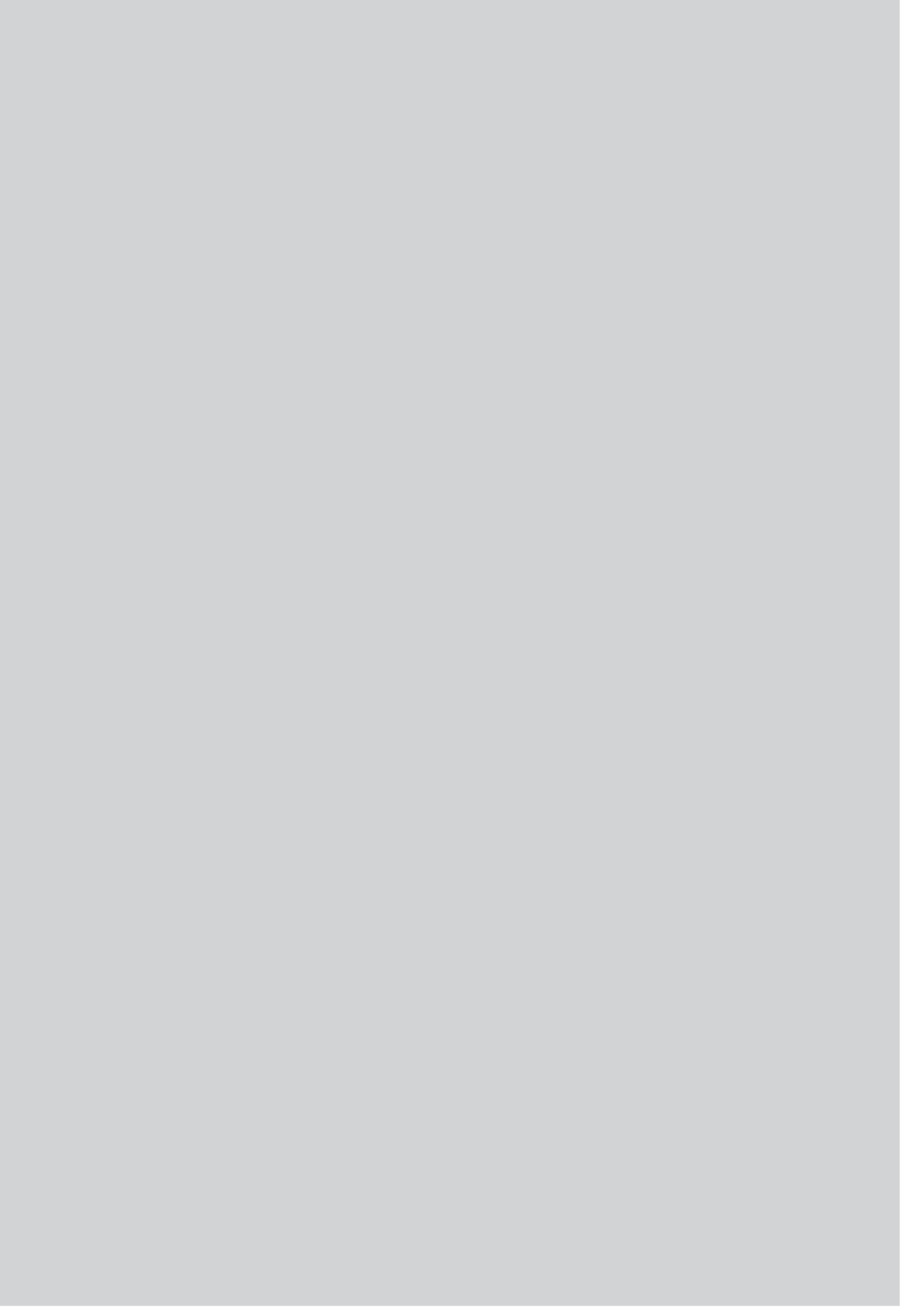
LAL, R., KIMBLE, J. and FOLLET, R. (1997) *Soil*

- quality management for carbon sequestration. p. 1-8. In R. Lal. *et al.* (ed) Soil properties and their management for carbon sequestration. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln , NE.
- NOVOA, R.; GONZÁLES, S. y ROJAS, R. (2000) Inventario de gases con efecto invernadero emitidos por la actividad agropecuaria chilena. *Agricultura Técnica (Chile)* 60 (2): 154-165.
- RASMUSSEN. P.E., ALLMARAS, R.R., RHODE, C.R, and ROAGER Jr., N.C. (1980) Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. *Soil Sci. Soc. Am J.* 44: 596-600.
- REICOSKY, D.C., KEMPER, W.D., LANGDALE, G.W., DOUGLAS Jr., C.L. and RASMUSSEN, P.E. (1995) Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. *J. Soil Water Cons.* 50:253-261.
- REEVES, D.W. (1997) The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Tillage Res.* 43:131-167.
- SAMPSON, R.N. and SACHOLES, R.J. (2000) Additional human-induced activities Article 3.4. pp. 181-281. IN WATSON, R.T. *et al.* (ed) Land use, land –use change, and forestry: A specialreport of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. New York.
- SCHERTZ, D.L. (1988) Conservation tillage: An análisis of acreage projections in the United States. *J. Soil Water Conserv:* 43:256-258.
- SHAW, R.M., ZAVALETA, E., CHIARIELLO, N., CLELAND, E., MOONNEY, H. and FIELD, C. (2002) Grassland responses to global environmental change suppressed by elevated CO<sub>2</sub>. *Science* 298:1987-1990.
- TATE, R.L. (1987) Soil organic matter: Biological and ecological effects. John Wiley & Sons, New York.
- TRISTRAM, O.W. and WILFRED, M. P. (2002) Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1930-1946.



# ADMINISTRACION Y GESTION





# METODO INDIRECTO PARA LA OBTENCION DE UNA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO: APLICACION PARA EL CASO VIII REGION DEL BIO-BIO

INDIRECT METHOD FOR OBTAINING AN INPUT-OUTPUT MATRIX:  
APPLICATION FOR THE VIII BIO-BIO REGION CASE

OSVALDO PINO ARRIAGADA Y WALTER ILLANES HIDALGO

Departamento de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad del Bío-Bío,  
Avenida Collao 1202. Concepción, Chile. Fono (56-41) 731527, Fax (56-41) 731087, e-mail: opino@ubiobio.cl

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es la realización de un análisis exploratorio del método biproporcional sintético de ajuste denominado RAS estándar, a fin de obtener una matriz de coeficientes tecnológicos de (12\*12) para la VIII Región del Bío-Bío.

En la perspectiva de:

- Identificar los requerimientos de información y supuestos teóricos necesarios para estimar la matriz inversa para la economía regional, mediante la utilización de las tablas input-ouput (12 x 12 sectores) de la economía nacional, recientemente publicadas por el Banco Central.
- Estimar la estructura y supuestos requeridos para la definición de las matrices R y S diagonales cuyo producto entrega el coeficiente corrector aplicable a cada coeficiente de la matriz A para ajustarlo a la matriz A\* o matriz ajustada A\*.
- Encontrar la matriz ajustada de coeficientes A\*.

$$A^* = \prod_i r^i A \prod_j s^j = RAS$$

PALABRAS CLAVES: Método Ras, insumo producto, coeficientes tecnológicos, métodos biproporcionales.

## ABSTRACT

The aim of this work is to do an exploratory analysis of the bi-proportional synthetic method of adjustment called RAS standard. This is done in order to obtain a technological coefficient matrix of (12 x 12) for the VIII Bío-Bío Region.

In the perspective of:

- Identify the requirements of information and theoretical assumptions necessary to estimate the inverse matrix for the regional economy, by means of the use of the input-output tables (12 x 12 sectors) of the national economy, recently published by the Central Bank.
- Estimate the structure and assumptions required for the definition of the R and S diagonal matrixes whose product gives the correct coefficient applicable to each A Matrix coefficient to adjust it to the matrix A\* or adjusted matrix A\*.
- Find the adjusted matrix of coefficients A\*.

$$A^* = \prod_i r^i A \prod_j s^j = RAS$$

KEYWORDS: RAS method, input output, interindustry coefficient, biproportional methods.

Recibido: 15/04/2003 Aceptado: 15/12/2003

## INTRODUCCION

### Descripción de las MIP

La matriz insumo-producto (MIP) es un conjunto de tablas que registran en forma exhaustiva y consistente las transacciones de la producción, oferta y utilización de bienes y servicios. Una matriz insumo-producto, siendo un sistema coherente y homogéneo de estadísticas económicas, en términos generales, se representa mediante un conjunto de tablas de doble entrada, cuyo contenido es diferente según sea su lectura, por filas o columnas.

Si su lectura es por columnas, la información contenida nos indica la cantidad de compras o insumos que ha requerido cada actividad o sector para producir lo que a su vez será su oferta parcial o total. Estos insumos pueden ser físicos, humanos o de capital (agropecuarios, industriales, de servicios, salarios, beneficios impuestos o capital fijo), lo que nos permite apreciar rápidamente qué sectores o ramas económicas utilizan una mayor o menor proporción de determinado tipo de insumos. Es decir, la función de producción por rama o actividad productiva.

Desde esta perspectiva, como instrumento de análisis económico de un país, región o cualquier dimensión geográfica de análisis, la matriz de insumo-producto permite conocer su estructura de costos y valor agregado para cada actividad económica y/o sector de la economía.

La relación del Consumo Intermedio (Ci), Valor Agregado (VA) y la Producción Bruta (Pb) se da mediante la siguientes ecuación:  $Ci = Pb - VA = Pb - (R + Accf + Ee + Ip + Oi)$ , donde

R = Remuneraciones; Accf = Asignación Consumo de Capital Fijo; Ee = Excedentes de Explotación; Ip = Impuestos sobre los productos; Oi = Otros Impuestos netos.

Si su lectura es por filas, entonces la MIP permite conocer su estructura de demanda, dado que los datos contenidos expresan, en primer lugar, su uso intermedio; es decir, las ventas interindustriales o ventas que una actividad realiza a las restantes actividades (Ci); y, en segundo lugar, su uso final. Por uso final de la producción o demanda final (Df) se entiende: el consumo de hogares (Ch), el consumo de las instituciones sin fines de lucro (ISFL), el consumo o gasto del gobierno (Gg), la formación de capital fijo (inversión) (Ir), la variación de existencias (Ve) y las exportaciones (En).

La relación del consumo intermedio (fila) y la demanda final se relacionan con la producción bruta mediante la siguientes ecuación:  $Ci = Pb - Df = Pb - (Ir + Ch + Gg + En + Ve + ISFL)$ .

La matriz insumo-producto es presentada en un esquema constituido en tres grandes cuadrantes: CI= Las transacciones intersectoriales (o utilización intermedia); CII= El destino de la producción (o utilización final); y CIII= La distribución del ingreso (o valor agregado).

		Utilización Intermedia	Utilización Final					Producción Bruta	
		Actividades	Consumo Final			Form. Bruta de Capital			Exportaciones
		1... ..j .. .m	Hogares	ISFL	Gob.	Capit. Fijo	Var Exist		
Productos nacionales	1 . i . n								
Productos importados	1 . i . n								
Total Consumo Intermedio									
Valor Agregado Remuneraciones Excedentes Consumo Cap. Fijo Imptos. S/prod									
Producción Bruta									

FIGURA 1. Tabla Insumo-producto.

La elaboración de una MIP no es una tarea exenta de complejidad; por el contrario, requiere disponer tanto de una amplia información estadística como de un método que permita relacionar dicha información. A este proceso se lo denomina método directo y conlleva a la utilización de una gran cantidad de recursos económicos y tiempo. Así, frecuentemente, podemos encontrar un desfase notable entre la fecha de publicación y el año de referencia de la tabla (En nuestro país la matriz con base 1996 se publica con fecha del 2001).

Para evitar dichos desfases temporales, es posible realizar una actualización de las tablas ya existentes, empleando algún método de aproximación que consiga no sólo reducir

la información fuente requerida, sino que, además, proporcionar unas estimaciones adecuadas. Se trata, pues, de utilizar un método indirecto para actualizar una tabla insumo-producto ya existente.

Dado que las tablas insumo-producto son esenciales para el análisis regional, las agencias y oficinas estadísticas en los diferentes países acentúan su preocupación por elaborar tablas, no sólo a nivel nacional, sino también a nivel regional. No obstante, espacios geográficos de menor tamaño como podrían ser las provincias, territorios de planificación o comunas, no disponen todavía de una matriz que permita analizar su estructura productiva. Por ello, convencidos en la necesidad y urgencia de cubrir esta carencia, se

propone obtener tablas regionales empleando un método de aproximación que consiga disminuir los costes de elaboración y preservar, tanto como sea posible, la calidad en las estimaciones respecto a un método directo. En definitiva, se trata de implementar un método indirecto de estimación.

Así, la aproximación de una MIP por métodos indirectos puede ser abordada desde una doble perspectiva: bien como un problema de actualización de una matriz ya existente, o como un problema de regionalización, estimando una tabla regional a partir de una matriz de otra economía, con la cual debería mantener ciertas semejanzas.

Existen diversas técnicas no directas que permiten acometer este problema, por lo que la primera decisión que se debe afrontar es la de seleccionar el método que mejor se ajusta al objetivo en cuestión. Algunas de las variantes más conocidas según tipo de restricciones son: RAS Básico o Estándar; RAS Ampliado de Allen y Lecomber (1975); RAS Ampliado de Hitz y Schmid (1978); RAS con funciones cuadráticas de Bachem y Korte (1979); RAS con funciones cuadráticas de Morrison y Thumann (1980).

Aquí hemos optado por aplicar el método RAS básico<sup>1</sup> tanto en función de los objetivos perseguidos como en base a los siguientes antecedentes:

– El método RAS básico desarrollado en el Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de Cambridge (Reino Unido), por el premio Nobel Richard Stone en los primeros años de la década de los años sesenta. Se trata de la aproximación más

robusta desde una perspectiva teórica (Bacharach, 1970); no obstante, presenta determinadas limitaciones.

– Los resultados obtenidos en numerosos análisis empíricos tienden a reafirmar la técnica RAS como la que proporciona resultados más próximos a los métodos directos. Para profundizar en esta aseveración remitimos, entre otros, a Malizia y Bond (1974), Round (1978), Pedreño (1986) y Alvarez (2001).

En el presente trabajo el método RAS en su versión estándar o básica será empleado como una herramienta de regionalización, tomando como un punto de partida la MIP de la economía chilena 1996.

## EL METODO RAS

Los fundamentos teóricos de los métodos biproporcionales plantean el problema de ajuste en los siguientes términos: Ajustar una matriz  $S$  (cuyos términos son  $s_{ij}$ ) a los márgenes de una matriz  $M$  (cuyos márgenes son  $m_i$  y  $m_j$ ) en orden a obtener una matriz  $X$  (con elementos  $X_{ij}$ ) (Mesnard, 1989).

El método biproporcional sintético de ajuste denominado RAS, en el marco del análisis insumo-producto, parte de una matriz de transacciones interindustriales  $Z^0$  y de un vector de producción efectiva  $w^0$  que conjuntamente permiten definir la matriz  $A^0$  de coeficientes técnicos.

El proceso de ajuste consistirá en calcular una nueva matriz  $A^{0*}$  que, siendo la más parecida posible a la  $A^0$ , cumpla con la nueva información disponible; habitualmente, comprenderá un nuevo vector de producción  $w^1$ , así como los nuevos márgenes de la matriz  $Z$  (de transacciones intersectoriales inicial) y de  $z_i z_j$ , que tradicionalmente se notan como vectores  $u$  y  $v$  (columna-fila, respectivamente).

<sup>1</sup>Este método, creado novedosamente en las ciencias experimentales, es una traslación de la teoría de ajuste de matrices con restricciones hacia la estimación de matrices input-output. Esta adaptación fue utilizada, en un primer momento, como técnica de actualización de la matriz de transacciones intermedias. Posteriormente, fue reorientada hacia la proyección espacial para así estimar tablas insumo-producto regionales a partir de una tabla nacional determinada.

## Etapas en el ajuste iterativo de la matriz de coeficientes por RAS

La primera estimación del total de insumos intermedios ( $u^1$ ), con la matriz original de coeficientes  $[A(0)]$  y la nueva producción  $[w(1)]$ :

$$u^1 = A(0)w(1)$$

Se establece una primera matriz diagonal ( $r^1$ ) con los coeficientes corrientes por filas obtenidos por cocientes entre el total conocido de insumos intermedios por filas  $[u(1)]$  y el estimado  $u^1$ :

$$r^1 = [\hat{u}(1)][\hat{u}^1]^{-1}$$

La matriz de coeficientes corregida  $A^1 = r^1 A(0)$  cumplirá, por definición, la restricción impuesta por filas:

$$[A^1 \hat{w}(1)]_i [r^1 A(0) \hat{w}(1)]_i = Z^1_i = u(1)_i$$

Se calcula una primera estimación del total de consumos intermedios por columnas ( $v^1$ ). Con la matriz previamente estimada ( $A^1$ )

$$v^1 = i' [A^1 \hat{w}(1)]$$

Se establece una primera matriz diagonal con los coeficientes correctores por columnas ( $s^1$ ) obtenidos por cocientes entre el total conocido de consumos intermedios por columnas  $[v(1)]$  y el estimado  $v^1$ .

$$s^1 = [\hat{v}(1)][\hat{v}^1]^{-1}$$

La matriz de coeficientes corregida  $A^2 = A^1 s^1 = r^1 A(0) s^1$  cumplirá ahora la restricción por columnas:

$$i' [A^2 \hat{w}^1] = i' Z^2 = v^1$$

De esta manera se procede sucesivamente el proceso de ajuste por  $R$  y  $S$  hasta la  $h$ -ésima, concluyendo el proceso cuando la matriz ajustada,

$$A^*(1) = \prod_i r^i A(0) \prod_j s^j = RAS$$

cumple con el suficiente grado de exactitud, conjuntamente, las restricciones establecidas por filas y columnas

$$u(1) = [A^*(1) \hat{w}(1)]_i$$

$$u(1) = i' [A^*(1) \hat{w}(1)]$$

Este procedimiento matemáticamente correcto, exige para su implementación de una compleja planilla electrónica que permita realizar estas operaciones con matriciales (suma, resta, multiplicación, inversión y cálculo de la inversa) para cada una de las aproximadamente 15-20 iteraciones requeridas para que se cumplan las condiciones de ajuste.

## RAS interpretación económica

El método RAS resulta de una hipótesis relativa a la evolución de los coeficientes técnicos a través del tiempo. Evolución que se debe solamente a tres factores: Variación de precios; Efecto sustitución; Efecto fabricación o transformación. Las distorsiones provenientes de los cambios en los precios relativos pueden ser subsanadas exógenamente, por la vía de la deflatación implícita, mecanismo que exige una excelente información sobre índices de variación de precios sectoriales<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>En cuentas nacionales se calculan a precios básicos (Apb), a precios del productor (App), a precios del usuario (Apu). Se define: Apb. Corresponde al precio del productor sin impuestos; App, Corresponde a los precios básicos más los impuestos netos de subvenciones sobre los productos; Apu. Corresponde a los precios de mercado de los bienes y servicios.

El efecto sustitución mide el grado en que un producto ha sido sustituido por algún otro como insumo en una cierta actividad. Se asume que el impacto es uniforme para los distintos usos del insumo. Por ende, el efecto sustitución de un insumo específico  $i$  será una constante que afectará a toda la fila  $i$ . Denominado  $r_i$ .

Por su parte, el efecto transformación mide el grado en el cual, en la fabricación de cierto bien, se ha sustituido insumos físicos por insumos primarios. Se supone que el efecto transformación afecta en la misma forma todos los insumos intermedios de una cierta actividad productiva, luego el efecto transformación en la producción de un cierto bien  $j$  será un valor constante que afectará a toda la columna  $j$ . Denominado  $s_j$ .

Esto es, la matriz  $A_{ij}$  de coeficientes técnicos debe ser actualizada en función de estos dos efectos. El de sustitución  $r_i$  y de transformación  $s_j$ . Conceptos y terminología que fundamentan tanto la hipótesis de sustentación como el origen de la denominación del método.

$$r_i * A_{ij} * s_j$$

## ASPECTOS METODOLOGICOS

### Marco general del estudio

El estudio contempla la obtención de una Matriz Insumo-producto Simétrica para la VIII Región a través de la metodología RAS. El año seleccionado para el estudio es 1996, correspondiente al último ejercicio de actualización de estructuras de producción practicado por el Banco Central para la economía chilena. El nivel de agregación al cual se efectuarán las mediciones es a 12 actividades CAE<sup>3</sup>, condicionado por el nivel de apertura de la información disponible regional.

<sup>3</sup>CAE: Clasificador de Actividad Económica.

El enfoque metodológico RAS plantea los siguientes requerimientos en términos de información básica: 1) Matriz de consumos intermedios nacionales de referencia  $A^0$ ; 2) Los vectores de consumo intermedio fila y columna de la nueva Matriz de Consumos Intermedios a estimar<sup>4</sup>; 3) La Producción Bruta correspondiente a la matriz a estimar.

Dado que no existe una matriz previa insumo-producto regional<sup>5</sup>, para el caso 1) consideraremos como referencia la matriz de Consumos Intermedios Nacional. Esto supone que las actividades productivas que se desarrollan en la VIII Región poseen una estructura de costos similar al global de sus pares a nivel país.

Si bien es cierto este supuesto incorpora un elemento de sesgo para la nueva matriz obtenida, dado que la medición a nivel nacional considera el compendio global de los establecimientos productivos a nivel país, combinando distintas estructuras de producción, el estudio pretende probar empíricamente la metodología RAS, y definir una alternativa de tratamiento de la información básica regional disponible para alimentar el modelo.

Los casos 2 y 3 se presentan a continuación como parte de la metodología propuesta en el tratamiento de la información disponible, que detalla un mecanismo para obtener las variables restantes del modelo.

<sup>4</sup>Para la estimación de los consumos intermedios agregados por filas ( $u$ ), Tilanus (1966) propone el siguiente modelo: conocidas las siguientes igualdades: (1) que los consumos intermedios agregados por filas ( $u$ ) se definen por diferencia entre los output totales ( $q$ ) y la demanda final ( $d$ ). Es decir,  $u = q - d$  (1); y (2) la igualdad  $q = (I - A)^{-1} * d$  (2); donde  $(I - A)^{-1}$  es la inversa de Leontief. Entonces, sustituyendo (2) en la primera expresión (1) y operando convenientemente se obtiene:

$$u = [ (I - A)^{-1} d - d ] = [ (I - A)^{-1} - I ] d$$

<sup>5</sup>Usualmente, el método RAS se emplea en la actualización de matrices insumo-producto elaboradas para un determinado año base, a través de información actualizada de consumos intermedios y producción referentes al mismo ejercicio; no es el caso de este estudio en donde no existe una matriz regional previa para la cual actualizar su estructura de costos.

## METODOLOGIA

Existen dos alternativas claramente identificables respecto de la conformación de la matriz simétrica regional. La primera, obtención de matrices de producción y absorción y posterior derivación de matriz simétrica insumo-producto. Y, la segunda, derivación sintética de matriz regional simétrica, a partir de matriz nacional simétrica.

Como el objetivo de este estudio es el análisis exploratorio del método biproportional sintético de ajuste denominado RAS estándar, con el fin de identificar requerimientos y supuestos teóricos necesarios en la definición de los elementos estructurales del método, se opta por el segundo enfoque, a fin de centrar el estudio en estos aspectos.

En condiciones ideales, debería derivarse a partir del Valor Agregado para la VIII Región base 1986 y la MIP nacional 1986, el consumo intermedio y la producción bruta regionales, y posteriormente inflatar para obtener estas variables valoradas a precios de 1996. Luego realizar el mismo procedimiento aplicando las relaciones consumo intermedio - producción bruta por actividad de la matriz nacional 1996 a las variables regionales base 1986 a precios de 1996 ya calculadas. Todo esto, si consideramos que el proceso de inflatar agregados a precios constantes resulta más confiable que utilizar precios diferenciados para cada variable.

El seguimiento anual de la cuenta de producción de las actividades por parte del Banco Central, contempla la observación de variables como la Producción Bruta y Consumo Intermedio valorados a precios de productor. En consecuencia, se pueden obtener deflatores para ambas variables en forma independiente. Sin embargo, la matriz simétrica nacional de la cual se obtendrán las relaciones consumo intermedio - producción bruta sólo es posible obtenerla a precios básicos, dado que en el cálculo de la misma

interviene la matriz de producción cuya valorización es precisamente a precios básicos.

Si bien es cierto, de existir la matriz de producción a precios de productor o usuario se podrían obtener matrices simétricas en estas valoraciones, no resultan confiables desde el punto de vista de la utilidad en proyecciones<sup>6</sup>.

Este hecho no resulta menos significativo, si pensamos que una de las principales potencialidades de la matriz simétrica es la de permitir cuantificar el impacto que cambios en demanda o costos producen sobre la actividad productiva.

En definitiva el procedimiento a aplicar será:

### Origen

- Inflatar el Valor Agregado regional obteniendo esta variable base 1986 a precios de 1996. La variable a utilizar como deflactor será el Valor Agregado Nacional.
- Cálculo de ponderaciones Valor Agregado Regional por Actividad / Valor Agregado Regional Total.
- Aplicación de ponderaciones anteriores sobre total Valor Agregado Regional 1996, base 1996, obteniendo Valor Agregado Regional por Actividad 1996 base 1996, pero con estructura de producción 1986.
- Calcular a nivel de la Matriz Nacional 1996, las relaciones Consumo Intermedio Nacional / Producción Bruta, Consumo Intermedio Importado/ Producción Bruta y Valor Agregado / Producción Bruta.
- Separación del Consumo Intermedio en Nacional del Importado, aplicando las relaciones de estas variables existentes a nivel de la matriz nacional.
- Reemplazo directo de valores de producción regionales, vía consulta a expertos.

<sup>6</sup>Venegas, J. Una matriz insumo-producto inversa de la economía chilena 1986. Serie de Estudios Económicos N° 38, Banco Central de Chile, Santiago 1994.

– Obtención definitiva de vector fila de total de Consumos Intermedios, Producción Bruta y Valor Agregado Regionales.

cia entre Producción Bruta y Demanda Intermedia.

## Gasto

- Cálculo de relaciones Demanda Intermedia de Bienes Nacionales/Producción Bruta Nacional por actividad, y aplicación a Producción Bruta Regional obteniendo estructura regional de la Demanda Intermedia de Bienes por actividad.
- Inicialmente no se cumplirá la igualdad  $\sum Ci = \sum Di$ , calculamos una tasa de ajuste entre Demanda Intermedia por actividad  $v/s \sum Ci$ , y la aplicamos a la diferencia existente entre  $\sum Ci = \sum Di$ .
- Una vez alcanzada la igualdad  $\sum Ci = \sum Di$ , calculamos la demanda final por diferen-

## OBTENCION DE MATRIZ SIMETRICA PARA LA VIII REGION

### Valor Agregado Regional base 1986 a precios de 1996

Siguiendo la estructura de la metodología planteada, el primer paso consistirá en determinar el valor agregado regional base 1986 a precios del año 1996. Para tal efecto se inflatará el Valor Agregado Regional 1986, por el deflactor implícito del Valor Agregado Nacional.

$$DIVA = \frac{VA_{nl}^{et}}{VA_{rb}^{et}}$$

Con: *nl*: nominal, *rb*: real, *et*: economía total.

TABLA 1. Cálculo del deflactor implícito del Valor Agregado Nacional base 1986 y Valor Agregado regional.

Actividad	Valor Agregado Nacional 1996			Valor Agregado VIII Región** base 1986 a precios de 1996	
	Precios constantes (rb)*	Precios corrientes (nl)*	Deflactor**	Var 96 rb 86	Var 96 nl 86
Agropecuario-silvícola	470,393	1,493,089	317.41	45.384	144.055
Pesca	109,771	409,277	372.85	17.383	64.812
Minería	610,991	1,973,867	323.06	1.677	5.418
Industria manufacturera	1,140,257	5,390,706	472.76	190.212	899.251
Electricidad, gas y agua	160,678	838,494	521.85	26.338	137.444
Construcción	386,859	1,995,582	515.84	36.494	188.251
Comercio, hoteles y restaur.	1,241,044	3,574,916	288.06	54.113	155.876
Transporte y comunicaciones	571,042	1,994,610	349.29	62.578	218.581
Servicios financieros	977,702	3,164,231	323.64	43.252	139.981
Propiedad de vivienda	244,442	1,074,886	439.73	26.361	115.917
Servicios personales	446,580	3,447,203	771.91	39.867	307.738
Administración pública	165,172	1,005,067	608.50	14.128	85.968
Imputaciones bancarias	-477,422	-1,105,234	231.50	-22.336	-51.708

\*Fuente: Anuario de Cuentas Nacionales 1999. Banco Central de Chile. Cuadros 1.40 y 1.54, pp. 56 y 70, respectivamente.

\*\*Fuente: Elaboración propia.

TABLA II. Participación regional en el producto interno bruto total (Porcentaje sobre el PIB a precios constantes).

Región	1996*	1996**
I De Tarapacá	3,02	3,65
II De Antofagasta	6,41	7,75
III De Atacama	2,09	2,53
IV De Coquimbo	2,13	2,58
V De Valparaíso	7,48	9,05
RMS Región Metropolitana de Santiago	39,25	47,47
VI Del Libertador General Bernardo O'Higgins	3,91	4,73
VII Del Maule	3,59	4,34
<b>VIII del Bío-Bío</b>	7,33	<b>8,87</b>
IX De La Araucanía	2,02	2,44
X De Los Lagos	3,32	4,02
XI Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	0,39	0,48
XII De Magallanes y de la Antártica Chilena	1,72	2,09
<b>Subtotal regionalizado</b>	<b>83</b>	<b>100</b>
IVA, derechos de importación y otros	17	
<b>Producto Interno Bruto</b>	<b>100</b>	

\*Fuente: Banco Central de Chile

\*\*Participación en el Valor Agregado

TABLA III. Valor Agregado (VA) VIII Región 1996, base 1996.

**Antecedentes**

VA regional precios corrientes 1996, base 1986		2.411.584
VA nacional nominal 1996, base 1996	<b>28.240.085</b>	
Partic. en VA país, VIII Región del Bío-Bío	<b>8,87%</b>	
<b>VA regional precios corrientes 1996, base 1996</b>		<b>2.503.921</b> (1)

Actividad	VA $\frac{96}{86}$ nl (2)	% Particip. (3)	VA = $\frac{96}{96}(1)*(3)$
Agropecuario-silvícola	144.055	5,97	149.570
Pesca	64.812	2,69	67.293
Minería	5.418	0,22	5.625
Industria manufacturera	899.251	37,29	933.682
Electricidad, gas y agua	137.444	5,70	142.707
Construcción	188.251	7,81	195.459
Comercio, hoteles y restaurantes	155.876	6,46	161.845
Transporte y comunicaciones	218.581	9,06	226.950
Servicios financieros	139.981	5,80	145.340
Propiedad de vivienda	115.917	4,81	120.356
Servicios personales	307.738	12,76	319.521
Administración pública	85.968	3,56	89.260
Menos: Imputaciones bancarias	-51.708	-2,14	-53.688
Total Valor Agregado	2.411.584	100,00	2.503.921

## **CORRECCION VALOR AGREGADO MINERIA VIII REGION 1996, BASE 1996**

Si bien nos apoyamos en el supuesto de que la estructura productiva de la VIII Región es idéntica a la del total país, sería erróneo no considerar la evidente caída de la actividad minera en la VIII Región, principalmente la industria carbonífera, eje principal de la producción sectorial. Para subsanar este problema, se consultó a un experto en el tema, a fin de obtener una cifra representativa de la producción valorada para el sector en el año 1996.

De tal consulta, se obtienen los siguientes antecedentes: Desde 1997 la producción minera (carbón) promedio es de 114.800 ton, con valores promedio de \$20.000 y \$30.000 a precios del productor y de mercado respectivamente, lo que equivale a una producción bruta respectivamente de \$2.296.000.000 y \$3.444.000.000 que a precios de diciembre de 1995 representan: \$1703.26409; \$2554.89614.

El reemplazo del valor de producción se hará en forma directa. Posteriormente, la diferencia entre la producción total de todas las actividades de la región con la producción inicial calculada para minería y el nuevo valor, será distribuida proporcionalmente al resto de las actividades.

Dado que la producción fue modificada, estos cambios deben ser reflejados en el Consumo Intermedio y el Valor Agregado regionales; para tal efecto, se aplicarán las relaciones Consumo Intermedio/Producción Bruta y Valor Agregado/Producción Bruta existente a nivel de la Matriz Insumo-Producto Simétrica Nacional.

## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

A pesar del fuerte desarrollo teórico y práctico de las metodologías indirectas de obtención de matrices insumo - producto en el extranjero, a nivel nacional, en el ámbito teórico es prácticamente inexistente<sup>7</sup>.

A partir de información de cuentas nacionales y estadísticas regionales disponibles, el método RAS permite encontrar las tablas input-output regionales, en nuestro caso las tablas de la VIII Región del Bío-Bío en base 1996.

Este enfoque, susceptible de ser mejorado, representa un avance de propuesta metodológica para su implementación en otras economías regionales.

El resultado final presenta la matriz de coeficientes directos e indirectos de la economía regional 1996 (12\*12) valorada a precios básicos.

<sup>7</sup>En el ámbito nacional los autores reconocen los aportes realizados por los investigadores del Depto. de Economía Aplicada de la Universidad Católica del Norte, particularmente del Dr. Aroca P. y del Prof. Reyes, en Valdivia.

TABLA IV. Matriz regional de coeficientes directos e indirectos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,0739	0,0306	0,0117	0,0852	0,0071	0,0306	0,0291	0,0200	0,0117	0,0030	0,0128	0,0135
2	0,0139	1,1020	0,0066	0,0496	0,0041	0,0173	0,0160	0,0116	0,0067	0,0017	0,0060	0,0059
3	0,0006	0,0003	1,0067	0,0009	0,0008	0,0009	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002
4	0,3816	0,4365	0,1720	1,3820	0,1122	0,4786	0,3046	0,3098	0,1707	0,0464	0,1531	0,1522
5	0,0523	0,0301	0,2226	0,0621	1,5717	0,0315	0,0662	0,0393	0,0565	0,0154	0,0367	0,0929
6	0,0027	0,0023	0,0086	0,0051	0,0152	1,0032	0,0050	0,0084	0,0137	0,0866	0,0077	0,0347
7	0,0344	0,0269	0,0388	0,0328	0,0096	0,0341	1,0391	0,0522	0,0177	0,0036	0,0193	0,0231
8	0,0676	0,0675	0,1072	0,0850	0,0191	0,0426	0,2012	1,1381	0,0701	0,0044	0,0354	0,0519
9	0,0535	0,0416	0,0888	0,0629	0,0456	0,0429	0,0998	0,0610	1,0892	0,0057	0,0407	0,0571
10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
11	0,0073	0,0075	0,0087	0,0130	0,0034	0,0057	0,0117	0,0096	0,0445	0,0006	1,0275	0,0374
12	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0010	0,0004	0,0001	0,0000	0,0001	1,0000

### BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, R and LECOMBER, J. (1975) Some test on a Generalized Version RAS, in R.I.G. Allen and W.F Gossting eds. Estimating and projecting input output coefficients, London, Input output Publishing Company.
- ALVAREZ, H. R. y RAMOS, C. C. Análisis de las comarcas asturianas desde el marco input-output. Depto. de Economía Aplicada. Universidad de Oviedo. Fuente: <http://www.revecap.com/veea/autores/A/133.doc>.
- ALVAREZ, R. (2001) Métodos de estimación indirecta de coeficientes input-ouput: una aplicación a la comarcalización de tablas. Trabajo de Investigación presentado en la Universidad de Oviedo.
- BACHARACH, M. (1970) Biproportional Matrices and Input-Output Change. Cambridge.
- BACHEM, A. and KORTE, B. (1979) Estimating input-output matrices. Seventh International Conference on Input-Output Techniques, Innsbruck, abril.
- BANCO CENTRAL DE CHILE. Matriz de la economía chilena 1996.
- GOMEZ P.M. (1969) Actualización de matrices de insumo-producto: el método Ras. Universidad de Chile, Memoria de Título.
- HEWINGS, G.J.D. (1984) The Role of Prior Information in Updating Regional Input-Output Models. Socio-Economic Planning Sciences, Vol. 18, pp. 319-336.
- HITZ, P. and SCHMID, B. (1978) Computerprogramm entrop M Studienunterlagen zur Orts-Regional und Landesplanung OR-L-Institut, ETM, Zurich.
- LECOMBER, R. (1969) RAS projections when two or more complete matrices are known, Economics of palnning, 9(3), 267-78.
- MALIZIA, E. and BOND, D. E. (1974) Empirical test of RAS method of interindustry coefficient adjustment. Journal of Regional Science, Vol. 14, N° 3, pp. 355-365.
- MESNARD, L. (1989) Note about the theoretical foundations of biproportional methods, Ninth International Conference on Input-Output Techniques, Keszthely, septiembre.
- MORRISON, W.L. and THUMANN, A. (1980) Langragian multiplier approach to the solution of a spacialconstrained matrix problem, Journal of Regional Science, Vol. 20, N° 3.
- MYERNYK, W. H. (1976) Comments on Recent Developments in Regional Input-Output Analysis. International Regional Science Review, Vol. 1, N° 2, pp. 47-55.
- PEDREÑO. A. (1986) Dedución de las tablas input-output: consideraciones críticas a través de la contrastación "survey-nonsurvey". Investigaciones Económicas, Vol. X, N° 3, pp. 579-99.
- PULIDO A. y FONTANELA E. (1993) Análisis input-output. Modelos, datos y aplicaciones. Madrid: Ediciones Pirámide, S.A.
- ROUND, J.I. (1978) An interregional input-output approach to the evaluation of nonsurvey methods. Journal of Regional Science, Vol. 18, N° 2, pp. 179-195.
- STONE, R. y BROWN, A. (1962) A Computable

- Model of Economic Growth, Vol. I, Londres: Chapman and Hall.
- TILANUS, C. B. (1966) Input-output Experiments. Rotterdam University Press.
- VAN DER LINDEN, JAN A. and DIETZENBACHER, ERIK. The Determinants of Structural Change in the European Union: A New Application of RAS. Fuente: <http://www.ub.rug.nl/eldoc/som/95D36/95d36.pdf>
- VENEGAS, J. (1994) Una matriz insumo-producto inversa de la economía chilena 1986. Serie de Estudios Económicos N° 38, Banco Central de Chile, Santiago.

# ANÁLISIS DEL ROL DEL ÁREA DE RECURSOS HUMANOS EN MICROS, PEQUEÑAS, MEDIANAS Y GRANDES EMPRESAS DE CHILLÁN

## ROL ANALYSIS OF HUMAN RESOURCES DIVISION IN DIFFERENT SIZE ORGANIZATIONS IN CHILLÁN

CARLOS SALAZAR BOTELLO<sup>1</sup>, BRENDA CANCINO Y CÉSAR DELGADO

<sup>1</sup>Departamento Auditoría e Informática, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad del Bío-Bío, Avda. La Castilla s/n, Chillán, Chile, e-mail: mauricio@ubiobio.cl

### RESUMEN

Muchos autores están planteando una visión muy distinta de la función de recursos humanos en las organizaciones. Esta área ha pasado de ser un espectador en la empresa a un actor fundamental en el desarrollo de la estrategia. El presente trabajo analiza el rol que cumple el área de los recursos humanos en la micro, pequeña, mediana y gran empresa de Chillán. El artículo da énfasis a la percepción que poseen estas empresas respecto de la importancia y participación de los recursos humanos en la estrategia organizacional. El argumento considera que las empresas mencionadas no dan importancia a los recursos humanos como parte de los resultados organizacionales. El estudio pretende acercarse a identificar la realidad existente en materia de recursos humanos en Chillán.

La información se obtuvo a través de una encuesta, la cual posee dos partes: la primera, elaborada por los investigadores, compuesta por preguntas abiertas y de alternativas; la segunda, formada por la evaluación de roles de recursos humanos de Ulrich (1999) y, por último, la aplicación de entrevistas personales.

Los instrumentos se aplicaron a una muestra de 209 empresas de un total de 458 empresas asociadas a la Cámara de Comercio de Chillán. Éstas se subdividieron en micros, pequeñas, medianas y grandes empresas.

La investigación permite formarse una impresión de la percepción que se posee de los recursos humanos en Chillán, así como los roles que se observan de manera más destacada en este tipo de empresas.

**PALABRAS CLAVES:** Estrategia, generar valor, percepción de recursos humanos, rol de recursos humanos.

### ABSTRACT

Many authors state a very different vision of the function of human resources in organizations. This area has gone from being a spectator in the company to a fundamental actor in the development of the strategy. This paper is an attempt to analyze the role carried out by the area of the human resources at micro, small, mid and large companies in Chillán city. The article gives emphasis to the perception of these companies regarding the importance and participation of human resources in the organizational strategy. The argument considers that the mentioned companies don't give importance to the human resources as a part of the organizational results. The study is intended to identify the current situation about human resources in Chillán.

The information was collected through a survey, divided into two parts: the first one elaborated by the researchers is composed by open and alternative questions; the second one, formed by the evaluation of human resources roles by Dave Ulrich (1999), and lastly, the application of personal interviews.

The instruments were applied to a sample of 209 companies from 458 companies associated to the Chamber of Commerce of Chillán. These were subdivided in Micros, Small, Mid and Large companies.

The investigation allowed to build a judgment from the perception we have of the human resources in Chillán, as well as the roles observed in a more outstanding way in this type of companies.

KEYWORDS: Strategy, generate value, perception of human resources, human resources roles.

Recibido: 29/04/2003 Aceptado: 29/10/2003

## INTRODUCCION

Si la agenda futura para la creación de valor ha de venir de los recursos humanos (RR.HH.), tendrán que definirse los nuevos roles para los profesionales de recursos humanos (RR.HH) (Ulrich, 1999).

De esta manera surge un debate que plantea serias dudas respecto de la real contribución de los RR.HH. al desempeño de las organizaciones.

Es claro que de alguna manera los RR.HH. hoy no poseen una gran posición dentro del esquema organizacional, fundamentalmente porque su contribución no es realmente lo que se espera. Sin embargo, es absolutamente necesario cambiar este punto de vista ya que los RR.HH. establecerán la diferencia en nuestras organizaciones, el cambio de enfoque desde lo que puede hacer a lo que puede entregar es efectivamente lo que marcará la diferencia. Lo último muestra una preocupación totalmente diferente, es un enfoque centrado en los resultados del ejercicio de los RR.HH. (Ulrich, 2000).

El nuevo papel de los RR.HH. es aprovechar las capacidades de las organizaciones, tales como: la rapidez, las habilidades para responder adecuadamente, la agilidad, el aprendizaje y las competencias de los empleados, ya que de acuerdo a Ulrich (2000) "la forma tradicional de competir, por costos, tecnología, distribución, manufacturas y características de los productos, pueden copiarse".

La necesidad de desarrollar estas capacidades nos lleva a poner la mirada en los

RR.HH., alinear los objetivos de RR.HH. a los objetivos organizacionales, poner en acción la estrategia, administrar los procesos de manera inteligente, eficiente, maximizar la contribución y compromiso de los empleados, y crear las condiciones para un cambio permanente, será lo que establezca la gran diferencia competitiva en la nueva economía (Ulrich, 2000).

De acuerdo a lo planteado por HayGroup (2002) lo que se espera de los recursos humanos es:

una amplia comprensión del negocio, que actúe en un plano estratégico, gestionando la creación de una cultura que soporte y permita el éxito y alentar a los empleados a adaptarse a nuevos roles e ideas para adecuarse al contexto que requiere el negocio.

Los objetivos de la investigación son: i) Analizar el rol del área de RR.HH. en las organizaciones micros, pequeñas, medianas y grandes de Chillán; ii) Determinar la relación de los RR.HH. en el funcionamiento general de la empresa; iii) Identificar la percepción que se posee de la función de RR.HH. en las empresas.

## MARCO TEORICO

Peters y Waterman (1984) plantean "que todo el mundo está de acuerdo en que las personas son nuestro activo más importante. Sin embargo, casi nadie actúa en este sentido". De la misma manera como lo plantea Becker *et al.* (2001),

los profesionales de RR.HH poseen una visión bastante desarrollada del valor estratégico de su departamento, pero la alta dirección se muestra, cuando menos, escéptica ante el papel de RR.HH en el buen funcionamiento de la organización.

Más aún, reafirma lo formulado por Peters y Waterman, ya que hay muchas empresas en las cuales los directivos plantean que las personas son nuestro activo más importante, pero no entienden el papel de RR.HH. en esta visión. Menciona que esto se debe a que el funcionamiento y rendimiento de RR.HH. en una empresa es difícilmente medible. Desde esta perspectiva, según lo planteado por Fitz-enz (1999),

las organizaciones no se pueden permitir el lujo de soportar a personas que evidentemente no estén contribuyendo al logro de las metas estratégicas de la empresa.

El autor menciona que RR.HH. existe en una organización para añadir valor tangible y prestar los servicios necesarios para mejorar la productividad y eficacia de la empresa desde el lado de las personas. En esta línea, Butteriss (2001) señala que:

la responsabilidad tradicional de los RR.HH. por actividades transaccionales y administrativas hoy está cambiando ya que el papel de RR.HH. se está convirtiendo rápidamente en la creación de una organización que añade valor para sus accionistas, clientes y empleados. Las nuevas realidades económicas plantean un desafío diferente a RR.HH., para que amplíen su mirada y no abarquen sólo su tradicional papel administrativo, sino también un papel estratégico (Becker *et al.*, 2001).

Por tal motivo RR.HH. debe participar y entender la estrategia de la empresa y comprender las implicaciones de esa estrategia para RR.HH. Esto supone un nuevo rol en la organización.

Ulrich (1999) expresa que

los profesionales de RR.HH. para crear valor y alinearse a la estrategia organizacional, deben centrarse, no en las actividades o el trabajo, sino en la definición de los aportes que puede realizar RR.HH. a ese trabajo.

Precisamente la forma de lograrlo es que estos profesionales cumplan con cuatro roles necesarios para vincularse con la estrategia organizacional. Los roles planteados por este autor en su modelo son: Administración de recursos humanos estratégicos, administración de la infraestructura de la empresa, administración de la contribución de los empleados y administración de la transformación y el cambio. Estos roles giran en torno a dos ejes fundamentales, focalizándose en los centros de atención que pueden ser largo plazo (estratégico), corto plazo (operativo) y las actividades que pueden ser desde manejar procesos (herramientas) y manejar personas.

Profundizando en los roles indicados en el modelo de Ulrich (1999) podemos decir que: El rol de Administración de RR.HH. estratégico busca alinear las estrategias y prácticas de RR.HH. con la estrategia organizacional; su principal aporte es la ejecución de la estrategia empresarial identificando las prácticas de RR.HH. que hacen que las estrategias se concreten. Los profesionales de RR.HH. en este rol se convierten en socios estratégicos. El rol de administración de la infraestructura de la empresa busca mejorar los procedimientos de la organización examinando y mejorando continuamente los procesos de RR.HH.; su aporte es eficiencia administrativa de tal manera que se transforma en un experto administrativo. El rol de administración y contribución de los empleados busca incrementar el compromiso del empleado y sus capacidades, vinculando las contribuciones de los empleados al éxito de la organización. De esta ma-

nera se transforma en un representante de los empleados dedicando parte de su tiempo a relacionarse personalmente con ellos. Y el rol de administración y transformación del cambio busca asegurar que en la organización exista la capacidad de cambiar. Se convierten en guardianes y catalizadores de la cultura, su principal aporte es crear una organización renovada. Este se transforma en un agente de cambio, ayudando a la empresa a identificar un proceso para la administración del cambio.

La relevancia del modelo de cuatro roles de Ulrich (1999) es su planteamiento respecto a que cada uno de los roles contribuye a dar cumplimiento a la estrategia de negocios de la empresa. Estos agregan valor mediante la ejecución de la estrategia, la eficiencia administrativa, la dedicación de los empleados y el cambio de cultura.

La nueva agenda significa que cada una de las actividades de RR.HH. ayudaría a la organización a servir mejor a sus clientes o acrecentar el valor de la empresa en el mercado.

Esta nueva agenda no es responsabilidad exclusiva de RR.HH. por el contrario, la mayor responsabilidad recae en los directivos organizacionales y gerentes de línea, que deben lograr metas específicas para la empresa (Ulrich, 2000).

Barthett y Ghoshal (2000) plantean que

la preocupación de los nuevos gerentes debe sobrepasar la antigua doctrina de estrategia, estructura y los sistemas, hacia un modelo más blando construido sobre la base del desarrollo del propósito, los procesos y las personas.

## MATERIALES Y METODOS

La aplicación de encuestas, entrevistas y un estudio de evaluación de roles constituye-

ron las diferentes etapas del proceso de obtención de información.

Después de analizar las alternativas para obtener información, pensando en el tipo de empresas sujeto de estudio, se decidió aplicar una encuesta que se distribuyó de manera similar entre las micros, pequeñas, medianas y grandes empresas de Chillán.

La encuesta se divide en dos partes: la primera, creación de los investigadores, consiste en preguntas abiertas y de alternativas, con lo que se busca conocer cuál es la percepción que se posee del área, departamento o encargado de RR.HH.; la segunda es un estudio de evaluación de roles (Ulrich, 1999), el que pretende determinar cuál es el rol que desempeña el área de RR.HH. en las empresas. Las entrevistas se aplicaron tomando como base las preguntas de la primera parte de la encuesta, con la finalidad de aclarar la información entregada por los entrevistados. Para facilitar el acceso a la encuesta se consideró en su elaboración el no utilizar palabras técnicas, dentro de lo posible, y la confidencialidad del informante.

## MUESTRA

Se consideró como universo de estudio a las 458 empresas asociadas a la Cámara de Comercio de Chillán. El cálculo de la muestra se realizó considerando un grado de confianza de un 95%, una desviación estándar del 0,5 y un error del 5%. Esto da una muestra de  $n=209$  empresas. Esta muestra se subdividió por tipo de empresa y por sector productivo. Empleando los porcentajes definidos en el estudio de Zúñiga *et al.* (2001).

## RESULTADOS

De acuerdo al estudio realizado por Zúñiga y como se muestra en la tabla I, el número de empresas encuestadas de acuerdo a su ta-

maño y sector es: 38 microempresas, 94 pequeñas empresas, 50 medianas empresas y 27 grandes empresas. De las cuales 136 pertenecen al sector comercial, 46 al sector servicios y 27 al sector Industrial.

La información se analizó considerando los resultados por tamaño de empresa, de

tal manera que se refleja los antecedentes obtenidos por micro, pequeña, mediana y gran empresa. La tabla II muestra de manera resumida la importancia del RR.HH. y su real adopción por parte de estas empresas.

Los resultados por tipo de empresas son:

TABLA I. Número de empresas encuestadas de acuerdo a su tamaño y sector.

Tipo	Porcentaje	Comercial	Servicios	Industrial	Nº de empresas
Microempresa	18%	25	8	5	38
Pequeña empresa	45%	61	21	12	94
Mediana empresa	24%	33	11	6	50
Gran empresa	13%	17	6	4	27
					209

TABLA II. Importancia del recurso humano y su real adopción por parte de la empresa.

	Porcentaje de empresas que posee RR.HH. (a)	Porcentaje de empresas que no posee RR.HH. (b)	Porcentaje de empresas que no consideran necesario a RR.HH. (c)	Porcentaje de empresas que si consideran necesario a RR.HH. (d)
Microempresa	2,6	97,4	78,4	21,6
Pequeña empresa	7,2	92,8	65,6	34,4
Mediana empresa	42,9	57,1	8,3	91,7
Gran empresa	72	28	42,9	57,1

Observación: a + b = 100%    c + d = 100%

## Microempresas

De las 38 microempresas encuestadas el 94,7% tiene claramente definido los objetivos de la empresa, sólo el 2,6% posee un área, departamento o encargado de RR.HH., el 63,4% declara no poseerlo porque no se ajusta al tamaño de la empresa, el 86,5% manifiesta que quien cumple las tareas básicas de RR.HH. es el dueño de la empresa, el 78,4% de las empresas declara que no debería con-

tar con un área, departamento o encargado de RR.HH. y el 100% del 2,6% manifestó que el área, departamento o encargado de RR.HH. representa una oportunidad para mejorar el desempeño.

En cuanto a la evaluación del rol de RR.HH., se observa una puntuación general de 196 puntos. Donde el rol estratégico tiene 49 puntos, el rol administrativo 49 puntos, el rol de contribución de lo empleados 48 puntos y el agente de cambio 50 puntos.

## Pequeñas empresas

De las 94 pequeñas empresas encuestadas, el 97,5% tiene claramente definido los objetivos de la empresa, sólo el 7,2% posee un área, departamento o encargado de RR.HH., el 44,7% declara no poseerlo porque no se ajusta al tamaño de la empresa, el 62,3% manifiesta que quien cumple las tareas básicas de RR.HH. en la empresa es el dueño, el 65,6% de las empresas declara que no deberían contar con un área, departamento o encargado de RR.HH. y el 62,5% del 7,2% manifestó que el área, departamento o encargado de RR.HH. representa una forma de controlar al personal y mantenerlo contento.

En cuanto a la evaluación de roles, se observa una puntuación general de 157,4 puntos, donde el rol estratégico tiene 40,6 puntos, el administrativo 40,2 puntos, el de contribución de los empleados 42,2 puntos y el agente de cambio 34,4 puntos.

## Medianas empresas

De las 50 medianas empresas encuestadas el 100% tiene claramente definido los objetivos de la empresa, el 42,9% posee un área, departamento o encargado de RR.HH., el 50% declara no poseerlo porque estas funciones son realizadas en Santiago, el 41,7% manifestó que quien cumple las tareas básicas de RR.HH. en la empresa son los encargados de administración y finanzas, 91,7% declara que la empresa debería contar con un área, departamento o encargado de RR.HH. y el 54,5% del 42,9% manifestó que el área, departamento o encargado de RR.HH. representa una oportunidad para mejorar el desempeño.

En cuanto a la evaluación de roles, se observa una puntuación general de 153,7 puntos. Donde el rol estratégico tiene 38 puntos, el rol administrativo 39 puntos, el rol

de contribución de los empleados 39,2 puntos y el agente de cambio 37,4 puntos.

## Grandes empresas

De las 27 grandes empresas encuestadas el 100% tiene claramente definido los objetivos de la empresa, el 72% posee un área, departamento o encargado de RR.HH., el 77,8% de las empresas que no poseen RR.HH. declara no poseerlo porque son sucursales, el 62,5% manifestó que quien cumple las tareas básicas de RR.HH. en la empresa es el jefe o encargado de local, el 57,1% declara que la empresa debería contar con un área, departamento o encargado de RR.HH. y el 56,5% del 72% expresa que el área, departamento o encargado de recursos humanos representa una oportunidad para mejorar el desempeño.

En cuanto a la evaluación de roles, se observa una puntuación general de 164,5 puntos. Donde el rol estratégico tiene 42,3 puntos, el rol administrativo 42,2 puntos, el rol de contribución de los empleados 40,3 puntos y el agente de cambio 39,7 puntos.

## DISCUSION

Sin duda el tema planteado en este estudio es una primera etapa que pretende de manera exploratoria conocer la realidad en materia de RR.HH. Autores como Ulrich (2000) "plantean que los RR.HH. hoy importan más que nunca". Sin embargo, nuestra realidad nos entrega antecedentes que nos alejan de esta anhelada visión. Tal como lo destacan Rodríguez y Gómez (2001), "la administración de RR.HH. en Chile se encuentra en una etapa tayloriana, donde se ve a las personas como recursos productivos y se administran con una mentalidad de corto plazo donde se aprecia una falta de con-

fianza entre los sectores que puedan gestar cambios”. Sin duda que realizar este estudio en la ciudad de Chillán ayuda a comparar la información obtenida con lo planteado por los autores mencionados respecto de la importancia del RR.HH.; esto da una visión de lo que está sucediendo y deja en evidencia aquello que realmente es prioritario para las diferentes empresas encuestadas. Conocer el planteamiento regional en este tema ayuda a definir estrategias que nos puedan acercar a lo que teóricamente debiera hacerse para ser más competitivos en materia de recursos humanos.

Los datos obtenidos en esta investigación nos muestran que de las empresas micro, pequeñas y medianas el 97,4%, 92,8% y 57,1%, respectivamente, no cuentan con área, departamento o encargado de RR.HH.; en la gran empresa este porcentaje es de un 28%. Se observa en las empresas micro y pequeñas que el porcentaje es bastante elevado y esto está asociado a que ambos tipos de empresas no lo consideran necesario debido a su tamaño, por tanto, las responsabilidades por manejar algunas funciones básicas de RR.HH. las asume directamente el dueño de la empresa, en ambos casos. Más aún, estas empresas no consideran necesario un área, departamento o encargado de RR.HH., en un 78,4% las microempresas y en un 65,6% las pequeñas empresas.

En la mediana empresa el porcentaje no es tan elevado, pero sobrepasa el 50% y el motivo para no contar con área, departamento o encargado de RR.HH. se asocia a que son sucursales, por lo tanto, las funciones de RR.HH. están centralizadas en la casa matriz, y quien asume funciones básicas de RR.HH. es el encargado de administración y finanzas.

En la gran empresa el porcentaje que no posee área, departamento o encargado de RR.HH. es de un 28%, bastante más bajo que los anteriores. Lo cual no deja de ser

interesante ya que se trata de grandes empresas, que de acuerdo a nuestro estudio poseen más de 200 trabajadores. Se podría esperar que por el hecho de tratarse de grandes empresas este porcentaje fuera inferior o que todas contaran con un área, departamento o encargado de RR.HH. Coincide con la mediana empresa en que no poseen área de RR.HH. porque son sucursales y en este caso quien asume las funciones básicas es el jefe de local. En estas últimas se ve que las funciones de RR.HH. las asume alguien independiente al dueño de la empresa.

A diferencia de lo que sucede en la micro y pequeña empresa, la mediana y gran empresa en un 91,7% y un 57,1% consideran que la empresa debiera tener un área, departamento, o encargado de RR.HH. Es interesante observar cómo este último porcentaje es considerablemente mayor en la mediana empresa.

Es destacable mencionar que en las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas que poseen área, departamento o encargado de RR.HH., en un 100% los objetivos de RR.HH. están alineados con los objetivos de la organización y la función de RR.HH. es considerada como una parte importante. Esto indica que, a pesar de que el porcentaje de empresas que cuentan con área de RR.HH. no es tan elevado, los que la poseen identifican en él una importancia real para la empresa. Dentro de los argumentos mencionados como importantes se indican: Administrar al personal, la satisfacción al cliente interno, búsqueda de calidad, bienestar del personal, capacitación, selección, mejorar la atención a los trabajadores y la solución de sus problemas. Esto se ve reflejado en que la micro, mediana y gran empresa ven al área, departamento o encargado de RR.HH. como una oportunidad para mejorar el desempeño organizacional y la pequeña empresa lo ve como una forma de controlar y mantener contento al personal. Se ve que las empresas

están preocupadas por mejorar el desempeño y ven efectivamente a un área de RR.HH. como la posibilidad para lograrlo, pero sin perder el control de los empleados y preocupado de mantenerlos contentos como una forma de incentivarlos. Esto muestra que las empresas poseen una visión tradicional respecto de la función que debe cumplir un área de RR.HH.

Respecto a cómo llegaron a trabajar al área, departamento o encargado de RR.HH. en el caso de la pequeña y mediana empresa, fue por asignación, no así en la gran empresa que es por postulación y práctica. Las microempresas no contestaron esta pregunta.

Se mantienen actualmente trabajando en el área de RR.HH., en el caso de la pequeña y mediana empresa, por el agrado de trabajar con las personas y en la gran empresa por un desarrollo profesional. Se ve que en la gran empresa hay mayor claridad profesional tanto en el cómo se llegó al área de RR.HH. como en el porqué se mantienen ahí.

En cuanto a la evaluación de roles de acuerdo a lo que plantea Ulrich (1999),

un puntaje total para los cuatro roles entre 50 y 200 puntos constituye una evaluación general de la calidad de los servicios de recursos humanos. Los puntajes por encima de los 160 puntos se deben considerar altos, indicando la percepción de una alta calidad en la entrega de servicios de recursos humanos.

En el caso del estudio la micro y gran empresa obtuvieron un puntaje superior a 160 puntos (196 y 164,5 puntos, respectivamente), la pequeña y mediana empresa obtuvieron un puntaje inferior a 160 puntos (157,4 y 153,7 puntos, respectivamente). De tal manera que se puede deducir que la percepción de la calidad de los servicios de recursos humanos es mejor a nivel de las micro y gran empresas. Es curioso observar cómo esta percepción coincide en los extre-

mos de las empresas, pero existe una información que de alguna manera lo explica, ambos grupos de empresas a su nivel declaran la preocupación por los trabajadores como importante.

Respecto de cada uno de los roles, tanto para la micro, pequeña, mediana y gran empresa los datos muestran una percepción pareja, lo que indica que no existe una claridad respecto al rol que debiera ser relevante en cada tipo de empresa, no se destaca un rol sobre otro (tabla III). De acuerdo a lo planteado por Ulrich (1999) "cuando se produce una puntuación equitativa entre los cuatro roles implica una percepción corriente o tradicional de los servicios de recursos humanos". Al comparar la información de la evaluación de roles con lo que representa el área de RR.HH. para todos los tipos de empresas, se ratifica la visión tradicional respecto de la función de RR.HH., ya que en todos los casos se menciona como importante, ya sea en primer o segundo lugar, la oportunidad de mejorar el desempeño pero manteniendo a las personas tanto contentas como controladas. Estas son funciones que caracterizan a una visión tradicional de los RR.HH.

Las pequeñas, medianas y grandes empresas muestran su inquietud por el trabajador, desde su bienestar hasta mejorar la atención hacia él. La microempresa se focaliza en la búsqueda de una mejor administración del personal. Estas inclinaciones no se manifiestan en la evaluación de roles, ya que debiera desde este punto vista sobresalir el socio administrativo y contribución de los empleados. Esto nos puede mostrar que existe una diferencia entre lo que se piensa y lo que realmente se está haciendo.

Si bien es cierto, que hay empresas que poseen un área, departamento o encargado de RR.HH. y lo consideran importante. El porcentaje de empresas que no lo poseen es más elevado en todos los casos a excepción de la gran empresa. Considerando que el

TABLA III. Puntuación de los roles en cada uno de los tipos de empresa.

	Socio estratégico	Socio administrativo	Adalid de los empleados	Agente del cambio	Puntuación general
Micro empresa	49	49	48	50	196
Pequeña empresa	40,6	40,2	42,2	34,4	157,4
Mediana empresa	38	39	39,2	37,4	153,7
Grande empresa	42,3	42,2	40,3	39,7	164,5

28% para la gran empresa es un porcentaje alto. Los planteamientos para no tenerlo van desde el tamaño de la empresa, los costos y el hecho que son sucursales. En todos los casos las razones más poderosas son los costos asociados a poseer un área de este tipo y el tamaño de la empresa. Este último motivo parece razonable, si lo pensamos para la micro y pequeña empresa, pero algunas empresas grandes también lo utilizan como argumento válido para no poseer un área de ésta naturaleza, o sea, ¿cuánto más grande deben ser las empresas?

Estudios realizados como los de Rodríguez y Gómez (2001) nos muestran que aún estamos lejos de una cultura en materia de RR.HH. que se acerque a las necesidades de hoy y a los planteamientos de los pensadores en esta materia. El presente estudio ratifica de alguna manera estos antecedentes, quizás no de una forma tan pesimista, pero sí mostrando una realidad la cual no se puede desconocer. La investigación deja en evidencia que las empresas encuestadas aunque poseen algún grado de preocupación por los RR.HH. su visión de éstos es tradicional y se escapa al concepto de generador de valor que se plantea como prioritario en el marco teórico. Es más, en algunos casos el porcentaje de empresas que no consideran importante a un área de RR.HH. es alta, lo cual complica el panorama al momento de tomar decisiones en este tipo de materias. Es necesario por lo tanto revertir esta postura y transformar esta visión tradicional en una

renovada que lleve a pensar que la inversión en RR.HH. es lo que marcará la diferencia.

### BIBLIOGRAFIA

- BARTHETT, D. y GHOSHAL, S. (2000) El papel cambiante de managers de más alto nivel: Desde la estrategia hacia el propósito. En Ulrich, D. (eds.). Evaluación de resultados. España: Granica, pp. 191-218.
- BECKER, B., HUSELID, M. y ULRICH, D. (2001) El cuadro de mando de recursos humanos. Editorial Gestión 2000.
- BUTTERISS, M. (2001) "Reinventando recursos humanos, cambiando los roles para crear una organización de alto rendimiento". Editorial Gestión 2000.
- FITZ-ENZ, J. (1999) "Cómo medir la gestión de los recursos humanos". Editorial Deusto.
- HAY GROUP (2002) "Hacia una nueva gestión de los recursos humanos en Chile". Hr Opción, 57: 24-25.
- PETERS, T y WATERMAN, R. (1984) En busca de la excelencia. Editorial Norma.
- RODRIGUEZ, J y GOMEZ, C. (2001) Organizational culture and human resources management in Chile. Artículo presentado en el XIX Encuentro Nacional de Escuelas y Facultades de Administración y Economía. Universidad de Talca. Chile.
- ULRICH, D. (1999). Recursos humanos champion. Editorial Granica.
- ULRICH, D. (2000) Evaluación de resultados. Editorial Granica.
- ZUÑIGA, L., BARRA, S y FIGUEROA, S. (2001) Seminario Evaluación de necesidades de capacitación en la Mipyme asociadas a la cámara de comercio de Chillán y planteamientos de alternativas enfocadas a enfrentar una economía globalizada. Universidad del Bío-Bío.



# FACTORES RELACIONADOS CON LA LEALTAD: UN ANALISIS DEL COMPROMISO CON LA COMPRA Y DE LOS ATRIBUTOS DE LOS SUPERMERCADOS

## FACTORS RELATED TO LOYALTY: AN ANALYSIS OF THE PURCHASE COMMITMENT AND OF THE ATTRIBUTES OF SUPERMARKETS

CARLOS FLAVIÁN BLANCO<sup>1</sup> y EDUARDO TORRES MORAGA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento Economía y Dirección de Empresas. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Zaragoza.

<sup>2</sup>Departamento de Auditoría e Informática. Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad del Bío-Bío. Avda. La Castilla s/n Chillán, Chile. F. (56-42) 203410, (56-42) 203403. Fax (56-42) 203421, e-mail: eduardo@ubiobio.cl

### RESUMEN

La lealtad es una de las estrategias de marketing relacional que ha ido adquiriendo cada vez una mayor importancia entre los investigadores y los directivos de marketing. Este hecho ha producido un aumento en la cantidad de estudios y enfoques disponibles actualmente en la literatura. Entre los numerosos estudios podemos destacar aquellos que hacen referencia a la lealtad basada en la satisfacción y a la lealtad espuria o también denominada comúnmente lealtad por inercia. En la literatura que hace referencia a estos enfoques se analizan teóricamente los factores que permiten diferenciar entre ambos tipos de lealtad. En ella se puede deducir que la diferencia entre ambos conceptos se fundamenta principalmente en el nivel de compromiso con la compra y en el nivel de satisfacción que alcanza cada uno de estos tipos de clientes. Con estos antecedentes la presente investigación tiene como objetivo verificar si estos factores que se discuten en la literatura efectivamente permiten discriminar entre ambos tipos de lealtad. Por medio de una encuesta aplicada a los clientes de algunos supermercados que operan en España se pudo verificar lo que se propone en la literatura al respecto. En concreto se determinó: 1) que los clientes que son leales por satisfacción están más comprometidos con la compra que aquellos que se caracterizan por una relación espuria, y 2) que los clientes que son leales por satisfacción evalúan de manera positiva una mayor cantidad de atributos de un supermercado.

PALABRAS CLAVES: Compromiso con la compra, imagen, lealtad, satisfacción, supermercado.

### ABSTRACT

Loyalty is one of the strategies of relational marketing that has been acquiring a bigger importance among researchers and directives of marketing. This fact has produced an increase in the number of studies and approaches now available in the literature related to this field. Among the numerous studies we can highlight those which refer to loyalty based on satisfaction and spurious loyalty also, commonly referred to, as loyalty by inertia. The elements that permit to establish the difference between these two types of loyalty are theoretically analyzed in the literature that makes reference to these approaches. Allow us to this literature deduce that the difference existing between both concepts is mainly based on the level of commitment with the purchase and the level of satisfaction obtained by each one of these types of customers. Considering these facts, the principal aim of this work is to verify whether these elements which are discussed in literature effectively permit to discriminate both types of loyalties. By means of survey applied to customers of some supermarkets operating in Spain it was possible to prove that what is proposed in literature is really true. In fact, it showed that (1) the customers who are loyal by satisfaction are more committed with purchase than

those characterized by a spurious relationship and, also that (2) those customers who are loyal by satisfaction evaluate in a positive way a bigger number of attributes of a supermarket.

KEYWORDS: Purchase commitment, image, loyalty, satisfaction, supermarkets.

Recibido: 28/04/2003 Aceptado: 29/12/2003

## 1. INTRODUCCION

La lealtad ha ido adquiriendo desde hace un tiempo una gran relevancia, lo que se ha visto reflejado tanto en el mundo empresarial como académico. De hecho, cada vez más las empresas están incluyendo dentro de sus estrategias de marketing defensivo programas de lealtad dirigidos a fidelizar una mayor cantidad de clientes (Sharp y Sharp, 1997) y a su vez los académicos están desarrollando y analizando una mayor cantidad estudios y enfoques que permitan analizar y sistematizar con mayor precisión el fenómeno de lealtad como estrategia de marketing (Jacoby y Chestnut, 1978; Ehrenberg, 1988; Wernerfelt, 1991; Fournier y Yao, 1997).

Entre esta variedad de enfoques podemos destacar uno de los más interesantes que se encuentran contenido en la literatura de marketing y que dice relación con la lealtad basada en la satisfacción y la lealtad por inercia. A pesar de que este enfoque ha nacido hace ya algunos años y además se encuentra contenido en diversos estudios, no existen antecedentes empíricos que permitan conocer los aspectos que distinguen a ambos conceptos. De hecho, los análisis que se han realizado de estos tipos de lealtad se han dirigido principalmente a analizar sus efectos sobre los resultados empresariales (Chaudhuri y Holbrook, 2001), o a estudiar teóricamente los aspectos que permiten distinguir entre ambos conceptos, tanto desde el punto de vista del compromiso (Assael, 1993) como de la imagen (Osman, 1993)<sup>3</sup>, pero no se ha

analizado la real influencia de estos factores como la base fundamental de sus diferencias.

Considerando esta escasez de antecedentes empíricos y la importancia de conocer las características de estos tipos de lealtad, el propósito del presente trabajo es verificar en el sector de los supermercados cómo el compromiso con la compra y los atributos de la imagen, evaluados por los clientes de estos tipos de establecimientos, permiten diferenciar entre la lealtad por satisfacción y la lealtad espuria.

Con esta finalidad, a continuación se analiza la lealtad por satisfacción, la lealtad espuria y se plantean las hipótesis que están dirigidas a diferenciar entre ambos tipos de lealtad. Luego se explican las características metodológicas y los resultados del estudio, para finalmente exponer las conclusiones, las limitaciones de la investigación y futuras líneas de investigación.

## 2. PLANTEAMIENTO TEORICO E HIPOTESIS

### 2.1. Lealtad por satisfacción y lealtad espuria: una cuestión de compromiso

En una de las publicaciones clásicas en el tema de lealtad, Day (1969) distingue entre dos tipos de clientes fieles: uno de ellos es aquel que ha asumido un alto grado de compromiso con la compra y que se encuentra

<sup>3</sup>Debemos considerar que Osman (1993) estudia la relación entre la imagen y la lealtad, y como esta relación

influye en discernir entre clientes fieles y no fieles, que son conceptos que están en directa relación con los analizados en el presente trabajo.

satisfecho con sus experiencias de compras anteriores. El otro tipo de cliente es el que posee la llamada fidelidad espuria<sup>4</sup>, el cual no adquiere un compromiso con la compra, ya que éste elige siempre la misma opción por motivos diferentes a la satisfacción, como son la ausencia de otras alternativas o los elevados costos monetarios y no monetarios involucrados con la compra en otro establecimiento.

Assael (1993) también describe estos dos tipos de lealtad, en función de la complejidad de la decisión de compra y el grado de compromiso asumido por el consumidor con la compra. Según este autor, cuando el consumidor toma decisiones sencillas y rutinarias, pero asume un alto grado de compromiso, se puede hablar de lealtad (lealtad por satisfacción), y cuando el consumidor toma decisiones rutinarias, pero asume un bajo compromiso, este autor se refiere a un comportamiento de inercia (lealtad espuria)<sup>5</sup>.

Por lo tanto, según lo expuesto por estos autores, en ambos casos el consumidor elige la misma opción de compra y toma decisiones rutinarias, pero en la lealtad por satisfacción, a diferencia de la lealtad espuria, el consumidor está comprometido con el proceso de compra. Además en la lealtad espuria, el consumidor elige la misma opción de compra por motivos diferentes a la satisfacción con el establecimiento, es decir, la compra frecuente en un mismo supermercado se basa simplemente en que ésta es la opción menos compleja para el consumidor.

<sup>4</sup>Durante el desarrollo del presente trabajo se denominará al primer tipo de lealtad "lealtad por satisfacción" y a este último "lealtad espuria".

<sup>5</sup>En este contexto, las decisiones de compra no complejas o rutinarias son aquellas que se toman con gran frecuencia, y que conducen a la creación de hábitos, lo que implica que el consumidor no buscará información adicional para tomar su decisión de compra. En lo que respecta al compromiso con la compra, éste se asocia al tiempo y esfuerzo que dedica el consumidor al proceso de compra, lo que está asociado de alguna manera al riesgo que percibe el consumidor en la compra (Flavián y Martínez, 1996).

A partir de este planteamiento, proponemos que:

H1: Los clientes que son leales por satisfacción están más comprometidos con la compra, que aquellos clientes que se caracterizan por una lealtad espuria.

## 2.2. Lealtad y atributos de la imagen

A pesar de la gran importancia que se le ha concedido a la lealtad a lo largo de la literatura de marketing, poco se ha estudiado su relación con la imagen. Si bien algunos autores han analizado esta dependencia (Osman, 1993; Nguyen y LeBlank, 2001)<sup>6</sup>, es Osman (1993) quien ha propuesto un modelo que une directamente la lealtad con la imagen de un minorista, mediante el cual se puede distinguir entre los clientes fieles y no fieles.

De acuerdo a lo expuesto por este autor, la relación que exista entre la lealtad y la imagen dependerá principalmente del nivel de calidad que mantengan los atributos de un establecimiento comercial. Según su planteamiento, una vez que el cliente es fiel, éste permanecerá en esa condición, siempre que los valores de los atributos del establecimiento comercial coincidan con la importancia que los clientes esperan de estos atributos. Incluso aún cuando el desempeño de algunos atributos no sea el mejor, el cliente intentará elevar la evaluación de los otros atributos para justificar su lealtad hacia el establecimiento.

No obstante lo anterior, de acuerdo a los planteamientos de Osman (1993), la disminución en la calidad de los atributos que son importantes para la imagen de un minorista, pueden decaer sólo hasta un cierto punto. Sobrepasando este cierto nivel de pérdi-

<sup>6</sup>Por ejemplo, Nguyen y LeBlank (2001) encontraron, por medio de una investigación, que existe una fuerte relación entre la lealtad, y la imagen y la reputación de una empresa.

da de imagen, el establecimiento ya no contará con las bases necesarias para mantener una lealtad más intensa de sus clientes, lo que favorecerá a los establecimientos competidores.

De esta forma, si las percepciones del cliente se ven deterioradas de modo significativo producto de una de sus visitas al establecimiento, provocará un cambio en la imagen percibida por el cliente, y como consecuencia repercutirá en el comportamiento de éste cada vez que vaya a comprar a dicho establecimiento.

Si bien existe esta relación entre la imagen y la lealtad, debemos tener presente que ésta no se presenta con la misma intensidad en la lealtad por satisfacción que en la lealtad espuria, ya que la primera a diferencia de la segunda necesita que el consumidor esté satisfecho con el establecimiento minorista en el que compra habitualmente. Esta afirmación se encuentra respaldada por diversos estudios que indican que la satisfacción es un concepto que está relacionada directamente con la lealtad (Macintosh y Lockshin, 1997). De hecho, algunos autores han encontrado, por medio de estudios empíricos, que un mayor grado de satisfacción por una serie de atributos influye en la mayor probabilidad de fidelización de los clientes con un establecimiento (Flavián y Martínez, 1996; Berné *et al.*, 1996).

Lo anterior nos induce a pensar que los clientes que son leales por satisfacción evaluarán positivamente una mayor cantidad de atributos (en comparación con aquellos clientes que se caracterizan por una lealtad espuria), producto de la satisfacción que éstos sienten por el establecimiento comercial en que realizan sus compras habitualmente.

A partir de este planteamiento, proponemos que:

H2: Los clientes que son leales por satisfacción tienden a evaluar positivamente

una mayor cantidad de atributos, en comparación con aquellos clientes que se caracterizan por una lealtad espuria.

### 3. CARACTERISTICAS DEL ESTUDIO

Para el análisis de esta investigación se utilizó la información contenida en una encuesta suministrada durante los meses de abril y mayo del año 2001, en la ciudad de Zaragoza (España). La encuesta fue aplicada mediante una entrevista a los clientes de tres cadenas de supermercados que operan en el radio urbano de la ciudad<sup>7</sup>, seleccionando por un procedimiento aleatorio a los consumidores que se disponían a entrar a uno de los supermercados incluidos en el estudio<sup>8</sup>. La entrevista fue aplicada a los consumidores antes de entrar al establecimiento, con la intención que éstos pudieran indicar más objetivamente la importancia que le asignan a los atributos de los supermercados en general<sup>9</sup>, y de esta forma evitar que la evaluación realizada por los clientes se vea perjudicada por la imagen del supermercado en el que acaban de realizar sus compras (Nowell y Stanley, 1991).

<sup>7</sup>Los supermercados incluidos en este estudio ofrecen fundamentalmente productos de alimentación, de higiene y sólo algunos artículos de bazar. Estos establecimientos se diferencian de los hipermercados porque manejan una mezcla menos amplia de productos y no ofrecen artículos de comparación como lo hacen los hipermercados. Estos artículos que ofrecen los hipermercados son, por ejemplo, ropa, muebles, línea blanca y computadores.

<sup>8</sup>Con el propósito de reflejar la realidad del comportamiento de compra de la población, las encuestas se aplicaron durante cuatro días de la semana, en diferentes horas del día, ponderando el número de encuestas a realizar en cada supermercado, de acuerdo a la cantidad de clientes que acuden a comprar a cada establecimiento, durante cada día de la semana y las diferentes horas del día.

<sup>9</sup>Se refiere a una de las secciones de la encuesta, donde el entrevistado debía asignarle importancia a cada uno de los atributos de los supermercados que se les proporcionaron en una lista.

La muestra incluyó un total de 325 clientes, que fue dividida proporcionalmente en cada uno de los establecimientos de las tres cadenas de supermercados. Esta muestra corresponde a un nivel de confianza de un 95% y un error máximo permisible de un  $\pm 5,44\%$ .

La encuesta estaba compuesta por diferentes secciones, entre las que se encuentran aquellas que miden los atributos de la imagen del supermercado, el tipo de lealtad, el compromiso con la compra, el funcionamiento general del supermercado, la búsqueda de información, y una sección que contiene información sociodemográfica de los entrevistados, entre otras. Todas las variables que se utilizaron en este estudio son cualitativas y su medición se realizó a través de una escala Likert de 5 puntos.

Para medir la evaluación de los atributos de un supermercado se tomó como referencia, parte del modelo de multiatributo (Wilkie y Pessemier, 1973; Doyle y Fenwich, 1974; James *et al.*, 1976; Osman, 1993; Birtwistle *et al.*, 1999) que ha sido empleado en muchas investigaciones para medir la imagen de un minorista<sup>10</sup>.

En cuanto a la lealtad del cliente, se ha considerado para su medición la frecuencia de visita relativa (Flavián *et al.*, 2001), que está representada por aquellos clientes que compran frecuentemente en un mismo supermercado. Lo que se relaciona con lo que Oliver (1999) denomina etapa de lealtad de

acción, que es donde se logra la máxima lealtad del cliente<sup>11</sup>.

## 4. ANALISIS DE FIABILIDAD Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

### 4.1. Análisis de fiabilidad de las escalas de medida

Como paso previo al análisis de la fiabilidad de las escalas utilizadas para medir la lealtad por satisfacción, la lealtad espuria, el compromiso y búsqueda de información<sup>12</sup>, se realizó un análisis factorial de componentes principales con rotación varimax a todas las variables que pertenecen a las escalas analizadas<sup>13</sup>.

Este análisis factorial resumió las variables en cuatro factores claramente identificables: el *primer factor* está relacionado con las variables que miden la búsqueda de información, el *segundo factor* reúne a las va-

<sup>11</sup>Debemos considerar que en la literatura se mencionan principalmente dos procedimientos para medir la lealtad de un cliente. Uno de ellos es aquel que mide la lealtad a un establecimiento en función de la proporción del gasto que realiza el consumidor (Carman, 1970; Dunn y Wrigley, 1984; East *et al.*, 1995; East, *et al.*, 1997), el otro, en cambio, mide la lealtad en función de la cantidad de visitas realizadas por el consumidor al establecimiento, o a través de medidas que combinan la proporción de gastos y la proporción de visitas realizadas al establecimiento (Enis y Paul, 1970; Aaker y Jones, 1971; Denison y Knox, 1993; Walker y Knox, 1997; McGoldrick y Andre, 1997).

<sup>12</sup>Aunque la escala de búsqueda de información no fue finalmente utilizada en el presente estudio, se consideró oportuno incluirla en el análisis factorial, ya que esto permite discriminar con mayor precisión entre las variables que pertenecen a cada factor.

<sup>13</sup>La aplicación de tal instrumento fue idónea, ya que el índice KMO fue igual a 0,70 (aceptable), el test de Bartlett arrojó un Chi-cuadrado de 1157,253 y un P igual a 0,001 (lo que indica que la matriz de correlaciones no es una matriz de identidad); valores muy bajos en la matrices anti-imagen y los MSA (measures of sampling adequacy) bastante altos en la diagonal de la matriz de correlaciones anti-imagen.

<sup>10</sup>Para cuantificar la *importancia* que asigna cada persona a los atributos de los supermercados ( $W_i$ ), se pidió a los entrevistados que evaluaran la importancia de los mismos atributos expuestos con anterioridad (Birtwistle *et al.*, 1999). En cuanto a las variables que nos interesa en esta investigación y que está referida a la *evaluación* de los atributos de un supermercado ( $R_i$ ), se pidió al entrevistado que evaluaran el establecimiento en el que realizan sus compras habitualmente en función de cada uno de los atributos expuestos en una lista (Birtwistle *et al.*, 1999), con su correspondiente opción de respuesta de 1 a 5 puntos (desde muy baja a muy alta).

riables que miden la lealtad por satisfacción, el *tercer factor* agrupa a las variables que miden el compromiso con la compra, y por

último el *cuarto factor* reúne a aquellas variables que miden la lealtad espuria (Tabla I).

TABLA I. Factores claves de la lealtad y compromiso asumidos por los consumidores.

Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
– Comparo el precio y la calidad de las diferentes marcas dentro del supermercado.	0,68			
– Comparo precios entre diferentes supermercados.	0,79			
– Comparo las características de los diferentes supermercados al elegir uno u otro.	0,71			
– Consulto la propaganda del supermercado antes de ir a comprar.	0,70			
– Comento con conocidos las ventajas e inconvenientes de los diferentes supermercados.	0,58			
– Dentro del supermercado me aseguro del precio de venta de los productos.	0,48			
– Estoy satisfecho con las compras realizadas anteriormente en mi supermercado habitual.		0,84		
– Considero que mi supermercado habitual cumple mis expectativas.		0,87		
– La compra es una tarea importante y hay que dedicarle tiempo y esfuerzo.			0,82	
– Yo suelo dedicarle tiempo y esfuerzo.			0,85	
– Vengo a este supermercado por que no existe otra alternativa que me resulte más cómoda.				0,84
– Vengo a este supermercado simplemente por costumbre.				0,85
Valor propio	3,24	2,09	1,47	1,13
Varianza explicada	26,96	17,42	12,21	9,38

Una vez que se comprobó que las variables pertenecían a su correspondiente escala, se examinó la consistencia interna de cada una de ellas, incluida la escala que mide los atributos del supermercado. Para esto se empleó el coeficiente de alpha de Cronbach.

En la mayoría de los casos los índices se consideran aceptables, ya que superan ampliamente el nivel del 0,7 (Nunnally, 1978; Hair *et al.*, 1999), con excepción de la escala que mide la lealtad espuria (alpha de

Cronbach de 0,62), ya que no alcanza este índice mínimo, pero está dentro de los límites que se consideran aceptables para realizar una investigación exploratoria (0,6) (Hair *et al.*, 1999)<sup>15</sup>.

<sup>15</sup>Aunque existe el antecedente de un estudio realizado por Lau y Lee (1999), donde se incorporó al análisis una escala con un alpha de Cronbach del 0,62, es necesario tomar algunas precauciones al interpretar los resultados relacionados con este ítem.

## 4.2. Resultados de la investigación

**4.2.1.** Los clientes que son leales por satisfacción están más comprometidos con la compra, que aquellos clientes que se caracterizan por una lealtad espuria (Hipótesis 1).

Para estudiar esta hipótesis, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), que muestra la lealtad por satisfacción y lealtad espuria promedio de los clientes (se utilizaron dos variables por cada tipo de lealtad), en función de las dos variables que miden el compromiso con la compra.

Los resultados de este análisis muestran que el compromiso con la compra de los clientes que son leales por satisfacción, supera al de los clientes que tienen una lealtad espuria, en todos los casos analizados, in-

cluso en los casos en que el compromiso con la compra es menor (Tabla II). Esto indica que los clientes que son leales por satisfacción están más comprometidos con la compra que los clientes que poseen una lealtad espuria. Por lo tanto, *estos resultados respaldan la hipótesis 1*.

Es necesario mencionar, además, que existen diferencias significativas en la lealtad por satisfacción de los clientes, en función del menor y mayor compromiso con la compra, en tres de los cuatro análisis realizados (75%), al mismo tiempo los resultados indican que no existen diferencias en la lealtad espuria en relación con el compromiso con la compra, en la totalidad de los casos analizados (Tabla II).

TABLA II. Lealtad por satisfacción y espuria en función del compromiso con la compra.

Tipos de lealtad	Afirmaciones utilizadas para medir el tipo de lealtad <sup>a</sup>	Compromiso con la compra					
		Yo suelo dedicarle tiempo y esfuerzo			La compra es una tarea importante y hay que dedicarle tiempo y esfuerzo		
		Menor	Mayor	ANOVA	Menor	Mayor	ANOVA
Lealtad por satisfacción	1	3,71	4,10	10,89 ***	3,83	3,99	1,64
	2	3,6	4,08	13,75 ***	3,69	3,98	4,18**
Lealtad espuria	1	2,97	2,78	0,79	2,81	2,87	0,07
	2	3,15	3,04	0,33	3,14	3,05	0,17

Nota: \*\*\* $p \leq 0,01$ ; \*\* $p \leq 0,05$ ; \* $p \leq 0,10$ . <sup>a</sup> Lealtad por satisfacción: 1= Estoy satisfecho con las compras realizadas anteriormente en mi supermercado habitual; 2= Considero que mi supermercado habitual cumple mis expectativas. Lealtad espuria: 1= Vengo a este supermercado porque no existe otra alternativa que me resulte más cómoda; 2= Vengo a este supermercado simplemente por costumbre.

**4.2.2.** Los clientes que son leales por satisfacción tienden a evaluar positivamente una mayor cantidad de atributos, en comparación con aquellos clientes que se caracterizan por una lealtad espuria (hipótesis 2).

Para conocer esta tendencia, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre la evaluación de los atributos y las variables que miden la lealtad espuria y la lealtad por sa-

tisfacción (dos variables por cada tipo de lealtad). Los resultados muestran que los clientes que son leales por satisfacción comparado con los clientes que se identifican con la lealtad espuria tienden a evaluar positivamente una cantidad considerable de atributos del supermercado y no evalúan significativamente ningún atributo en forma negativa (Tabla III).

TABLA III. Relación entre el tipo de lealtad y la evaluación de los atributos.

Atributos del supermercado	Lealtad por satisfacción		Lealtad espuria	
	1	2	1	2
	r		r	
Calidad de los productos	0,247 ***	0,298 ***	-0,151 **	-0,074
La variedad de marcas de cada producto	0,232 ***	0,269 ***	-0,102	0,017
La relación calidad-precio de los productos	0,152 **	0,210 ***	-0,014	0,006
Los productos están siempre disponibles en las estanterías	0,237 ***	0,302 ***	-0,128 *	0,046
Facilidad para encontrar los productos buscados	0,302 ***	0,322 ***	-0,121 *	0,015
Rapidez al pasar por caja	0,204 ***	0,228 ***	-0,086	-0,118
Limpieza, decoración y ambiente del establecimiento	0,277 ***	0,260 ***	-0,146 **	-0,149 **
Cercanía al domicilio, trabajo o al camino habitualmente recorrido	-0,068	-0,045	0,221 ***	0,084
Buena atención del personal y trato amable	0,150 **	0,130 *	-0,010	-0,049
Disponibilidad de personal para ayudar o resolver dudas	0,266 ***	0,285 ***	-0,022	-0,006
Posibilidad de pago con tarjeta	-0,035	0,016	0,063	0,031
Posibilidad de reparto a domicilio y de pedido telefónico	0,029	0,052	0,081	0,120
Nivel de precios	0,042	0,057	-0,097	-0,06
Las promociones y ofertas	0,250 ***	0,270 ***	0,072	0,123 *
Claridad de la indicación de precios y promociones en el establecimiento	0,131	0,072	0,045	0,078
Posibilidad de acumular puntos con la tarjeta	0,116	0,109	0,056	-0,014

Nota: \*\*\* $p \leq 0,01$ ; \*\* $p \leq 0,05$ ; \* $p \leq 0,10$ .

Desde el punto de vista de los clientes que se caracterizan por una lealtad espuria es interesante mencionar que uno de los atributos que evalúan positivamente es la cercanía al domicilio, al trabajo o al camino habitualmente recorrido, evidenciando que este tipo de clientes fieles tiene la tendencia a evaluar positivamente sólo algunos atributos del supermercado (se debe tener presente que los atributos evaluados negativamente superan a los evaluados positivamente). Por lo tanto, de acuerdo a los datos disponibles, es la cercanía del supermercado al domicilio o al trabajo lo que motiva a los clientes que tienen una lealtad espuria a comprar frecuentemente en un mismo supermercado. Finalmente, en este punto debemos mencionar que el otro atributo que tienden a evaluar positivamente este tipo de clientes, son las promociones y ofertas (significativa al 0,10 en una de las variables). Por lo tanto, *estos resultados respaldan la hipótesis 2*.

## 5. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación indican que los clientes de un supermercado que poseen una lealtad espuria tienden a evaluar positivamente sólo algunos atributos del supermercado, principalmente aquellos que les inducen a comprar habitualmente en un mismo establecimiento. Por el contrario, los clientes que son leales por satisfacción tienden a evaluar positivamente una parte considerable de los atributos del supermercado y ninguno negativamente. Esto respalda los argumentos planteados por los autores Flavián y Martínez (1996) cuando explican que una lealtad espuria es producto, muchas veces, de los costos monetarios y/o no monetarios que están involucrados al comprar en otro establecimiento.

Además, los resultados confirman lo propuesto por Assael (1993), ya que expresan que el compromiso con la compra de los

clientes que son leales por satisfacción supera al compromiso de los clientes que tienen una lealtad espuria.

Todo lo anterior respalda la idea de que la lealtad espuria, más que una actitud, es simplemente un comportamiento (Wernerfelt, 1991), una conducta (Jacoby, 1971) que se caracteriza por la repetición de compra del consumidor (Ehrenberg, 1988), ya que, al no tener su origen en la satisfacción, los clientes que tienen una lealtad espuria no logran percibir una buena imagen del establecimiento, lo que demuestra que éstos no están comprometidos ni satisfechos con éste (Day, 1969; Assael, 1993).

Pero este tipo de lealtad no debe considerarse una herramienta poco válida para el éxito de la empresa, sino más bien un elemento que puede traerle grandes beneficios. De hecho, el aumento de lealtad de compra repetida puede admitir la formación de relaciones más íntimas con los clientes, permitiendo a la empresa conocer más sobre lo que ellos necesitan y prefieren y así ser capaces de proporcionarles un buen servicio a un menor costo (Sharp y Sharp, 1997). De esta forma, la lealtad puede crear barreras a la entrada en el mercado, disminuyendo las posibles amenazas de la competencia en el futuro.

Por lo tanto, podemos considerar que la lealtad espuria es una oportunidad que tienen las empresas para lograr una relación más estrecha con los consumidores, como un paso previo hacia una lealtad que contenga una mayor satisfacción del cliente. De hecho, las empresas a través del tiempo pueden renovar sus estrategias de fidelidad, enfocándolas sobre la base de elementos de la imagen más profundos, no sólo considerando las necesidades funcionales del consumidor, sino también las necesidades emocionales y simbólicas (Park *et al.*, 1986; Keller, 1993; Aaker, 1996).

No obstante estos resultados e implicaciones directivas, debemos mencionar algu-

nas limitaciones que pueden ser superadas en las investigaciones que se realicen con posterioridad.

Una de las principales limitaciones es el ámbito geográfico considerado en la investigación, ya que sólo incluyó la ciudad de Zaragoza (España). Además, se pudo incluir sólo tres cadenas de supermercados, por lo que sería interesante que en próximas investigaciones se analice una mayor cantidad de ellos en diferentes ciudades e incluso países (por ejemplo, Chile), ya que de esta forma se podrían comparar los resultados entre diferentes establecimientos y consumidores de los mismos segmentos de mercado.

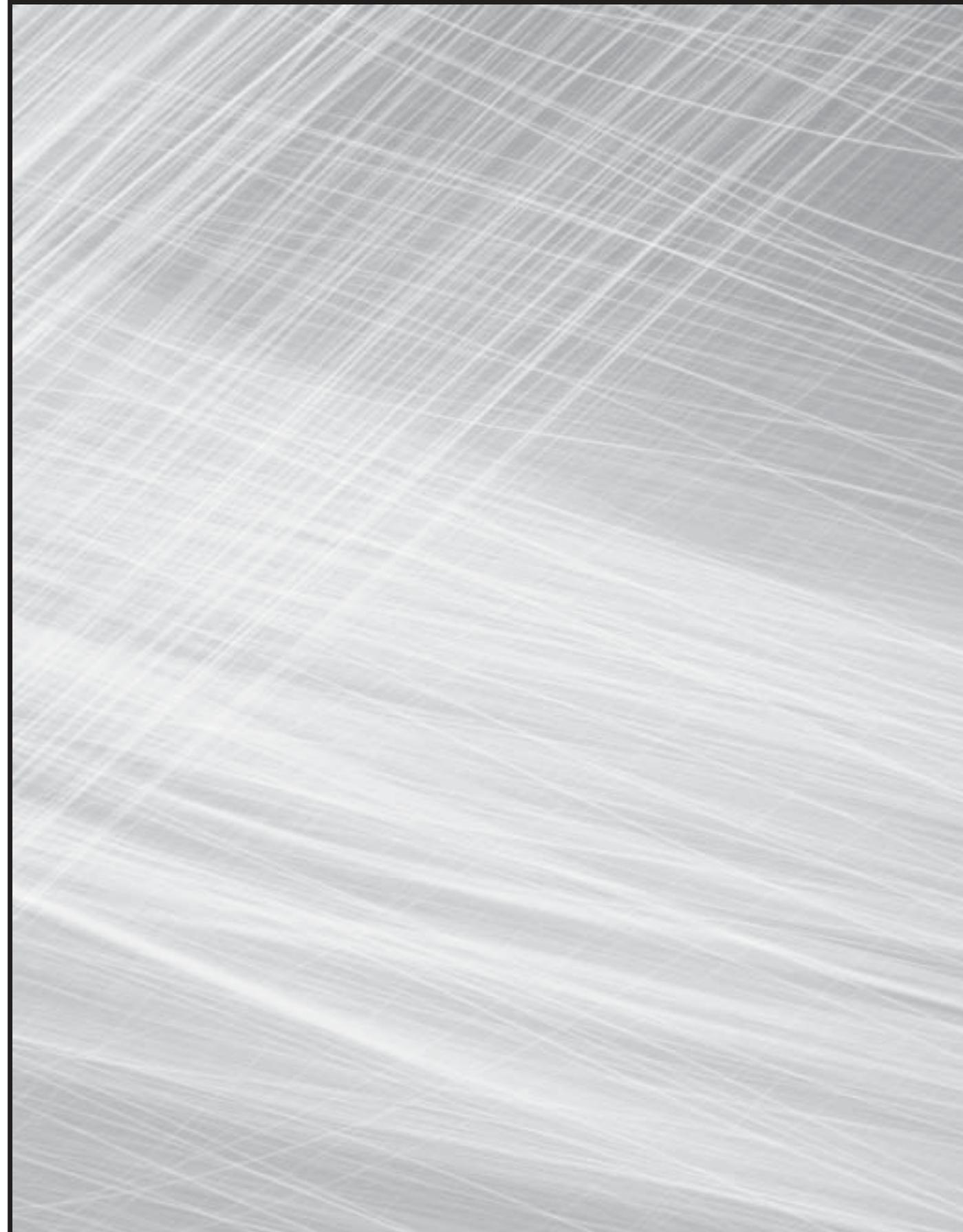
Por último, se recomienda que en futuras líneas de investigación se propongan escalas fiables y válidas que permitan medir los conceptos de lealtad por satisfacción y espuria como variables latentes, y de esta manera lograr una mayor objetividad y una cuantificación más exacta de los resultados de cualquier análisis relacionado con este tema.

## BIBLIOGRAFIA

- AAKER, D. (1996) Construir marcas poderosas. Barcelona: Ediciones Gestión 2000. S.A.
- AAKER, D. and JONES, J. M. (1971) Modelling Store Choice Behaviour. *Journal of Marketing Research*. 8: pp. 38-42.
- ASSAEL, H. (1993) *Marketing, Principles & Strategy*. 2ª edición. New York: The Dryden Press.
- BERNE, C., MUGICA, J. y YAGÜE, M. J. (1996) La gestión estratégica y los conceptos de calidad percibida, satisfacción del cliente y lealtad. *Economía Industrial* 307: pp. 63-74.
- BIRTWISTLE, G., CLARKE, I. and FREATHY, P. (1999) Store Image in the UK Fashion Sector: Consumer Versus Retailer Perceptions. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*. 9 (1) (January): pp. 1-16.
- CARMAN, J. M. (1970) Correlates of Brand Loyalty. *Journal of Marketing Research* 7: pp. 67-76.
- CHAUDHURY, A. and HOLBROOK, M. (2001) The Chain of Effects from Brand Trust and Brand Affect to Brand Performance: The Role of Brand Loyalty. *Journal of Marketing*. 65 (April): pp. 81-93.

- DAY, G. S. (1969) A Two-Dimensional Concept of Brand Loyalty. *Journal of Advertising Research*. (September): pp. 29-36.
- DOYLE, P. and FENWICH, I. (1974) How Store Image Affects Shopping Habits in Grocery Chains. *Journal of Retailing* 50 (4): pp. 39-52.
- DENISON, T. and KNOX, S. (1993) Pocketing the Chance From Loyalty Shoppers: the Double Indemnity Effect. *Proceedings of the Marketing Education Group Conference, Loughborough*: pp. 221-232.
- DUNN, R. and WRIGLEY, N. (1984) Store Loyalty for Grocery Products: An Empirical Study. *Area* 16 (4): pp. 307-314.
- EAST, R., HARRIS, P., WILLSON, G. and LOMAX, W. (1995) Loyalty to Supermarkets. *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research* 5 (1): pp. 99-109.
- EAST, R., HARRIS, P., WILLSON, G., LOMAX, W. and PERKINS, D. (1997) First-Store Loyalty to US and British Supermarkets. *Proceeding of the 26<sup>a</sup> Emac Conference, Warwick* 1: pp. 401-415.
- EHRENBERG, A.S.C. (1988) *Repeat Buying: Facts, Theory and Applications*. New York: Oxford University Press.
- ENIS, B. M. and PAUL, G. W. (1970) Store Loyalty as a Basis For Markets Segmentation. *Journal of Retailing* 46: pp. 206-208.
- FLAVIAN, C.; MARTINEZ, E. and POLO, Y. (2001) Loyalty to Grocery Store in the Spanish of the 1990s. *Journal of Retailing and Consumer Services* 8: pp. 85-93.
- FLAVIAN, C. y MARTINEZ, F. (1996) La fidelidad al establecimiento en la adquisición de artículos de compra ocasional. *Cuadernos Aragoneses de Economía* 6 (2): pp. 481-491.
- FOURNIER, S. and YAO, J. L. (1997) Reviving Brand Loyalty: A Reconceptualization Within the Framework of Consumer-Brand Relationships. *International Journal of Research in Marketing* 14: pp. 451-472.
- HAIR, J., ANDERSON, R., TATHAM, R. and BLACK, W. (1999) *Análisis multivariante*. 5<sup>a</sup> edición. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- JACOBY, J. (1971) A Model of Multi-Brand Loyalty. *Journal of Advertising Research* 11 (3): pp. 25-31.
- JACOBY, J. and CHESTNUT, R. W. (1978) *Brand Loyalty: Measurement and Management*. NY: John Wiley & Sons.
- JAMES, D. L., DURAND, R. M. and DREVES, R. (1976) The Use of a Multi-Attribute Attitude Model in a Store Image Study. *Journal of Retailing* 52 (2): pp. 23-34.
- KELLER, K. L. (1993) Conceptualizing, Measuring, and Managing Customer-Based Brand Equity. *Journal of Marketing* 57 (January): pp. 1-22.
- LAU, T. and LEE, H. (1999) Consumers' Trust in a Brand and the Link to Brand Loyalty. *Journal of Market Focused Management* 4: pp. 341-370.
- MACINTOSH, G. and LOCKSHIN, L. (1997) Retail Relationships and Store Loyalty: A Multi-level Perspective. *International Journal of Research in Marketing* 14: pp. 487-497.
- McGOLDRICK, P. J. and ANDRE, E. (1997) Consumer Misbehaviour: Promiscuity of Loyalty in Grocery Shopping. *Journal of Retailing and Consumer Services* 4 (2): pp. 73-81.
- NGUYEN, N. and LEBLANK, G. (2001) Corporate Image and Corporate Reputation in Customers' Retention Decisions in Services. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 8: pp. 227-236.
- NOWELL, C. and STANLEY, L. (1991) Length-Biased-Sampling in Mall Intercept Surveys. *Journal of Marketing Research*. 28 (Nov.): pp. 475-479.
- NUNNALLY, J. (1978) *Psychometric Theory*. 2<sup>a</sup> edition. NY: McGraw-Hill.
- OLIVER, R. (1999). Whence Consumer Loyalty? *Journal of Marketing* 63 (Special Issue): pp. 33-44.
- OSMAN, M. Z. (1993) A Conceptual Model of Retail Image Influences on Loyalty Patronage Behaviour. *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*. 3 (2): pp. 133-148.
- PARK, W., JAWORSKI, B. and MACLNNIS, D. (1986) Strategic brand concept-image management. *Journal of Marketing* 50: pp. 135-145.
- SHARP, B. and SHARP, A. (1997) Loyalty Programs and their Impact on Repeat-Purchase Loyalty Patterns. *International Journal of Research in Marketing* 14: pp. 473-486.
- WALKER, D. and KNOX, S. (1997) New Empirical Perspectives on Brand Loyalty: Implications for Market Segmentation and Equity Management. *Proceeding of the 26<sup>a</sup> European Marketing Academy, Warwick*: pp. 1313-1327.
- WERNERFELT, B. (1991) Brand Loyalty and Market Equilibrium. *Marketing Science*. 10 (3) (summer): pp. 229-245.
- WILKIE, W.L. and PESSEMIER, E. A. (1973) Issues in Marketing's Use of Multi-Attribute Attitude Models. *Journal of Marketing Research*. 10 (November): pp. 428-441.

# EDUCACION Y HUMANIDADES





# **LAS TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y COMUNICACIONES (TIC) EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA**

## **TECHNOLOGIES OF INFORMATION AND COMMUNICATIONS (TIC) IN THE UNIVERSITY TEACHING**

**ANGELO BENVENUTO VERA**

Departamento de Contabilidad y Auditoría, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas,  
Universidad de Concepción, Chile, e-mail: abenven@udec.cl Pág. web: <http://www.udec.cl/abenven>

### **RESUMEN**

Las Tecnologías de la Información y Comunicaciones TIC han devenido incorporándose naturalmente en la docencia universitaria obedeciendo a distintas motivaciones de un sector de académicos. Esta particular génesis explica la diversidad existente en universidades, facultades y en los propios académicos en el uso y aplicaciones de las TIC. Bajo es el porcentaje que las ha incorporado, el énfasis está en usarlas de apoyo en el proceso docente tradicional, más que integrarlas al mismo y aprovechar la generación de externalidades positivas y de entornos de aprendizaje, que es posible diseñar y habilitar en pos de elevar la calidad del proceso educativo y su resultado.

Por sí mismas las TIC e Internet no educan ni reemplazan al profesor, son un recurso poderoso cuya incorporación debe considerar nuevos roles del profesor, nuevos contenidos, programas y formas de evaluar. Su incorporación exige revisar sistémica, corporativa y transversalmente los actuales contextos educativos, desde la estimación de la hora “crédito” y cargas académicas de profesores, hasta las mallas y contenidos curriculares. De incorporarlas masivamente, medio millón de estudiantes del sistema de educación superior serían beneficiados por las TIC.

El objetivo de este ensayo es contribuir al análisis reflexivo del tema, repasar prácticas y modelos a través del examen de experiencias e indicadores. Subyacentemente sensibilizar a profesores y directivos que, superada la iniquidad de acceso local a Internet, indiferencia de académicos a adquirir competencias tecnológicas, ausencia de líderes carismáticos, falta de mecanismos que evalúen adecuadamente la docencia y el uso de TIC, insuficiencia de equipamiento, las TIC ofrecen una verdadera oportunidad para que la educación superior, las incluya como una herramienta estratégica en el desarrollo de su misión.

**PALABRAS CLAVES:** TIC y educación superior, docencia universitaria, TIC y docencia, educación superior.

### **ABSTRACT**

Technologies of Information and Communications, TIC, have naturally become incorporated in university teaching obeying to different motivations of a sector of academics. This particular genesis explains the diversity existing in Universities, Faculties and in the academics themselves regarding the use and applications of the TIC. The percentage of academics who has incorporated them is still low, and the tendency is to use them as a support to the traditional educational process, rather than to integrate them to it and to take advantage of the generation of positive external issues and of learning environments which may be possibly to design and enable with them, so as to increase the quality of the educational process and its result.

TICs and Internet do not educate neither replace the professor, but they are a powerful resource whose incorporation should consider the professor's new roles, new contents, programs and evaluation methods.

Their incorporation demands a systemic revision, corporate and transversely the current educational contexts from the estimate of credit hours and professors' academic loads and curricular network and contents. If they were massively incorporated, at least half million of students of the System of Superior Education would be benefitted by the TIC.

The objective of this rehearsal is to contribute to the reflexive analysis of this topic, through the examination of experiences and indicators. Underlying it also intends to sensitize professors and directive that overcoming: the iniquity of local access to Internet, the indifference of academics to acquire technological competitions, the absence of charismatic leaders, the lack of mechanisms that evaluate the use of TICs, and the equipment inadequacy, the TICs, included as a strategic tool in the teaching and learning process would offer a valuable opportunity to help to the development of Superior Education and its Mission.

KEYWORDS: University Teaching, Technologies of Information and Communications and Teaching, Higher Education.

Recibido: 29/04/2003 Aceptado: 04/08/2003

## INTRODUCCION

La sociedad ha sido impactada por las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC)<sup>1</sup>, cada vez tiende más a fundarse en el conocimiento, razón por la cual la educación superior y la investigación forman parte fundamental del desarrollo cultural, socioeconómico de los individuos y por ende del país. Es, entonces, el conocimiento una forma de creación de riqueza, en consecuencia es la educación donde se fundan algunos activos de la sociedad.

Una nueva sociedad y economía, basada en la información y el conocimiento, ha emergido. Esta particular característica genera una demanda de educación superior muy distinta, condicionando una nueva oferta tanto en términos de medios y recursos tecnológicos como de recursos humanos, tales como los académicos de la enseñanza superior que, desde una nueva perspectiva, serán los agentes y facilitadores de un innovador proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de un contexto definido por políticas del más alto nivel al interior de las universidades.

El tema de innovación tecnológica y docencia puede ser analizado desde múltiples perspectivas; cualquiera sea ella, debe con-

templar no sólo el conjunto de actores y elementos del proceso innovador, sino también los efectos entre las interacciones con el resto de los actores o elementos debidos a incorporación de las TIC. Particular relevancia tiene la connotación sistémica al abordar este tema. Es imprescindible una visión holística en pos de la integración de las TIC en el sistema universitario (Artroza, 1999).

En general, y desde finales del siglo pasado, la incorporación de las TIC en la docencia superior ha sido un proceso cuasi-estático. Universidades y centros de educación superior han devenido naturalmente incorporando las tecnologías de información y comunicaciones, sin prever en rigor y fundamentadamente sus efectos en términos de beneficios económicos y de un mejoramiento de la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los primeros proyectos en el uso de estos nuevos recursos han respondido a iniciativas de grupo de profesores entusiastas, soñadores, emprendedores e imaginativos, que invirtiendo un considerable tiempo se han atrevido a innovar. Los innovadores del sector educación, en general, no han sido líderes de opinión, ni quienes dirigen el proceso administrativo de la universidades, como lo han sido en sectores empresariales o en algunos servicios del Estado. Particularmente en el tema de las TIC el proceso de conversión

<sup>1</sup>También llamadas NTIC: Nuevas Tecnologías de Información y Comunicaciones.

respecto de la innovación tecnológica, consume mucho más recurso tiempo hacia arriba en la pirámide organizacional que el proceso de conversión hacia abajo de la pirámide. Así, tanto en Chile como en Europa, un gran número de proyectos de innovación ha sido de carácter voluntario y desinteresado (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000).

En los años recientes se ha notado ausencia de políticas coherentes que respondan a una estrategia de tipo corporativo, y como consecuencia no se observan las TIC integradas masivamente al proceso. Lo anterior es debido a que entre universidades, como al interior de las mismas, existe una multiplicidad de niveles de competencias, recursos, capital humano, y capital social, que explican las enormes brechas en las instituciones de educación superior. Esta diversidad y modalidad de llevar a cabo estos proyectos, es la explicación del porqué las TIC están presentes en las aulas universitarias con distintos grados de uso y administrada con diferentes niveles de eficiencia.

El énfasis ha estado en usar las TIC como medios de apoyo, más que integrarlas al proceso de tal forma que su uso sea natural como hoy en día lo es el plumón, el borrador y la pizarra. Sin embargo, el aporte de estas nuevas experiencias innovadoras es que invitan a reflexionar respecto de la vigencia de las actuales prácticas docentes y, a su vez, atender y explicar nuevos conceptos y paradigmas que están conformando una expresión distinta y complementaria a los procesos educativos tradicionales. Motivo de análisis debe ser el proceso de cómo estas herramientas se continúen incorporando al proceso educativo.

En lo relativo a la calidad del proceso docente, es posible encontrar argumentos en ambas direcciones respecto de los beneficios como consecuencia del uso de las TIC. Uno de los principales argumentos ligados al logro en mejorar la calidad del proceso, es cuando el cuerpo directivo de facultades y

departamentos se caracterizan por la destreza en la interpretación de las TIC, en pro de mejorar la calidad del proceso (Pérez *et al.*, 2002). Por otra parte, hay incertidumbre sobre el beneficio de la tecnología en el mejoramiento de la calidad de la educación (Vergara *et al.*, 2001).

Oportuno es señalar que, por efectos de la incorporación de TIC en procesos educativos, no se observarán los saltos espectaculares observados en procesos administrativos o productivos en el ámbito de la industria. El Servicio de Impuestos Internos redujo el proceso de Declaración de Renta de 25 días a 12 horas, y con mejoras evidentes en la calidad e integridad de la información (Etcheberry, 2001). Otro ejemplo de reciente data es el implementado por el Departamento de Propiedad Intelectual del Ministerio de Economía, el trámite de solicitud, registro y pago de marcas comerciales y patentes de invención tardaba en promedio 13 horas y ahora este mismo proceso tomará 4 minutos. Ambos ejemplos no deben generar falsas expectativas. En educación se trata con seres humanos, que se desarrollan de manera compleja y muy desigual (Brunner, 2002). Por cada 100 hogares en Chile, 20 tienen computador y 10 de ellos están conectados a Internet, existiendo regiones en las cuales existen 34 computadores conectados por cada 1.000 hogares (INE, 2003).

## UNIVERSIDADES Y UNIVERSITARIOS EN CHILE

El uso de las TIC en la docencia universitaria tiene un enorme impacto en atención al número de estudiantes matriculados en el sistema. Chile ha experimentado una expansión tanto de instituciones de educación superior como de estudiantes, la matrícula se ha triplicado en dos décadas, su evolución y tendencia se muestra en el figura siguiente:

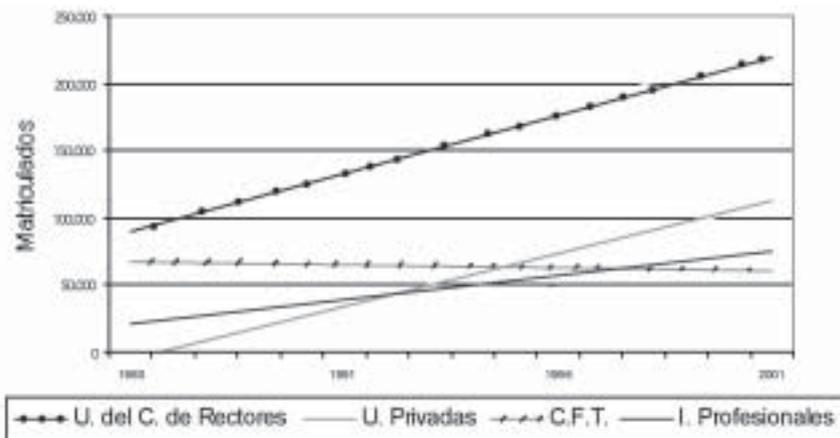


FIGURA 1. Tendencias en la matrícula del sistema de educación superior (1983-2002).

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los datos del Ministerio de Educación Pública de Chile<sup>2</sup>.

El Sistema Educación Superior en Chile esta conformado<sup>3</sup> por 63 universidades (25<sup>4</sup> con AFD<sup>5</sup>, 38 sin AFD), 51 institutos profesionales y 112 centros de formación técnica. El número de instituciones de educación en Chile evidencia una amplia oferta de carreras profesionales para una demanda que, en calidad, no ha crecido a la misma tasa según lo muestran las pruebas SIMCE y las pruebas de selección a la enseñanza superior. Existe una justificada y creciente preocupación con respecto a la garantía de calidad, tanto de las universidades como instituciones, así como de sus programas académicos (Solar *et al.*, 2002).

Lo anterior conlleva a diferenciarse de tal forma de atraer a los mejores puntajes, en un supuesto no menos válido que los estudiantes son uno de los insumos básicos que, sumado al capital humano y tecnológico de la institución de educación superior, mejorarán la calidad tanto del proceso formativo

como la calidad del propio producto final, el profesional. Y que, en definitiva, hacen viable a la empresa educativa. Concepto discutible, pero no menos cierto y de plena vigencia en el contexto nacional.

## FACULTADES, ACADEMICOS Y TIC

Chile es un país donde el nivel de profesionales en las TIC es bueno y mejorable, donde los enlaces, la conectividad y la continuidad de servicios de comunicación se caracterizan por un buen funcionamiento. Las universidades tienen igualdad de oportunidades de acceso a profesionales y tecnología de comunicaciones, sin embargo la diversidad entre universidades se hace evidente a través de visitar los sitios web de las mismas. Esta diversidad se presenta entre las propias facultades y entre los mismos académicos.

Los académicos son en general profesionales destacados en alguna de las disciplinas del conocimiento o de las artes, lo que no siempre es garantía de competencia tecnológica. En este probable escenario, y dada la tradición docente casi medieval en algunos casos, es razonable preguntar: ¿hasta qué punto se puede forzar a una actualización para

<sup>2</sup><http://www.mineduc.cl/superior/compendio/matricula.htm> (fecha de consulta, abril 2003).

<sup>3</sup>Ministerio de Educación de Chile. El número de instituciones es a marzo del 2002.

<sup>4</sup>16 universidades estatales y 9 universidades particulares, estas 25 universidades conforman el llamado "Consejo de Rectores de Universidades Chilenas".

<sup>5</sup>Aporte Fiscal Directo.

adquirir competencias tecnológicas, sin vulnerar sus derechos y su “libertad de cátedra”? Analizado tres años y sobre una muestra de 1.300 académicos, sólo un 9,7 % ha seguido cursos formales de TIC y sus aplicaciones en docencia universitaria. Esto indica que existe una cierta cultura de autosuficiencia informática en los académicos o un desinterés cuyas motivaciones pueden ser tema de investigación. En otros estudios se observan contradictorias apreciaciones respecto de competencias de académicos como de estudiantes en el tema tecnológico docente (Pérez *et al.*, 2002).

Para algunos estudiantes con mínima cultura tecnológica, un académico que exhiba un moderado dominio en TIC será evaluado muy bien, en el caso que el evaluador es un avezado estudiante de Ingeniería Civil Informática, este mismo académico podría fácilmente ser evaluado en forma deficiente. Esta asimetría puede ser explicada en función del llamado Coeficiente de Absorción Tecnológica<sup>6</sup>, la misma tecnología genera impactos y beneficios diversos en función de la percepción y cultura tecnológica que se tiene. En el actual estado, directivos, profesores, ayudantes y alumnos, usan, aplican y evalúan las TIC, cada cual dentro de su conocimiento y experiencia en el tema.

Una política de innovación tecnológica debe considerar que los agentes relevantes en este proceso son los propios académicos. Por tanto, debe contener mecanismos de incentivos que permitan una actualización masiva en TIC. Mucho se ha dicho de las brechas generacionales o que la edad puede ser un obstáculo en los procesos de innovación, que la gente madura es por naturaleza adversa al cambio. La generación de los años 40 en adelante ha vivido significativos pro-

cesos de cambio: uso de tarjetas de débito, tarjetas de crédito, banca electrónica, telefonía celular, calculadoras y agendas electrónicas, procesos tributarios, entre otros. Han resuelto exitosamente el cambio tecnológico en los procesos administrativos del diario vivir. En consecuencia, la edad no es una variable que explique satisfactoriamente la ausencia que se observa del estamento académico en el uso de TIC.

## DOCENCIA Y TIC

Se denominan Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) al conjunto convergente de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro, acceso y presentación de datos, información y contenidos (en forma alfanumérica, imágenes, videos, sonidos, aromas, otros<sup>7</sup>). Rol fundamental tiene en este conjunto de operaciones la informática y las telecomunicaciones, todas estas infraestructuras y redes de comunicaciones convergen en una sola red: Internet.

Se entenderá como proceso docente todas aquellas formas de aprender y organizar el aprendizaje, esto incluye los métodos de aprendizaje, los métodos pedagógicos, los contenidos de los programas, las modalidades de las relaciones entre profesores y alumnos, la organización de los centros de enseñanza y de las clases, expresión de jerarquías, y los procesos de evaluación tanto de profesores como de estudiantes. En consecuencia, no puede seguir haciéndose lo mismo y de la misma forma si se incorporan las TIC al proceso docente. El modelo actual entiende que el aula es un espacio físico donde el proceso educativo tiene su máxima expresión, en ella se dan relaciones directas entre

<sup>6</sup>Para construir el índice se utilizan 10 indicadores de educación, infraestructura y costo de telecomunicaciones, densidad de computadores personales, infraestructura y penetración de Internet.

<sup>7</sup>Vibraciones, temperaturas, movimientos, acciones a distancia.

profesor y sus alumnos, como también entre los alumnos. Hay un perfecto sincronismo, profesores y alumnos coinciden en el espacio y en el tiempo, conforme previamente lo ha establecido la programación de cada Facultad. Las TIC proyectan el aula en el espacio y el tiempo, e incorporan un universo de contenidos, experiencias y personas que serían imposibles de considerar sin las TIC. Por la misma razón, para beneficiarse de las externalidades que las TIC generan, deben ser revisados: métodos, contenidos, mallas curriculares, organización y procesos de evaluación.

Por sí mismas las TIC e Internet<sup>8</sup> no educan, y evidentemente no son la panacea, ni tampoco fuente de soluciones para el mejoramiento de la calidad, ni la innovación del proceso docente. Las TIC son útiles, son condición necesaria para la innovación del proceso, para mejorar la eficiencia y calidad, pero no son suficientes. Para que ello ocurra, deben considerarse las formas que adquieren por su inclusión las relaciones y las interacciones existentes entre cuatro elementos del proceso docente: Medios (TIC), personas (díada profesor-alumno), roles de las personas, y la organización que tienen o se dan en estos elementos. Finalmente, debe mencionarse un quinto elemento que subyace y convive silenciosamente, la cultura tecnológica presente en cada uno de los directivos, profesores y estudiantes. Este “quinto elemento”, cultura tecnológica, es determinante en los beneficios que puede reportar el uso de

TIC en el mejoramiento de la calidad del proceso y en los resultados sobre el profesional que egresa del sistema educación superior.

Para el ámbito empresarial suele medirse esta cultura tecnológica con el índice Capacidad de Absorción Tecnológica, que corresponde a 24 para el caso nacional —considerando a Estados Unidos como base 100 (Lever *et al.*, 2001)—, aprovechando menos de un cuarto del potencial real de las TIC, lo que limita la eficiencia y la rapidez del cambio.

## LA PAGINA WEB COMO RECURSO EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA

Una actividad de relativa simpleza que evidencia la aplicación de TIC en docencia es el uso de páginas web<sup>9</sup>, tanto para asignaturas como páginas de profesores. Éstas apoyan e integran las TIC a la clase tradicional, proveyéndose un nuevo canal de comunicación con sus estudiantes, formando redes de colaboración entre grupos de alumnos, transportando la asignatura y el aula tradicional al lugar y en el momento que los estudiantes lo requieran. Resultados de un estudio exploratorio para efectos de este artículo realizado en una muestra de más de 1.500 profesores y por encima de 15.000 estudiantes universitarios, revela que un 10% de los académicos tiene páginas web.

<sup>8</sup>Para efectos de este artículo aceptaremos a la red Internet implícita en el concepto de TIC.

<sup>9</sup>World Wide Web o, simplemente, Web. Una página de Internet o página Web es un documento electrónico que contiene información y es almacenado en algún computador conectado a Internet; puede ser consultado desde cualquier lugar y por cualquier persona que se conecte a esta red mundial de comunicaciones.

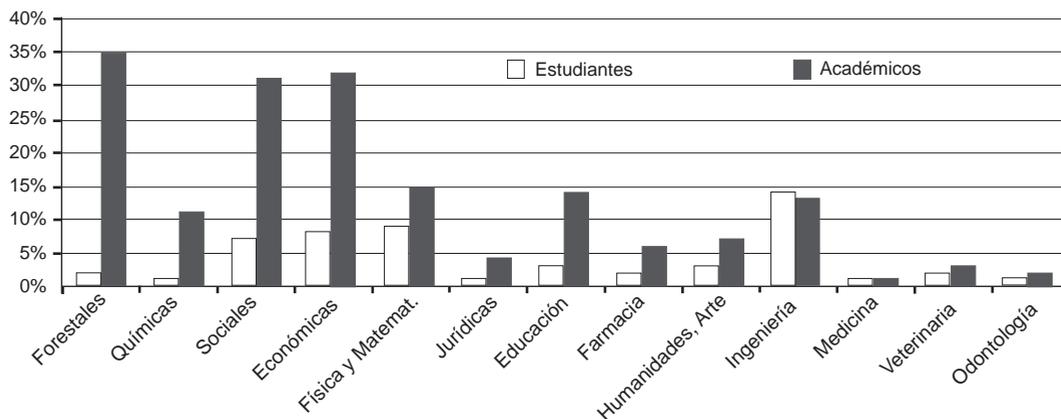


FIGURA 2. Porcentaje de estudiantes y académicos con página web.

Fuente: Elaboración propia de acuerdo al análisis de los datos obtenidos en estudio exploratorio.

La participación en el mundo web obedece a la cultura tecnológica individual de los académicos, más que a especialidades o disciplinas. Las páginas web no son territorio exclusivo de ciertas especialidades afines a la Ingeniería o Tecnología. Estos porcentajes no responden a políticas universitarias, ni a estímulos de alguna naturaleza. Corresponden

al deseo de una parte de los académicos a innovar, materializar de alguna forma el apoyo de las TIC en sus respectivas asignaturas.

Una página analizada<sup>10</sup>, la del autor, desde que apareció lleva un registro histórico del número de vistas acumuladas, a continuación se muestra gráficamente la evolución de la cantidad de visitas a la página.

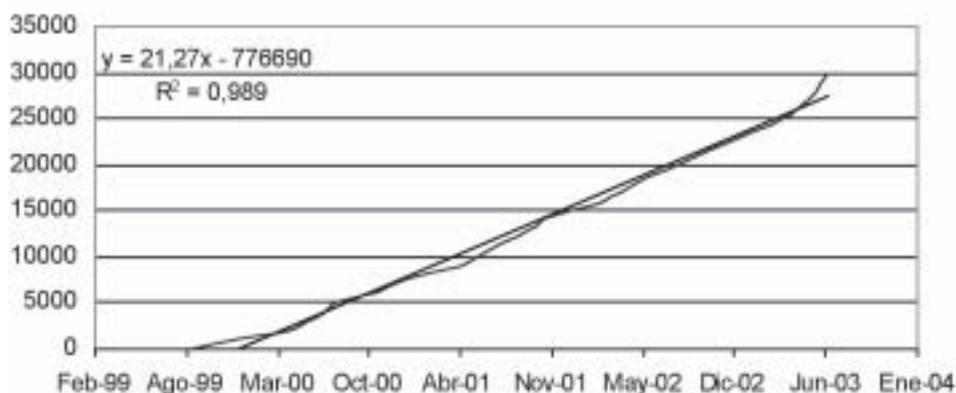


FIGURA 3. Evolución de accesos a una página web docente.

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los registros del autor.

El número creciente de visitas, como la cantidad de e-mail que deben responderse, evidencia que este recurso es usado por los estudiantes cada vez más y obviamente por el profesor. Cada asignatura tiene su propia

página con el respectivo programa, contenidos, temas a investigar, discutir o analizar, resultados de evaluaciones, metodología de trabajo, y enlaces a otras páginas o sitios que

<sup>10</sup><http://www.udec.cl/abenven/>

el profesor debe previamente filtrar, en resumen el profesor espera facilitar el aprendizaje generando entornos para el mismo, contextualizando los contenidos de acuerdo al nivel y especialidad de cada curso. Respecto de la frecuencia de acceso de los estudiantes (Benvenuto, 2002), un 6,4% entra siempre, un 50% declara entrar frecuentemente, un 29,5% entra sólo antes de pruebas y certámenes, un 12,8% lo hace raras veces y el 1,3% nunca lo ha hecho. El 78,2% visita la página desde los laboratorios de la propia Facultad. Un 14,1% lo hace desde casa de amigos o conocidos, y de su propio hogar es accesada por el 2,6% de los estudiantes.

La evaluación que hacen los estudiantes del aporte que hace la página web en su rendimiento académico es significativa. En un 66,7% los estudiantes señalan que la página web es una contribución a mejorar su rendimiento. Un 30,8% declara “no saber”.

Se observa que un 53,8% de los alumnos complementan las clases con apuntes y materiales puestos a su disposición en la página. Este punto merece una pequeña reflexión en sentido de no exagerar la cantidad de materias y contenidos, la idea no es reemplazar la forma de comunicación o transmisión de los contenidos que se exponen en forma presencial; el leer, dictar, o hablar no debe ser reemplazado por leer lo mismo en la pantalla del computador. No, categórica y definitivamente, esa no es la idea, y sin embargo es lo que más se observa, especialmente en varios programas del tipo e-learning, cursos a distancia vía Internet, con gran aceptación en ciertos nichos de mercado (Benvenuto, 2001); son principalmente programas orientados a completar estudios, cursos post título, diplomados, incluso grados académicos. Corresponden a una especie de enseñanza programada como añejas recetas, en que los contenidos, manuales, guías, e instructivos en papel han sido reemplazados por soporte digital, archivos en CD, y abundante correo electrónico,

todo lo anterior soportado por alguna plataforma ad-doc o por páginas web.

Muchas de estas iniciativas responden a lo atractivo del negocio educativo. En el mundo, se estiman<sup>11</sup> unos 20.000 millones de dólares por efecto de capacitación vía Internet en el sector empresarial. La opción para el pre grado es híbrida, es la semi presencialidad de los estudiantes y profesores. El primer requisito que debe cumplir la educación a distancia es que los alumnos estén a distancia del centro de educación y de sus profesores.

### DESAFIOS DE LAS TIC EN DOCENCIA SUPERIOR

Chile posee una infraestructura de comunicaciones de primer nivel. Esta red de comunicaciones es básica para extender la universidad más allá de sus límites geográficos. Las TIC son un medio habilitante extraordinario para el diseño de entornos de aprendizaje y materializar un modelo de enseñanza-aprendizaje de tipo constructivista. A partir de un núcleo temático básico, es posible ir construyendo aprendizajes por medio de la colaboración y aportes tanto de contenidos como de experiencias que se brindan a través de redes de colaboración que van conformándose entre él o los académicos y sus estudiantes. El desafío en este sentido es que las redes adquieren el carácter de redes de contenidos y complementan las clases presenciales, los integrantes de esta red son partícipes activos del proceso de enseñanza-aprendizaje. Un nuevo rol para educadores y educandos, el primero un facilitador y habilitador del proceso y, el segundo, un protagonista de su propio proceso de aprendizaje.

Lo anterior tiene implícito una serie de requerimientos y recursos tanto en los as-

<sup>11</sup><http://www.forbes.com/bow/2000/0911/bestofweb.html> “The Virtual Classroom Vs. The Real One” fecha de consulta, mayo 2003 (fecha artículo, nov. 2000).

pectos didácticos - pedagógicos - curriculares, como en los aspectos de tipo tecnológicos: que estudiantes y académicos tengan las competencias y habilidades mínimas en el uso de TIC. En este caso, el desafío es que los programas de las asignaturas contemplen los cambios en sus contenidos, que se produzca integración incluso de asignaturas, transversalidad en las modalidades de trabajo, integración de profesores en la evaluación. Incluso en muchas asignaturas el número de horas presenciales puede ser menor, lo que conlleva a una nueva valoración de la horas o créditos de cada asignatura. Un proceso con estas características implica para el académico una dedicación mayor, fácilmente puede demandar un 30% o 40% más del tiempo que dedica en la modalidad tradicional, especialmente en la fase inicial. Existe un desafío adicional, relativo a considerar adecuadamente en los procesos de evaluación académica estas actividades.

Al masificarse las TIC en la docencia significará una demanda espectacular por horas computador conectados a Internet en centros o laboratorios de informática y computación según se les llame. También crecerá la demanda servidores más grandes, de técnicos para el soporte tecnológico para la continuidad de operaciones y conectividad de los enlaces. El desafío en este punto es generar, adicionalmente a lo precedente, una relación asociativa entre tecnología y educación.

## CONCLUSIONES

La tecnología seguirá aportando nuevas herramientas para el uso docente, la presión tecnológica no cesará, y la respuesta a ella no es necesariamente "llenar" los centros de educación superior de computadores personales para corregir la inequidad de acceso a Internet, sino también deben desarrollarse en los académicos las habilidades y destrezas en el uso de TIC. Es un imperativo de pri-

mera magnitud conocer a través de la capacitación gradual, formal y sistemática, cuáles son las ventajas, usos y alcances de la tecnología antes de emprender su uso motivado por la modernidad o el aparente atractivo.

Las TIC están adquiriendo el carácter de imprescindible en los tiempos actuales, por la alta competencia en la enseñanza superior, las demandas de calidad, y la globalización en el acceso. La incorporación de las TIC en el ambiente universitario y en la docencia, en particular, debe ser el resultado de una adecuada planificación que considere el rediseño del proceso docente, con nuevos roles, estructuras, currículos y metodologías.

En general, se observa un cierto distanciamiento de parte importante de los académicos en el uso sistemático de TIC; esta situación puede también verse explicada por la ausencia de métodos de evaluación de las mismas en la docencia superior. El uso adecuado de las TIC supone en primer lugar talleres o seminarios de actualización, posteriormente actividades complementarias para incorporarlas y mantenerlas en el proceso. Dadas las condiciones vigentes y lo observado en los últimos años, se estima que pocos académicos estarán dispuestos a realizar este adicional esfuerzo.

En estas actividades tecno-docentes, por llamarlas de alguna forma, se invierte un considerable tiempo y no se está cierto sean evaluadas y consideradas adecuadamente en los procedimientos de evaluación correspondiente, y una razón muy simple, entre otras, es que los mecanismos de evaluación suponen la actividad docente sólo en el aula tradicional. Incluso para el rol docente clásico, no se observa se considere en general para efectos de evaluaciones y promociones si el académico logra con calidad los objetivos docentes. Los mecanismos de evaluación y promoción privilegian aspectos de investigación y de dirección, no menos importantes, por sobre aspectos docentes. La ausencia de métricas o mecanismos que midan y pre-

mien la calidad del proceso docente implica que el académico privilegie aquellas actividades de mayor “rentabilidad” en términos de evaluación y promoción. Criterio por cierto que debe ser revisado en pos de mejorar la calidad del proceso docente en la enseñanza superior.

Tal observación debe atenderse con especial premura en atención a la disposición, conocimiento, uso y cercanía a las tecnologías de información que tienen las nuevas y creativas generaciones. Existiendo serias dudas respecto de la calidad del Sistema Educativo previo a la enseñanza superior, éste sigue capacitando a sus docentes, e incorporando las TIC en el proceso educativo<sup>12</sup>. ¿Cómo se está preparando la enseñanza superior para recibir estas nuevas generaciones?

## BIBLIOGRAFIA

- ASTROZA, C. (1999) “Tecnologías de la información y la comunicación., asociada al currículo universitario, una propuesta de desarrollo”, Nuevos recursos docentes y sus implicancias para la Educación Superior, Centro Interuniversitario de Desarrollo CINDA, Fondo de Desarrollo Institucional del Ministerio de Educación de Chile, marzo, pp. 247-257.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, INFORME DE LA COMISION AL CONSEJO Y AL PARLAMENTO EUROPEO (2000) Concebir la educación del futuro, promover la innovación con las nuevas tecnologías, Bruselas, p. 10.
- LEVER, G., DIAZ, R., SCHOCKEN, S., URETA, L., PIÑA J., FARIAS, M.E., MYRICK, A. (2001) La economía digital en Chile 2001, Departamento de Estudios, Cámara de Comercio de Santiago, p. 17.
- BENVENUTO, A. (2002) Evaluación de páginas Web como recurso en la docencia universitaria, XIX Encuentro Nacional de Escuelas y Facultades de Administración y Economía, Universidad de Talca-Chile, mayo.
- BENVENUTO A. (2001) El usuario Internet VIII Región frente a la opción de educación a distancia, I Encuentro Informática Educativa en la Educación Superior, abril, Universidad de Los Lagos, Reuna, Red Universitaria Nacional, Mineduc.
- BRUNNER, MELLER P. (2002) Distintas visiones sobre las tecnologías de información (TI) e Internet en Chile, Perspectivas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile, Vol. 5, N° 2, pp. 131-142.
- ETCHEBERRY, J. (2001) Acciones de modernización tecnológica y políticas de TIC en El Servicio de Impuestos Internos”, SII, septiembre, Conferencia del Director del Servicio en la Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.
- INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS, Chile, Censo 2002. (2003) Síntesis de resultados, Comisión Nacional del XVII Censo de Población y VI de Vivienda, Santiago de Chile, marzo, <http://www.ine.cl/cd2002/sintesis censal.pdf>, fecha de consulta junio 2003.
- PEREZ C., ASTROZA C., HERRERA R., POBLETE A., CARRIZO D., GIANOTTI J., HONORES P., FUENTES V., PARDO R., GONZALEZ R. (2002) Indicadores de calidad para la gestión docente en la incorporación de tecnologías de información, Indicadores universitarios: Experiencias y desafíos internacionales, Centro Interuniversitario de Desarrollo CINDA, Grupo Operativo de Universidades Chilenas, diciembre, pp. 151-164.
- SOLAR, R., SEGURE, M., SAELZER, R., BAEZ, M., TOLEDO, C., PONCE, M., TORO y C. BACKHOUSE, P. (2002) Indicadores referidos a los actores del proceso docente, Indicadores universitarios: Experiencias y desafíos Internacionales, Centro Interuniversitario de Desarrollo CINDA, Grupo Operativo de Universidades Chilenas, diciembre, pp. 106-119.
- VERGARA, G. (2001) Docencia con el uso de tecnología: Evaluación y proyecciones, Evaluación de aprendizajes relevantes al egreso de la educación superior, Centro Interuniversitario de desarrollo CINDA, Fondo de Desarrollo Institucional, Ministerio de Educación de Chile, Santiago de Chile, marzo, pp. 231-235.

<sup>12</sup>[www.educarchile.cl](http://www.educarchile.cl)

# LA EVALUACION EN LOS PROCESOS DE FORMACION DESDE UNA PERSPECTIVA REFLEXIVO-CRITICA

## EVALUATION IN THE PROCESS OF FORMATION FROM A REFLEXIVE-CRITIC CRITICAL PERSPECTIVE

FANCY CASTRO RUBILAR

Departamento de Ciencias de la Educación, Facultad de Educación y Humanidades, Universidad del Bío-Bío,  
Campus Chillán. Casilla 447, Chillán-Chile, fono (42) 203448, fax (42) 203517, e-mail: fcastro@ubiobio.cl

### RESUMEN

En este ensayo se analiza la evaluación educacional en la universidad, desde una perspectiva reflexivo-crítica, que busca poner en discusión los paradigmas, las prácticas y las normativas que sustentan la acción evaluadora en los procesos de formación. Asimismo, pone en el centro del debate la condición del estudiante universitario como sujeto de evaluación en situación de formación.

Los ejes que dan cuenta de esta reflexión se basan en la descripción de una práctica pedagógica en la asignatura de Evaluación Educacional con alumnos de pedagogía, en la revisión de los subyacentes teóricos de las prácticas evaluativas y de los desafíos que se le formulan a los procesos de formación desde un enfoque comprensivo-crítico.

PALABRAS CLAVES: Evaluación, procesos de formación, reflexión crítica.

### ABSTRACT

In this essay we describe from a reflective-critical perspective the educational assessments carried out in an institution of higher education. With this, we try to encourage a debate on the paradigms, practices and regulations that make up the evaluating action in the professional formation process. At the same time we want to focus on the college student's condition as subject of this assessment while he/she is being trained to become a teacher.

The foundations for our discussion are found firstly in the description of a teaching experience in the subject Educational Assessment for students on a teacher-training program. Secondly, from the review of underlying theories about assessments, and lastly, from the and challenges that arise from the formation process looked at from a comprehensive -critical perspective.

KEYWORDS: Evaluation/assessment, formation process, critical thinking.

Recibido: 24/04/2003 Aceptado: 24/09/2003

## 1. INTRODUCCION

El actual contexto de cambios profundos que vive el mundo contemporáneo demandan de la educación un movimiento de paradig-

mas que, al decir de Cristián Cox (1997)<sup>1</sup>, nos sitúa en un escenario académico tre-

<sup>1</sup>Cox identifica el paradigma del conocimiento académico y del conocimiento operacional, centrado en la efectividad de la educación. Ver Cox (1997), Contextos, criterios y dilemas del cambio curricular, ponencia Seminario Educación Superior. Teoría y práctica en la docencia del pregrado. Consejo Superior Santiago.

mendamente demandado por el mercado e influenciado por el Estado que ha estado reorientando sus funciones respecto del conocimiento, sus proyectos de investigación, sus currículos, sus definiciones de misión respecto de la sociedad.

En consecuencia, este contexto desafía a revisar los paradigmas educativos sobre los cuales se sustentan nuestras prácticas de enseñanza y de evaluación. En la educación superior, en particular, se nos desafía a hacer conscientes nuestras prácticas pedagógicas en situaciones de formación, de manera que examinemos si efectivamente estamos generando en nuestros alumnos la formación adecuada para actuar en un mundo cambiante, diverso cultural y socialmente. El que se acoja esta realidad implica desarrollar una postura pedagógica humanizadora y transformadora de la educación, integradora y continua, que nos lleve a reconsiderar que la base del desarrollo de nuestros alumnos no es puramente cognitiva y que ello solo no es suficiente para que las personas puedan actuar en la sociedad.

La necesidad de situar los cambios paradigmáticos de la evaluación en el actual contexto, implica, por otra parte, también considerar a la evaluación como una función relevante del curriculum, que debe ser coherente con la concepción curricular a la cual se adscribe. Asimismo, desde la perspectiva de la concepción del curriculum como construcción cultural y social, la evaluación debe considerar al sujeto que participa del proceso de enseñanza-aprendizaje. Ello conlleva a asumir, desde el curriculum y la evaluación, al alumno/a como sujeto de significados y no sólo como sujeto aprendiz, pues no tenemos un sujeto destinado exclusivamente a aprender, sino un sujeto que, entre "otras cosas", aprende, se relaciona con el mundo como unidad integrada, es poseedor de significados vinculados con su historia, su cultura, sus necesidades, y es a partir de esa relación, que se concibe su perspectiva de aprendizaje, así como el curriculum per-

tinente a sus reales necesidades de persona y comunidad. Por otra parte, la evaluación está inmersa en el proceso de enseñanza y aprendizaje, pues la evaluación es un proceso continuo, es consustancial al proceso de aprender.

En consecuencia, es necesario orientar la evaluación hacia una mirada comprensiva-crítica de los procesos de aprendizaje de los sujetos, lo que implica favorecer curricularmente relaciones de horizontabilidad entre enseñantes y aprendientes, en un continuo diálogo, considerando la participación de estos últimos como agentes evaluadores de sus procesos. Conscientes de sus necesidades y de sus fortalezas, a partir de las cuales tendrán elementos de análisis y reflexión sobre sus propios avances, de manera que la evaluación no sea ya esa actividad externa al sujeto, direccionada por otros, sino que sea un elemento de crecimiento propio.

Será pertinente, entonces, poner en evidencia nuestras concepciones curriculares y evaluativas a la luz de los nuevos contextos educacionales, para desde allí producir una respuesta propia de las necesidades de formación a que deben responder las instituciones formadoras en este nuevo milenio.

## 1. DESDE LA PRACTICA PEDAGOGICA

Esta reflexión se ha ido construyendo a partir de la práctica realizada como profesora de evaluación educacional en las carreras de pedagogía de la universidad, desde donde me sitúo como sujeto parte de un proceso de formación que orienta y desarrolla propuestas pedagógicas, que emergen de la problematización de la práctica en un proceso dialógico con los alumnos y alumnas. Alienta esta propuesta la necesidad de desarrollar aprendizajes auténticos y relevantes en todos los que participamos de la situación de formación.

En la medida que se inicia cada curso, semestral o anualmente, nos adentramos a un escenario típico: tenemos alumnos dispuestos a anotar, registrar o grabar “los conocimientos que les va a entregar la profesora”, en este caso y, por supuesto, está atento a las diversas exigencias que se les vayan a plantear en esta cátedra, que como parte de los discursos instalados en la vida académica: “ésta es la más importante y por supuesto el o la profesor/a será e/la más exigente”, situación que se repite en muchas cátedras universitarias. Es en este marco de preconcepciones y de rituales repetidos, en cada asignatura que se inicia surge esta propuesta de aproximación a generar instancias de formación reflexivas con los jóvenes en situación de formación.

Contrariamente a lo establecido, generalmente en esta asignatura, en la rutina académica, se invita a los alumnos a vivir en la incerteza de que no tenemos conocimientos acabados, de manera que nos desafiaremos a construirlos o reconstruirlos desde sus lugares de habla, con sus experiencias que se prolongan por más de doce años como alumnos, en distintos niveles del sistema y donde ha estado presente la evaluación como un elemento decidor en sus éxitos o fracasos. Las experiencias relatadas por los alumnos de las diferentes carreras de pedagogía no siempre reflejaron haber vivido una evaluación amigable, que favoreciera el desarrollo integral de los y las alumnas, sino, por el contrario, muchas veces fue un elemento inhibitor, coercitivo y anulador de su autoimagen, con consecuencias negativas en su autoestima.

No fue menor para algunos, por ejemplo, recordar que había liceos en que se premiaban y reconocían como valiosos a los alumnos que optaban por el área científica en desmedro de los que optaban por el área humanista. Así, como también lo fue para otra alumna recordar que, ya en la universidad, estuvo a punto de perder la carrera, a pesar de que ella sabía los contenidos que se le consultaban en un examen oral, siempre aplica-

do por el mismo profesor, no podía responder dado que se bloqueaba y no recordaba nada. Ello la llevó a que unos días antes de dar el último examen y última oportunidad, como dicen los estudiantes... “de salvar la carrera”, esta alumna se acercó al profesor y le expresó sus temores, el bloqueo que le provocaba el examen oral. No obstante que el profesor no cambió el procedimiento, pero cambió la actitud, al saludarla le preguntó acerca de cosas cotidianas de su vida, lo que bastó para que se produjera la distensión necesaria y pudiera dar con éxito el examen. Parecerá una historia un poco ingenua, pero ésta guarda una verdad muy cierta; ya lo decía Jerome Bruner (1969): “el aprendizaje es primero afectivo y luego cognitivo”. Si no reconocemos primero al sujeto del aprendizaje como un legítimo otro, con el cual debemos construir una situación de formación favorable, en que se le reconozca primero como persona, no como a alguien a quien es exclusivamente depositario de los contenidos de nuestras disciplinas, continuaremos teniendo a la evaluación como un mecanismo controlador de contenidos e inhibitor del desarrollo de aprendizajes auténticos.

De acuerdo con lo señalado hasta aquí, consciente de que existen infinitas experiencias más significativas, quizás, que la que estoy presentando, no es menos cierto de que necesitamos hacer avances cualitativamente superiores en materia de evaluación en nuestras instituciones universitarias y, particularmente, en la formación de profesores, quienes, por lo demás, tienden a reproducir en su práctica los esquemas aprendidos en su etapa de formación. Si desde las escuelas formadoras no cambiamos nuestras prácticas evaluativas, estaremos legitimando una vez más paradigmas evaluativos discriminadores, basados en el control y la medición de contenidos reproducidos por la inercia de la cátedra. Será necesario reflexionar críticamente sobre nuestra práctica, problematizar nuestro quehacer y hacerlo en comu-

nidad de pares y de alumnos, de manera de generar nuevos conocimientos que emerjan de la realidad de los sujetos que actúan en situaciones de formación concretas.

Las reflexiones de los y las estudiantes, acerca de sus experiencias con la evaluación, surgieron cuando se les formularon preguntas como: ¿Qué es para mí la evaluación?, ¿cómo me gustaría que me evaluaran? y ¿cómo evaluaría yo a mis alumnos? Preguntas que los pusieron en situación de responder desde sus realidades y ya no desde la reproducción de respuestas dadas por otros. Sin embargo, en un principio esas sencillas preguntas ocasionaron en ellos un pequeño vértigo, pues no concebían que se les preguntara sobre contenidos disciplinares como si estuvieran opinando de una película.

La mayoría de las respuestas, dadas por los alumnos a las preguntas indicadas anteriormente, relacionaban a la evaluación con el concepto de *medición de lo aprendido o de los objetivos propuestos por la asignatura*. Respecto de cómo les gustaría que les evaluaran, en su mayoría, señalan con “objetividad” y que se les *consideraran los esfuerzos que se han hecho para lograrlo*. No obstante, que en estas últimas afirmaciones se aprecia una leve aproximación a la evaluación de procesos, ésta no es una concepción instalada en la cultura educativa de ellos, pues se estima que la evaluación es sinónimo de calificación.

A partir de la reflexión acerca de las respuestas dadas en forma individual por los alumnos y alumnas, se llegó a otra interrogante: ¿Qué conceptos subyacían en las respuestas dadas acerca del aprender y del enseñar?, nuevamente se hicieron las preguntas que fueron: ¿Qué es para mí aprender?, ¿cómo aprendo? y ¿qué es para mí enseñar? Aparentemente, parecieron preguntas obvias<sup>2</sup>, pero que en el transcurso de la reflexión se fueron haciendo más complejas y los/las es-

<sup>2</sup>¿Cuántos profesores y profesoras, en cualquier parte, se están haciendo estas preguntas? ¿Serán obvias?

tudiantes, ya no se sintieron seguros de contestar por sí solos, sino que decidieron acudir a la bibliografía. Contrariamente a lo esperado, ésta les confundió más, pues presentaba variadas respuestas, provenientes de diferentes enfoques; fueron, entonces, a los apuntes de los cursos realizados en psicología del aprendizaje y a otros, sin lograr encontrar “*la respuesta*”, pues se vieron en la obligación de construir su propia respuesta, sólo que ahora debían tomar posiciones respecto del enfoque que le iban a dar a su definición.

## 2. SUBYACENTES TEORICOS DE LAS PRACTICAS EVALUATIVAS

La experiencia relatada pone en tensión los paradigmas pedagógicos que hemos venido realizando en nuestra docencia universitaria, de manera que, como señalan algunos investigadores, entre otros, Carlos Moya (1998), la práctica de un reduccionismo pedagógico nos ha llevado a ver en forma separada el enseñar, el aprender y el evaluar, no obstante que son parte de una misma acción. En los casos descritos anteriormente a los alumnos se les puso en situación de conceptualizar la evaluación, a partir de sus conocimientos propios y de sus experiencias, pero para ello debieron definir, al mismo tiempo, el aprender y el enseñar. Con ello los alumnos no sólo estaban tomando conciencia de la necesidad de hacer coherente el discurso pedagógico, que implica poner a la evaluación en el mismo estatus que el aprender y el enseñar, sino que a partir de la perspectiva de la interacción pedagógica se asume la necesidad de reflexionar críticamente acerca de las concepciones que generalmente se asumen como dadas. Ya lo decía House (1993), citado por Herrera<sup>3</sup>, “... los conceptos de objetividad,

<sup>3</sup>En “la evaluación crítica de programas académicos” en el libro: Evaluación de aprendizajes relevantes al egreso de la educación superior del Fondo de Desarrollo Institucional, Mineduc, Santiago de Chile, 2001.

metodología científica y validez están siendo progresivamente redefinidos para enfrentar los desafíos de los nuevos tipos de evaluación”.

Asimismo, al relevar a la evaluación al mismo estatus de la enseñanza y del aprendizaje en la interacción pedagógica, se está estableciendo que se evalúa para mejorar aprendizajes. Es decir, la evaluación es parte del proceso de diálogo, comprensión y mejora de los aprendizajes. Al decir de Santos Guerra (1995), “la evaluación es un proceso que facilita la comprensión de lo que sucede en el proceso de enseñanza aprendizaje”. La comprensión, entendida como proceso de funcionamiento intelectual, necesita del diálogo como generador de plataformas, donde se desarrolle la cultura del debate, de la incertidumbre, de la autocrítica, que establezca cauces de reflexión para la comprensión de diversas situaciones.

Nos encontramos, pues, frente a un cambio de paradigma en la evaluación, este cambio no se plantea en una dimensión dicotómica, puesto que no se va de un paradigma técnico-positivista directamente a un paradigma comprensivo/crítico, sino que es más bien un tránsito y, generalmente, se permanece en una especie de mezcla de ambos.

El cambio paradigmático implica, eso sí, cambios más profundos que tienen que ver con los modos de realizar la evaluación, que implican, en una perspectiva curricular, centrar el análisis no tanto en aquello que se transmite como en la forma que se transmite, al decir de Bernstein<sup>4</sup>. En efecto, ello implica, además, que surja de la reflexión rigurosa de los profesionales y afectan a tres áreas fundamentales<sup>5</sup>:

<sup>4</sup>Citado por Tomaz Tadeu da Silva (2001) en: Espacios de identidad (...), Barcelona: Ed. Octaedro.

<sup>5</sup>Para la determinación de estas áreas nos hemos basado en Santos Guerra (1998) Evaluar es comprender. Colección Respuestas Educativas. República Argentina: Edit. Magisterio del Río de La Plata. Caps. I y V.

- *Las concepciones educativas*: lo más importante para que se modifiquen en lo esencial las prácticas educativas, señala este autor, es que se transformen las concepciones sobre lo que significa la escuela, sobre lo que es la tarea educativa y, por ende, lo que es la evaluación.
- *Las actitudes personales*: como la evaluación es un fenómeno comunicativo, señala este autor, es necesario afrontarlo desde actitudes abiertas y dialogantes.
- *Las prácticas profesionales*: no sólo hay que modificar las concepciones y las actitudes, ya que la mejora ha de afectar a las prácticas, al quehacer cotidiano.

En el contexto de las aulas universitarias, es imposible transformar la esencia de las prácticas evaluadoras, sin que se ponga en tela de juicio las concepciones de formación profesional, el modo de entender la evaluación basados exclusivamente en la competitividad y la eficacia. A este respecto cabe señalar que el marco de las reformas educacionales ve los sistemas educativos como permanentemente desafiados por los conceptos y/o estándares de calidad que actúan como guía de referencia de la acción educativa. Es decir, la calidad es vista como un fin en sí mismo, lo que hace que lo pedagógico se sitúe en categorías de eficiencia y eficacia en un contexto de rendimiento de logros.

Las universidades, en consecuencia con lo anterior, construyen su comunidad educativa sobre la base de los que obtienen determinados logros y no necesariamente sobre desarrollo de aprendizaje en una perspectiva académica e institucional.

La pregunta que surge, entonces, es: ¿En qué medida hemos logrado como instituciones formadoras desarrollar nuevos y mejores saberes en el contexto pedagógico? Ello se responde, a partir de procesos evaluativos insertos en el proceso de desarrollo del conocimiento, en las prácticas pedagógicas y en la revisión de los normativos institucionales. Es

decir, habrá que partir por revisar las racionalidades que están detrás de las prácticas pedagógicas, para lo que se requiere de una reflexión sistemática desde la evaluación, sobre la acción docente/discente, y una reflexión sobre lo organizativo/funcional, que implica analizar lo que será la base de las innovaciones que se introduzcan en las instituciones formadoras (Casanova, 1995).

La evaluación educacional en sí constituye un área problemática, porque evidencia las desigualdades que la escuela traslada de la sociedad. No es lejano ver que aún en las escuelas y liceos de nuestro país se disgrega a los alumnos que no tienen éxito de los que sí lo tienen, esa geografía del aula que se teje en cualquier establecimiento educacional no se desdibuja del todo en los niveles superiores de la educación, la selección que hace la universidad reafirma las estratificaciones que la sociedad tiene previamente construidas. La evaluación, entonces, se constituye en ese instrumento de selección, que va dejando a unos en el camino y llevando a otros al éxito, no se concibe que toda la población estudiantil que constituye una institución pueda lograr egresar. Si así sucediera, bajaría la imagen institucional y la de sus académicos, de manera que lo que debe prevalecer es la evaluación que garantice la selección. Con este predicamento, tenemos carreras en el sistema de educación superior que se caracterizan por realizar “el coladero” en el primer año de ingreso; ello los llena de orgullo, pero, ¿no podríamos decir que allí la institución no cumplió con las expectativas y los derechos de los estudiantes?

De acuerdo a lo descrito, cabe preguntarse: ¿nuestras instituciones educativas están respetando, con tales procedimientos y prácticas, el derecho al crecimiento, al derecho de ser incluido y el derecho a la participación de los ciudadanos que apuestan por ellas? En relación a esta pregunta sostenemos con Bernstein

(1987)<sup>6</sup>: “las personas deben sentir que tienen una apuesta en la sociedad (dar y recibir)” y, seguidamente, señalamos con él “las personas deben poder confiar que la organización política realice la promesa de esa apuesta, o que dé las explicaciones pertinentes en caso contrario”. Esto implica situarse en la perspectiva de los “usuarios” o “beneficiarios” del sistema, pues entender la magnitud del compromiso que se contrae con las personas cuando se les ha hecho una oferta específica y no siempre se ha respondido por ella. En consecuencia, queda una fuerte sensación de que no estamos haciendo lo que declaramos decir. Será necesario, entonces, situarse desde la mirada del otro (mi legítimo otro), para reflexionar críticamente acerca de las políticas evaluativas que norman los procedimientos y las acciones en la formación de los futuros profesionales, más aún si ello tienen que ver con la formación de profesores.

Por ello, la evaluación al servicio de la autoconstrucción del sujeto es una respuesta diferente a una realidad evaluativa, selectiva y discriminadora. De acuerdo con Cardinet, la autoevaluación como proceso que se instituye en el contexto de situaciones de formación será el ideal para todo evaluador, en la medida que no sólo asume la dimensión del aprendizaje, sino, además, porque el aprender, en sí mismo, asume la evaluación<sup>7</sup>. Coincidentemente con ello, Cardinet (1986) señala al paradigma informacional como el más contemporáneo y describe a la evaluación como concientizadora y concientizante: aportadora al desarrollo de los procesos metacognitivos del sujeto. En esta perspectiva, las consecuencias de la lógica del análisis de Cardinet, señala Moya (1998), le llevan a afirmar que

<sup>6</sup> Bernstein, B. (1987). Observaciones en torno a la educación y democracia. CIDE, Santiago de Chile.

<sup>7</sup>En Carlos Moya (1998), *Comprender es evaluar* (versión preliminar), pp. 9-10.

el evaluador no debería juzgar más. Cardinet afirma que la acción educativa es una relación de ayuda. De manera que una actividad de juzgamiento proveniente del exterior, le parece contradictoria con una relación de ayuda y, para él, la evaluación no puede ser otra cosa que una “devolución de información multidireccional”, que se dirige al alumno en vez de tratarse de él.

Desde esta concepción, el alumno es considerado un sujeto en relación, de manera que ya no existe el riesgo de que la evaluación transforme al alumno en objeto, sino que éste es quien asume la construcción de sus procesos de aprendizaje. Actividades como autoevaluación y la coevaluación, que tienen el propósito de que el individuo haga una constatación de sus progresos en la tarea específica y con propósitos de mejoramiento permanente, tanto individual como grupal, permiten desarrollar herramientas efectivas para la construcción de sujetos autónomos, conscientes de sus conocimientos, de sus capacidades. Sujetos capaces de autorregular sus procesos cognitivos, es decir, de reflexionar acerca de los aprendizajes desarrollados y de los que le falta por desarrollar. Sujetos capaces de proyectarse desde sus potencialidades, conscientes de sus dificultades.

### **3. DESAFIOS EN LOS PROCESOS DE FORMACION**

Puestos en el desafío, los profesores y la institución universitaria, de propiciar espacios donde los estudiantes tengan la oportunidad de ejercer habilidades democráticas de discusión y participación, de cuestionamiento de los presupuestos del sentido común de la vida social, la evaluación debe constituirse en un componente curricularmente coherente con esos procesos, de manera de introducir herramientas para la reflexión-crítica de las acciones que determinan qué

contenido es legítimo o ilegítimo en función de la cultura dominante, y de cómo se ejerce ese poder clasificatorio en la educación. En definitiva, la evaluación que ha ejercido tradicionalmente un rol controlador en los procesos de transmisión, en una perspectiva crítica, ésta debe develarlos y ponerlos en tela de juicio.

En consecuencia con lo anterior, las instituciones formadoras están desafiadas a desarrollar una reflexión crítica acerca de las prácticas evaluativas, así como de las decisiones y acciones que operan desde los marcos normativos de las políticas educacionales que rigen la educación superior y que determinan los modelos y esquemas evaluativos a aplicar. Es decir, problematizar la cultura evaluativa de nuestras instituciones y reflexionar acerca de la necesaria vinculación de la teoría con la práctica de la evaluación, de manera de desarrollar una relación dialéctica, que permita construir nuevos conocimientos sobre este saber pedagógico.

Se requiere, en efecto, relevar al trabajo pedagógico y a la formación como situaciones generadoras y operadores de saberes, de nuevos conocimientos, que se producen en cada situación de aprendizaje, en donde se desarrolle la conciencia acerca de lo que se sabe y de lo que falta por saber (metaevaluación), de cómo desarrollan saberes los sujetos en situación de formación y de cómo las interacciones entre docentes y discente revelan informaciones y comprensiones mayores acerca de lo que se enseñan y para qué se enseña. Los saberes, que surgen en el proceso de formación deben recibir el estatus del conocimiento científico, que genera la comprensión del enseñar, el aprender y el evaluar como parte de una misma interacción pedagógica. Sistematizar estas reflexiones es el inicio de una constitución de saberes legitimados desde la práctica, que permitirán abrir cauces a la auténtica innovación pedagógica y evaluativa que se requieren en tiempo de cambio.

De acuerdo con lo señalado se confirma, también, que la evaluación es un proceso inseparable del aprendizaje y de la enseñanza y, que además es necesario convertir este proceso en una valiosa herramienta para aprender. En esta perspectiva debemos centrarnos en las oportunidades de aprendizaje que se le ofrecen a los estudiantes en las universidades. A este respecto Ricardo Herrera<sup>8</sup>, señala que

hay dos razones para preocuparse de las oportunidades para el aprendizaje. Primero que los académicos y los ambientes universitarios deben ser considerados para explicar el rendimiento de los estudiantes. Segundo, los desafíos de la acreditación y elaboración de estándares hacen crucial la recolección de información acerca de las oportunidades de aprendizaje.

En la medida que estos dos factores continúan desconociéndose, señala este académico, aumentará la brecha entre quienes acceden a la educación superior con un capital cultural más cercano a la universidad, que aquellos que no lo poseen, poniendo de ese modo en entredicho el discurso de “la equidad y la justicia social”.

No es utópico, entonces, sostener que la evaluación debe consignar entre sus criterios, valores como la equidad y la justicia social, pues ellos constituyen constructos teóricos y sociales, que deben orientar las acciones en la realidad educativa de las universidades, así como deben estar presentes en las políticas universitarias. La universidad, en consecuencia, debe generar procesos coherentes con estos valores de manera de propiciar una mirada crítica en la evaluación de los programas y desarrollar nuevas herramientas para evaluar los aprendizajes. House (1993), citado por Herrera, escribió que “la evaluación recibe su

autoridad no sólo de su presumible “método científico”, sino que también de las estructuras de poder”.

La evaluación, por el rol que se le ha atribuido históricamente de seleccionador, discriminador, de control, entre otros, constituye un elemento del currículum fuertemente cargado de poder. En consecuencia, forma parte de las estructuras de poder que como corroboran Sirotnik y Oates (1990), citados, también, por Herrera,

la educación así como la evaluación educacional, pueden potenciar la distribución justa de beneficios sociales o pueden también distorsionar tal distribución y contribuir a la desigualdad social.

Lo anterior nos alerta sobre la necesidad de que las instituciones educacionales revisen críticamente las formas de distribución del poder, pues se tiene la tarea de ofrecer oportunidades para que todas las personas desarrollen sus potencialidades de la forma más integral posible. La universidad debe, en este sentido, ser la institución educacional que dicte cátedra, pues de sus aulas salen los profesionales con mayor nivel de influencia en la sociedad. A este respecto, Giroux (1997) señalaba:

las instituciones de educación superior, particularmente las universidades, deben ser vistas como espacios políticos y morales en que los evaluadores, y por supuesto los intelectuales, se posicionen a sí mismos no sólo como académicos profesionales sino como ciudadanos, cuyos conocimientos y acciones presuponen visiones específicas de la vida pública, de la comunidad y de la responsabilidad moral.

Constituye para la educación superior un imperativo transformarse, que, como señala Herrera (2001:55),

... requiere de un ser humano excepcionalmente consciente de las situaciones y

<sup>8</sup>“Evaluación crítica de programas académicos”. En: Evaluación de aprendizajes relevantes al egreso de la educación superior. Fondo de Desarrollo Institucional, Ministerio de Educación, Santiago de Chile, 2001.

medio ambientes implicados en el proceso de formación profesional.

Para ello es necesario contar con un evaluador crítico, que requiere de una teoría que pueda comprender y facilitar las tendencias de cambio societal.

La educación universitaria se desafía asimismo cuando formula propósitos como formar profesionales críticos, autónomos, con un alto autoconcepto, capaces de transformar el presente y proyectar un mejor futuro. Nosotros agregamos, desde la perspectiva crítica, se necesitan ciudadanos emancipados, protagonistas de sus propios procesos de desarrollo y, especialmente, de sus procesos de aprendizajes. Asimismo, personas con una visión de hombre y mundo definidas, aportadoras para la construcción de una sociedad humanizadora y humanizante.

## BIBLIOGRAFIA

- BARBIER, J.M. (1993) La evaluación de los procesos de formación. Temas de Educación Piados. Barcelona: Ministerio de Educación y Ciencia.
- BERSTEIN, B. (1987) Observaciones en torno a la educación y democracia, Santiago de Chile: CIDE.
- BRUNER, J. (1969) Hacia una teoría de la instrucción. Manuales Uteha. N° 373, sección 17. México: Educación, pp. 150-170.
- CASANOVA, M. A. (1995) Manual de evaluación educativa. Madrid: Edit. La Muralla, S.A, pp. 87-119.
- COX, C. (1997) Contexto, criterios y dilemas del cambio curricular, Ponencia Seminario Educación Superior: Teoría y práctica en la docencia de pregrado. Consejo Superior: Santiago: CINDIA.
- GIROUX, H. A. (1997) Pedagogy and the Politics of hope: Theory, culture, and Shooling. Boulder, C.O: Westview Press.
- HERRERA L., R. H. (2001) Evaluación crítica de programas académicos. En: Evaluación de Aprendizajes Relevantes al egreso de la Educación Superior. Fondo de Desarrollo Institucional, Santiago de Chile: Ministerio de Educación, pp. 45-57.
- ESTEVEZ S., C. (1998) Evaluación integral por procesos: una experiencia construida desde y en el aula. Bogotá: Edit. Magisterio.
- MOYA U., C. (1998) Comprender y Evaluar. Documento de trabajo presentado en Jornadas Evaluar la Comprensión. Barcelona: (versión preliminar), pp. 2-9.
- ROSALES, C. (1997) Criterios para la Evaluación Formativa. Objetivos, Contenido, Profesor, Aprendizaje, Recursos. 4<sup>ta</sup> edición. Madrid: Edit. Narcea.
- TADEU da SILVA, T. (2001) Espacios de Identidad. Nuevas visiones desde el currículum. Primera edición, Barcelona: Ediciones Octaedro, S.L
- SANMARTI, N. y JORBA, J. (1995) Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos. En: Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales, Barcelona, pp. 59-77.
- SANTOS G., M.A (1995) Evaluación educativa. Tomo 1: Un proceso de diálogo, comprensión y mejora. Tomo 2: Un enfoque práctico de la evaluación de los alumnos, profesores, centros educativos y materiales didácticos. Colección Respuestas Educativas. República Argentina: Edit. Magisterio del Río de La Plata.
- SANTOS G., M. A. (1998) Evaluar es comprender. Colección Respuestas Educativas. Cap. I y V. República Argentina: Edit. Magisterio del Río de La Plata.



# LOS VIEJOS LENGUAJES EN LAS NUEVAS TECNOLOGIAS

## THE OLD LANGUAGES IN THE NEW TECHNOLOGIES

**GILDA ELIANA SOTOMAYOR GARCÍA**

Instituto Universitario de Ciencias de la Educación (IUCE), Departamento de Teoría e Historia de la Educación. Facultad de Educación. Programa de "Procesos de formación en espacios virtuales". Universidad de Salamanca. España. Paseo Canalejas 188, 3B, Salamanca, 37008. España. Tlf. (0034) 647010929, E-mail: [dvirtu21@usal.es](mailto:dvirtu21@usal.es)

### RESUMEN

El presente ensayo recoge la propuesta de un estudio realizado sobre la comunicación virtual, hecho desde una reflexión crítica y tomando como referencia diversas investigaciones y reflexiones aparecidas en el curso de nuestra investigación bibliográfica, así como el enfoque teórico, fundamentalmente bioantropológico. Se trata específicamente de comprender las situaciones de interacción comunicativa mediada por las TIC (Tecnologías de Información y Comunicaciones) para ver de qué manera y hasta qué punto se está redefiniendo nuestra condición de homo loquens. Para ello se analiza la naturaleza del nuevo canal comunicativo así como los tipos de lenguajes implicados tales como el lenguaje visual, que utiliza la imagen como elemento nuclear, y el lenguaje verbal, que utiliza principalmente una forma "peculiarmente oral" de texto escrito.

**PALABRAS CLAVES:** Lenguaje visual, lenguaje verbal, nuevas tecnologías, esquemas gráficos, competencias comunicativas.

### ABSTRACT

The present essay examines the proposal of a study about virtual communication, taking as a reference different research works and reflections that came out in the course of our bibliographical investigation, as well as the theoretical focus, mainly anthropological-evolutionary. Our purpose is specifically to understand the situations of communicative interaction mediated by the TIC and see the way in which they are redefining our condition of Homo loquens. Is with that purpose in mind that this paper analyses the characteristics of this new talkative channel as well as the types of languages involved: visual language, that uses the image as a nuclear element and on the other hand verbal language, that uses mainly a form "peculiarly oral" of written text.

**KEYWORDS:** Visual language, verbal language, new technologies, graphic schemes, communicative competences.

Recibido: 28/04/2003 Aceptado: 24/09/2003

### INTRODUCCION

No cabe duda que hoy, en la llamada "sociedad de la información", la información que se adquiere y la comunicación que se establece por medio de las TIC está generando determinados espacios y modos de socialización cultural entre los jóvenes. En tal sentido, la nueva generación cada vez aprende

más cosas a través del uso de soportes multimedia, de software didácticos y redes informáticas. Este hecho nos obliga, como profesionales de la educación, a influir en la utilización de estos nuevos espacios electrónicos, lo cual supone poder planificar, desarrollar y controlar adecuadamente los recursos, lenguajes y símbolos pertenecientes a las TIC.

Ahora bien, para lograr tal propósito, es necesario antes comprender la naturaleza y características propias del nuevo canal comunicativo y por supuesto las del usuario: el ser humano. De ahí la importancia de realizar un estudio antropológico que aborde el nuevo fenómeno tecnológico tomando en cuenta que “la tecnología no es buena ni mala, ni tampoco neutral, sino más bien una fuerza que penetra en el núcleo de la vida y la mente”. Dentro del marco de esta reflexión se inicia nuestro análisis cuya tesis central establece que las nuevas tecnologías no están haciendo el mundo más artificial, sino, al contrario, más natural; esto lo constatamos en sus lenguajes predominantes, como el visual (del multimedia e hipermedia de la Web), que utiliza la imagen como elemento nuclear, y el verbal (del chat, listas de interés y correo electrónico), que utiliza una forma peculiarmente oral de texto escrito. Se trata, pues, de nuestros viejos lenguajes, presentes hoy en las nuevas tecnologías. A continuación demostramos tal afirmación.

## 1. EL CARACTER NATURAL DE LOS NUEVOS MEDIOS

Las sucesivas revoluciones tecnológicas parecen haber alejado al ser humano y a sus herramientas comunicativas de la biología y de la naturaleza, esto se constata tras la aparición de los primeros signos y señales desarrollados con el habla y el lenguaje (40.000 años), el posterior surgimiento de la escritura (5.000 años) y la revolución de los soportes materiales de comunicación, a partir de la aparición de la imprenta de tipo móviles (500 años) que reemplazó los manuscritos por el libro. Todas estas tecnologías de la comunicación llevaron a nuestra especie, desde un entorno comunicativo restringido por los límites biológicos de la vista y el oído, hacia un nuevo entorno más artificial (Adell, 1997). Sin embargo hoy, las TIC, al contrario de lo

dicho, no están haciendo el mundo más artificial sino más bien están adquiriendo un carácter nuevamente natural.

Al respecto se señala que la aparición de los nuevos medios electrónicos (analógicos y digitales) no sólo han extendido nuestras posibilidades de comunicación más allá de nuestros límites biológicos, sino que han recuperado elementos y características de la etapa pretecnológica anterior a la escritura. Una muestra de ello es que el uso de artefactos ha devuelto los sentidos a la comunicación humana, a la vez que han traído la posibilidad de interactividad entre emisor y receptor. Ese es el caso del teléfono que nos devolvió la conversación y eliminó gran parte de la correspondencia personal, o la TV que nos volvió a hacer testigos directos de los acontecimientos (Levinson, 1997). En cuanto a las TIC, esta naturalización la podemos observar en sus lenguajes predominantes, los cuales están adquiriendo un mayor grado de concreción y sensorialidad; veamos cómo.

## 2. EL LENGUAJE VISUAL EN LAS TIC

El lenguaje visual constituye un elemento determinante de nuestro ecosistema cultural, ya que la influencia que ejercen las imágenes en nuestra comunicación es tan grande que la cultura popular parece estar marcada por una necesidad de que las representaciones se acerquen más a lo real, sin mediación de ningún signo. De ahí que la comunicación visual sea para las masas más importante que la escritura, más aún, es la escritura el resultado final de aplicar la función gráfica a la comunicación simbólica, el registro visual del pensamiento que el poder de las imágenes llevan hoy a su máxima expresión. Por eso, quinientos años después del descubrimiento de la imprenta, el juego visual cobra mayor significación tras la invención y difusión de la fotografía, el cine y la televisión, todo lo cual ha provocado, a finales del siglo

XX, un perturbador estallido de lo visual (Bolter, 1998). En esa línea de evolución se hallan las TIC, que al inicio tenían limitaciones técnicas vinculadas únicamente a las letras y números, pero que han ido incorporando las imágenes a medida que incrementaba su capacidad operativa y de almacenamiento de información. Hoy esa marcada tendencia a la hiperestimulación en la cultura informática se expresa a través de una gran demanda de imágenes, color y dinamismo.

## 2.1. LO ICONICO EN EL HIPERMEDIA

Podemos afirmar que la textualidad electrónica ha adquirido propiedades tradicionalmente adscritas a las artes visuales, tales como la simultaneidad y espacialidad de la simulación técnica hipertextual. Así, la aproximación a lo visual es experimentada por el lector ingresando en una narrativa hipertextual casi por cualquier parte, igual que el espectador que se acerca a una pintura o escultura (Tolva, 1995). Además, las fronteras tradicionales o formales entre lo visual y lo verbal se están borrando en el caso del hipermedia, donde es difícil diferenciar entre texto y no-texto, ya que los elementos visuales forman parte del tejido del texto, tal como si fuera un moderno manuscrito iluminado. A ello hay que añadir esa gran explosión de los gráficos e imágenes, que exigen mucho menos esfuerzo decodificador y resultan más gratificantes que el lenguaje verbal. Sólo así se entiende la recomendación técnica de un texto breve, que no ocupe más de un tercio de la pantalla pues los bloques largos de texto dan un aspecto excesivamente estático, causando la saturación al usuario.

Así, la posibilidad de grabación digitalizada del sonido, la imagen, el gráfico y el movimiento están transformando el argumento

proposicional en el argumento espectacular. En tal sentido las nuevas escrituras electrónicas están exigiendo modos distintos de concebir el proceso de lectura, más aún cuando el caudal de información es infinito a través de la red. Por eso la aparición de un lector icónico, hipertextual e interactivo que lee a base de vistazos rápidos y que no necesita instrucciones para captar la información a través de fragmentos mínimos e imágenes que hablan por sí solas. Se trata de buscar que al primer clic del ratón se desplieguen las ventanas que nos conectan a otros textos de la misma manera que cuando cambiamos de canal en la TV (zapping). Finalmente, la lectura en pantalla supone “escanearla” buscando los conectores importantes, pero cuando encontramos algo interesante lo bajamos a papel por la impresora, y allí nos volcamos a una lectura más detenida, encontrando el tiempo para “levantar la cabeza”. Es cierto que la red nos permite ir ligando estos textos, recorrerlos y acceder a ellos en un cierto orden, pero casi siempre debemos transformarlos en papel y leerlos como un libro ya que físicamente los ojos se cansan más leyendo en “pantalla”.

Así, pues, el ordenador como manipulador del símbolo, es una tecnología de escritura (como el rollo de papiro o el libro), por la posibilidad de crear documentos escritos para consumirlo en papel impreso, pero como manipulador perceptual amplía la tradición de la televisión, el cine y la fotografía. Por eso mismo el problema no es tanto un conflicto entre la tinta sobre el papel y los píxeles sobre una pantalla, sino un conflicto entre modos de representación contrastantes, y el ordenador, quiérase o no, tiene un esencial modo de representación. No cabe duda que su configuración está cada vez más orientada para la presentación perceptual que para la manipulación simbólica.

## 2.2 UNA EXPLICACION DE LA NATURALEZA VISUAL

Los hechos que acabamos de describir requieren una mirada bioantropológica que explique el origen del lenguaje visual y así comprender la fuerte influencia que ejercen las imágenes en nuestra conducta comunicativa. Como hemos visto, lo referido demuestra que las NTIC están reforzando el deseo de nuestra cultura por el “signo natural”, buscando proporcionar una especie de representación sin palabras, en la que el usuario vive y experimenta el mundo mediante percepciones inmediatas bajo la forma de una experiencia empática pura. Existe, pues, un irresistible deseo por el signo natural, o sea una necesidad de intentar ir más allá de las palabras y volver hacia la propia cosa.

Podemos afirmar que ese deseo empieza a existir con la escritura tan pronto como la cultura inventa un sistema de signos arbitrario, lo cual genera un anhelo de acabar con las diferencias entre el signo y el significado, imponiéndose de nuevo los elementos perceptuales sobre los signos arbitrarios. Este reclamo natural inmediato tiene su origen en nuestras viejas tendencias que nos han acompañado durante millones de años, con esto nos referimos a que existe un predominio visual en la mentalidad humana que lleva a que el hombre sea calificado como un “animal óptico” (Cuatrecasas, 1957). De ahí el fuerte e irresistible deseo a “apetito de ver”, muy característico de la inteligencia humana y que, desde el psicoanálisis, se le ha denominado pulsión escópica.

En efecto, el fuerte predominio de lo visual en el hombre está relacionado con nuestra propia evolución, en la cual ha desempeñado papel fundamental la especialización orgánica que supone a su vez un perfeccionamiento biológico unilateral del sistema óptico en detrimento de otros órganos y funciones. Por eso, el canal visual es el canal sensorial informativamente más relevante para la especie

humana y el que ocupa en términos de extensión neurológica la mayor superficie del córtex cerebral (Gubern, 1987). Más aún, es a la hipertrofia de esta función sensorial a la que debemos lo específico de nuestra mentalidad, de nuestra imaginación (base del pensamiento conceptual, la memoria y después el lenguaje) y hasta la calidad de nuestras emociones. Se puede afirmar entonces que la filogenia ha abierto el camino del hombre a través de un cerebro óptico y a él debemos lo que somos, por eso no es fácil sacudirse de encima esa herencia filogenética acumulada durante nuestro larguísimo proceso evolutivo, que nos lleva a anteponer la imagen al signo, lo cual es responder a lo más originario.

## 3. EL LENGUAJE VERBAL EN LAS TIC

Siguiendo la línea evolutiva que hemos planteado, cabe añadir que el lenguaje verbal tiene un origen visuo-gestual, pues los gestos semánticos fueron los primeros símbolos de los conceptos, de modo que las palabras surgen de las relaciones entre el lenguaje gestuo-visual y el fónico-auditivo. Ahora bien, una vez instalada la palabra, el lenguaje verbal será la actividad social de interacción y coordinación con los demás, presentándose originalmente como conversación o diálogo entre personas. Así, pues, la oralidad es nuestra forma comunicacional primaria y la narración que se manifiesta en la conversación, la forma primaria de nuestro pensamiento, cuyas representaciones se construyen sobre problemas vitales, implicaciones personales y fuerte carga emocional. De ahí que conversar es utilizar, aparte del nivel simbólico de las palabras (lenguaje inteligible), otro nivel que es el emotivo, muy propio de la comunicación subjetiva (animal), que sirve para que el emisor exprese sus sentimientos, necesidades, aficciones, pasiones o deseos. A este nivel se encuentra el lenguaje corpo-

ral como el de los ojos, el tacto, la presión de la mano, la pantomima, el de los gestos y además los fenómenos paralingüísticos que no tienen que ver con las palabras, sino con la forma en que se dicen éstas, o sea el contexto del habla, tales como modulaciones de amplitud o tono de voz, pausas o sonidos como gemidos, quejidos, risas, etc. (Smith, 1982).

Ahora bien, la emergencia del nuevo entorno electrónico, con la presencia del habla fusionada en la escritura electrónica (chat, correos, grupos de discusión, etc.), ha logrado una nueva forma de lenguaje escrito, de libre flujo por la red. En efecto, en la CMC (Comunicación Mediada por Computador) la producción y circulación de textos digitales se da entre “escribientes”, no entre “hablantes,” que mediante el teclado se envían recíprocamente mensajes. Y es la ausencia de una presencia física entre usuarios interconectados la que demanda una reacomodación del uso de la técnica de escritura y la práctica de nuevos recursos y códigos de lenguaje bien precisos. De ese modo, la interacción mediante texto electrónico cobra una distancia significativa con respecto a las experiencias de escribir más tradicionales, ya que reactualiza una dinámica de comunicación semejante a las prácticas de la tradición oral de la conversación .

### 3.1. Lo oral en la CMC

Uno de los recursos utilizados en la CMC es el IRC (Internet Relay Chat) o charlas síncronas que mezclan características de la conversación cara a cara entre los internautas que “hablan” entre sí a través del teclado dentro de una “sala”. Para tal recurso se han desarrollado estrategias lingüísticas muy innovadoras a fin de crear un registro lingüístico adecuado para la conversación y adaptado a las limitaciones del medio. Una de ellas es el reduccionismo taquigráfico o empleo económico del lenguaje mediante un registro car-

gado de abreviaturas que ayudan a los chateadores a reducir el desfase y así ahorrar esfuerzo y tiempo al teclear. Al respecto Crystal (2002) da cuenta de distintos tipos de abreviaturas que se hallan en el Netspeak (Ciberhabla), tales como los comunes acrónimos: GTG (Got to go), B4N (Bye For Now), etc. Otras técnicas tienen como objetivo tornar el diálogo más informal y divertido entre los participantes, transcribiendo diferentes sonidos onomatopéyicos para expresar sensaciones o simular la presencia de objetos en la conversación, por ejemplo: “mmmmmm, que quieres decir con eso?”; “zzzzzz, zzzzzz, me duermo...”. Por otra parte, una forma de recrear el contexto es a través de “acotaciones icónicas”, que son palabras escritas para describir cómo los individuos actuarían en una determinada situación, por ejemplo: “X se siente ofendido y va golpearlo en la nariz” Yus (2001), o toda una serie de recursos gráficos y sonidos que acompañan las frases de los usuarios, como las caras llamadas emoticonos, que se encargan de reflejar los diferentes estados de ánimo de los usuarios con el correr del diálogo, o los objetos gráficos y ruidos de todo tipo que hacen que la habitual uniformidad de la escritura se transforme en algo interactivo.

En el caso del correo electrónico (e-mail) se ha recuperado la costumbre de escribir cartas sin necesidad de papel ni sellos, con la ventaja de su inmediata llegada a los destinatarios, que pueden ser múltiples. Ahora bien, tal y como algunas investigaciones lo señalan, para algunos entrevistados este recurso representa el retorno de la mente tipográfica y la recuperación del discurso racional y construido, esto significa que, en las relaciones mantenidas vía correo electrónico, los usuarios muestran un estilo comunicacional más reflexivo en el tratamiento de la información, proporcionando una elaboración más meditada de los temas compartidos, incluso permite descubrir posibilidades nuevas en el seno de una relación ya establecida, así como el

despliegue de recursos expresivos antes desconocidos por el propio usuario, de suerte que las relaciones se ven capaces de ser llevadas con más cuidado porque pueden manejarse mejor los tiempos. Para otros, por el contrario, la informalidad, espontaneidad y anonimato del medio estimulan una nueva forma de "oralidad", además ciertas características del software pueden hacer más probable que nos expresemos con enojo y que nuestras expresiones suenen provocativas (Lameiro y Sánchez, 2000). Un ejemplo muy claro es el botón enviar, cuando algo o alguien nos irrita en Internet, es muy fácil redactar una respuesta y enviarla impulsivamente antes de que la tensión arterial tenga la oportunidad de volver a sus niveles normales. Así se ponen en juego nuestras disposiciones más antagónicas, que van desde la fría reflexividad a la más ardiente impulsividad, o sea nuestra propia naturaleza.

Por último, las Listas de interés (Foros de discusión) recrean un espacio de encuentro social donde se debate y participa sobre temas de interés común, lo cual supone una suerte de reedición del "ágora ateniense" pero en tiempo diferido. Sobre esto Wallace (2001) señala el surgimiento de un lenguaje electrónico con un registro propio, bastante similar al estilo del discurso típico de la entrevista en público. En efecto, cuando los participantes responden a un mensaje y discuten sobre varias cuestiones, parece que hablaran a una sola persona aún sabiendo que su audiencia es más amplia: es como si estuvieran ante una cámara de televisión y un entrevistador les fuera haciendo preguntas sin que nadie interrumpa, expresando sus opiniones en mensajes muy prolijos y detallados.

Por último, dentro de la escritura electrónica hay otra forma de escribir de carácter más "racional" a un nivel comunicativo propiamente inteligible, simbólico, indicativo o descriptivo. Esa es la comunicación objetiva, liberada de la carga afectiva que, en principio, es la que habría originado la aparición

del lenguaje. En la práctica esto se refleja de alguna manera en aquél "flujo de textualidad" típico de la ensayística, el artículo o la monografía de carácter científico, que se encuentra libre de los mecanismos regulatorios que caracterizaron al texto tradicional en régimen de citas y comentarios de obligada referencia al texto original. Esta escritura se hace posible gracias a que los ordenadores y las redes electrónicas permiten, entre otras cosas, utilizar las técnicas de recombinación para la producción de textos. En efecto, como bien señala Turkle (1997), estamos ante el "triunfo del bricolage" de la cultura informática, esto significa que las nuevas herramientas permiten hacer aparecer, mover y recombinar un texto mediante órdenes fáciles de ejecutar, jugando con los elementos de un programa o las líneas del código del ordenador, moviéndolas de lugar como si fueran elementos de un collage. Así, pues, la práctica de los ready-made, los collages, el arte encontrado, los textos encontrados, los intertextos, las combinaciones, el detournment representan exploraciones en el mundo del plagio, lo cual supone que éste se pueda estar convirtiendo en un método y una forma legítima de discurso cultural y en una estrategia crucial para la producción de textos con su inmediata distribución, consumo y revisión.

De ese modo, todo aquel que participa en la red, participa también en la interpretación y mutación de la corriente textual, por eso el concepto de autor ha dejado de funcionar pues el concepto de origen no tiene lugar en la realidad electrónica (Autonomedia, 1994). Esto nos hace pensar que nuestra nueva producción escrita conlleva la imposibilidad de ser originales pero al mismo tiempo la posibilidad de combinar las formas ya existentes en nuevos modelos para armar. Se trata pues de recrear, que es una forma de ser original, o acaso serlo en el sentido de volver a nuestros orígenes, esos orígenes que nos provocan el irresistible deseo por el "signo natural", ese es el caso de nuestros textos en el chat, e-mail y foros de discusión.

### 3.2 Una explicación de la naturaleza oral

En efecto, como en el caso del lenguaje visual, aquí nuevamente está presente el deseo natural de imponer en la comunicación los elementos primarios, esta vez del lenguaje oral sobre los signos del lenguaje escrito. El irresistible “deseo por el signo natural”, expresado en los elementos no verbales (corporales y paralingüísticos), se traduce esta vez en la necesidad de ir más allá de la palabra escrita para volver a recuperar la oralidad perdida. Creemos que la razón de esto se encuentra en el hecho de que toda comunicación posee un nivel relacional y otro de contenido, ambos interdependientes y complementarios. Así pues el aspecto relativo al contenido (verbal) se trasmite en forma predominantemente digital, mientras que el aspecto relacional (no verbal) es de naturaleza predominantemente analógica.

Al respecto, los etólogos Lorenz y Tinbergen (1983) han demostrado que las vocalizaciones, los movimientos y signos de los estados de ánimo (de los animales y el hombre) son comunicaciones analógicas para definir la naturaleza de las relaciones y no para hacer afirmaciones denotativas acerca de los objetos. Ahora bien, al transmitir un mensaje electrónico comunicamos a nuestro interlocutor sólo un contenido (palabras) y es indudable que prestamos más atención a lo cinético y paralingüístico concomitante, que a las palabras mismas. Dicho componente es fundamental en nuestras comunicaciones pero se pierde en el ciberespacio, sin embargo el usuario compensa esa falta por diversos medios y recursos (técnicas escriturales) creados para tal fin y, aunque sea precariamente, recupera cierto “pathos oral” en un espacio donde predomina lo netamente escrito y así se ayuda a la construcción del texto desde un punto de vista pragmático.

### 4. CONSIDERACIONES FINALES

Llegados a este punto, necesitamos hacer algunos alcances que sirvan de orientación para una adecuada comprensión de nuestras conductas comunicativas con las NTIC. En primer lugar, tal y como los hemos venido señalando, el lenguaje visual se relaciona con todo un fenómeno perceptivo, cognitivo y emocional a la vez (Damasio, 2001). Por eso, sería mejor pensar dicho fenómeno de forma complementaria, sin caer en cortes y choques tan drásticos, ya que oponer imagen y palabra sólo traerá consigo la radicalización de una malsana e ilusoria dicotomía entre el concepto y el percepto. Ante esto, es conveniente buscar caminos que tomen en cuenta que las dos actividades del “animal óptico”, las perceptivas y las intelectuales, deben ser armonizadas mas no cultivadas con exclusividad. Se trata, pues, de ver cómo las TIC están recreando nuestras nociones de escritura, tomando en cuenta los valores específicos del medio como una forma diferente de comunicación y no como simple reclamo para motivar al usuario. No se trata de aprovechar la capacidad de “impacto visual” para luego perpetuar el discurso verbal, sino de traducir los contenidos a una nueva forma de comunicación, un nuevo lenguaje “e-icónico” o sistema de escritura (Levy, 1999).

Al respecto sabemos que los humanos somos muy sensibles a la apariencia con que se presenta la información y que el aparato sensorial de reconocimiento funciona potenciando nuestra capacidad de captar abstracciones, gracias al ojo, una gráfica provee estos elementos con toda facilidad. Por tanto, los esquemas se estarían convirtiendo en elementos claves para una nueva comunicación (Pérez, 2001), en tal sentido podemos hablar legítimamente del esquema como un “tercer lenguaje” (lenguaje bi-media), que luego de

la imagen y el texto surge como resultado de la combinatoria de ellos dos (Costa, 1998).

No cabe duda que los esquemas, lejos de ser sólo imágenes que recrean la vista, constituyen herramientas dirigidas a desarrollar nuestra capacidad de pensar y dar sentido al mundo real. Así lo señala Rao (1996), quien considera que el poder de tales representaciones estriba en la posibilidad de poner en comunicación lo cognitivo con lo perceptivo, de ahí el nombre de “herramientas cognitivas”, dado por Norman (1999), o el de Mindtools (Herramientas para Potenciar la Mente), acuñado por Jonassen (2000), para referirse a esos dispositivos computacionales que soportan, guían y extienden los procesos del pensamiento de sus usuarios. Uno de ellos sería las Redes Semánticas que proveen herramientas visuales para producir diagramas de flujo, redes visuales, matrices y mapas conceptuales. De esta manera las NTIC estarían sentando las bases para la consolidación de este nuevo sistema de representación y comunicación.

Por otro lado, en cuanto al lenguaje verbal, sólo queda señalar que tanto en el correo electrónico como en los chats y las listas de interés, los usuarios han recuperado, de alguna forma, aquel territorio perdido de la palabra oral. Por eso, lo más importante, a falta de indicios certeros acerca de las características de la persona con la que se dialoga, es la capacidad de los individuos en el manejo de las palabras. Así, el uso del humor y la anticipación de las respuestas son sinónimo de destreza en el manejo de los códigos predominantes. Por eso lo más valorado de las personas en el mundo de la CMC es la “competencia comunicacional”, o sea la capacidad del individuo de mantener una comunicación coherente gracias al conocimiento, uso y manejo creativo de los códigos, situaciones y reglas propias del nuevo entorno (Sain, 2001). Y, aunque de nuevo se haya dado la voz de alarma sobre la relajación del idioma por el uso de esas técnicas escriturales,

explotar dichos recursos comunicativos en el campo educativo es nuestro deber como profesionales de la educación. De ahí que la enseñanza y el aprendizaje se deban convertir en un proceso continuo de traducción de lenguajes, códigos y canales, del visual al verbal, del audiovisual al escrito, y viceversa. La comunicación se enriquece, los conocimientos se consolidan, y la información que se adquiere fuera del aula se integra en la que es trabajada dentro.

Por supuesto que no todo lo referente al problema del lenguaje y las TIC está totalmente esclarecido, sin embargo las investigaciones iniciadas y nuestro enfoque teórico nos han facilitado una comprensión de los mecanismos básicos del fenómeno, por eso mismo somos conscientes que nuestro estudio no es más que una aproximación general al tema, ya que es difícil precisar con exactitud todas nuestras intuiciones; en tal sentido sólo nos queda decir, como Aristóteles, ¿quién no puede dar en una puerta?

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ADELL, J. (1997) Algunas repercusiones de las nuevas tecnologías. En: Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información. EDUTEC: Revista electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 7, noviembre.
- AUTONOMEDIA (1994) El plagio utópico, la hipertextualidad y la producción cultural electrónica (capítulo 5 Critical art Ensemble). En: The Electronic Disturbance del Critical Art Ensemble. New York: Autonomedia. POB 568 Williamsburgh Station. Brooklyn, NY 11211-0568 USA. <http://aparterei.com/plagio.html>
- BARTHES, R. (1997) S/Z. España: Edit. Siglo XXI.
- BOLTER, J.D. (1998) Ekphrasis, realidad virtual y el futuro de la escritura. En: El futuro del libro. NUNBERG, Geoffrey (comp.). Barcelona: Paidós Multimedia, p. 270.
- COSTA, J. (1998) La esquemática. Visualizar la información. Barcelona: Paidós.
- CRYSTAL, D. (2002) El lenguaje e Internet. Madrid: Cambridge University Press, pp. 100-104.
- CUATRECASAS, J. (1957) El hombre animal óptico

- co. Cuadernos Americanos. N° 6, Año VI. noviembre-diciembre, p. 90.
- DAMASIO, A. (2001) El error de Descartes. La emoción, la razón y el cerebro humano. Barcelona: Crítica, pp. 98-113.
- GRUPO DE INVESTIGACION CANALEJAS (1999) Capital humano: necesidades y solución en formación permanente en la nueva sociedad, p. 37 y La educación: de Gutenberg a Internet, p. 20. En: Nuevas Tecnologías y Formación. América Ibérica, Madrid.
- GUBERN, R. (1987) El simio informatizado. Madrid: Grafair S.A. Fundesco, p. 14.
- JONASSEN, D. (2000) Computers as Mindtools for Schools Engaging Critical Thinking (2<sup>da</sup>. ed). New Jersey: Columbus, Ohio, USA.
- KRANZBERG, M ; DAVENPOT, W. (1978) Tecnología y cultura. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- LAMEIRO, M. y SANCHEZ, R. (2000) Vínculos interpersonales en Internet. Efectos de la Comunicación digital y de la Reflexividad. Boletín Sociedad Española de Psicoterapia y Técnicas de grupo. Epoca IV, N° 14, Barcelona, pp. 45-66.
- LEVINSON, P. (1997) The soft edge. A natural history of the information revolution. Londres: Routledge & Kegan Paul.
- LEVY, P. (1999) ¿Qué es lo virtual? Barcelona: Ed. Paidós. p. 47.
- NORMAN, D. (2002) Emotion and Design. En: Interactions Magazine [http://www.jnd.org/dn.mss/Norman-EmotionAndDesign-Interactions Mag.pdf](http://www.jnd.org/dn.mss/Norman-EmotionAndDesign-Interactions%20Mag.pdf)
- PÉREZ, J. (2001) Los nuevos procesos de mediación, del texto al hipertexto. En: Comunicación y educación en la sociedad de la información (comp). Barcelona: Paidós, 2001, p. 80.
- RAO, R. (1996) Cuando la información salta a la vista. Mundo Científico, N° 168, mayo, p. 452.
- SAIN, G. (2001) Comunicación interpersonal en Internet: Interacción en el IRC (Chat), <http://www.hipersociologia.org.ar/papers/gainsp.htm>
- SMITH, W. (1982) Etología de la comunicación. México: F.C.E., p. 258.
- TOLVA, J. (1995) La herejía del hipertexto: miedo y ansiedad en la Edad Tardía de la imprenta. <http://www.ucm.es/info/especulo/hipertul/tolva.html>
- TINBERGEN, N. (1983) Estudios de etología. Madrid: Alianza Editorial.
- TURKLE, S. (1997) La vida en la pantalla. La construcción de la identidad en la era de Internet. Barcelona: Paidós Ibérica, pp. 67-68.
- WALACE, P. (2001) Psicología e Internet. Barcelona: Paidós Ibérica, p. 28.
- YUS, F. (2001) Ciberpragmática. Barcelona: Edit. Ariel, pp. 136-138.



## INFORMACION A LOS AUTORES E INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACION DE TRABAJOS

### PRINCIPIOS y OBJETIVOS

THEORIA es la revista institucional de publicaciones de la Universidad del Bío-Bío, destinada a divulgar contribuciones originales en los diferentes campos de la ciencia, tecnología, artes y humanidades, generadas al interior de la propia universidad, como en otras instituciones de educación superior nacionales o extranjeras. Consta de un volumen anual y publica: **Artículos, Ensayos, Reseñas bibliográficas y Artículos de Revisión**, estos últimos por expresa invitación del Editor. Todas las contribuciones son evaluadas por académicos expertos en el tema, externos a la universidad (peer reviewed).

THEORIA se reserva todos los derechos de reproducción del contenido de las contribuciones. Por otra parte, las opiniones expresadas por cada autor son de su exclusiva responsabilidad y no reflejan necesariamente los criterios o políticas de la institución.

### INFORMACION GENERAL

THEORIA ha definido las siguientes modalidades de publicación:

**ARTÍCULO:** Trabajo de investigación original de carácter científico, tecnológico, artístico o humanístico en el que se resuelve una hipótesis por medio de un diseño de investigación. El artículo tendrá una extensión máxima de 15 páginas.

**ENSAYO:** Escrito formal de carácter argumentativo en el cual se exponen fundamentadamente juicios, reflexiones y opiniones personales acerca de temas de relevancia científica y cultural. Formalmente el texto ensayístico se estructura a partir de un objeto de la argumentación (tema), respecto del cual se presenta una o más tesis (conjetura), avalada por premisas (juicios o principios que se dan por aceptados) y argumentos (aserciones que apoyan la tesis propuesta por el autor). Tendrá una extensión máxima de 15 páginas y no incluirá gráficos, tablas o figuras.

**RESEÑA:** Presentación de un libro editado como máximo el año anterior a la edición del volumen de THEORIA que se encuentre en preparación. El libro reseñado debe constituir un estudio relevante en cualesquiera de las áreas de interés indicadas en las instrucciones generales, por lo que el examen debe centrarse en los aportes y méritos del texto, los que en opinión del autor de la reseña, deberían ser conocidos por la comunidad académica y científica. Tendrá una extensión máxima de 2 páginas.

**REVISIÓN:** Presenta el estado del arte en una materia determinada. Está restringido a autores con demostrada experiencia en el tema objeto de la revisión. *Se remiten exclusivamente por expresa invitación del Editor de la Revista.* Cada volumen editado podrá constar de hasta un artículo de revisión por área disciplinaria, cuyo texto no podrá exceder las 25 páginas, considerando el resumen/abstract, escrito, listado de referencias, tablas, notas y leyenda de figuras.

Toda contribución deberá enviarse en original y dos copias en hoja tamaño carta, además de una versión en CD, digitado en lenguaje Word, letra Time New Roman en tamaño 12, a doble espacio. En la preparación de la versión electrónica, deberán considerarse las siguientes indicaciones:

1. El texto se digitará en forma continua a una columna.
2. Para las tabulaciones, *no se usará la barra espaciadora*, sino el tabulador del sistema.
3. Se usará la función de paginación automática incorporada al procesador de texto.
4. Las tablas se ubicarán al final del archivo, separando las columnas individuales mediante tabulador (no con la barra espaciadora).

5. Identificará su diskette con el nombre del primer autor y un título abreviado del trabajo.

*Toda contribución (Artículo, Ensayo, Reseña o Artículo de Revisión) se organizará según la siguiente pauta:*

1. PAGINA DE TITULO. Esta página debe contener:

1a. *Modalidad del trabajo.* Artículo, Ensayo o Reseña.

1b. *Título del trabajo.* Debe ser conciso e informativo, considerando que con frecuencia es empleado para índices de materias. No debe incluir abreviaturas, neologismos ni fórmulas químicas y debe acompañarse una traducción al inglés inmediatamente debajo de la versión en español.

1c. *Nombre de los autores.* Se señalarán todos los autores que hayan participado directamente en la ejecución del trabajo. Cada autor se identificará mediante: nombre completo, apellidos paterno y materno. El autor deberá enviar carta de cada uno de los coautores que figuran en la investigación dando cuenta de su correspondiente conformidad en el envío. La no recepción de este (os) documento(s) será causal de postergación o rechazo.

1d. *Institución(es).* Se indicará: Laboratorio (según corresponda), Departamento, Facultad, Universidad, Ciudad, País. Para señalar la afiliación de los autores a diferentes instituciones, se usarán números superescritos 1,2,3... tras el nombre de cada autor.

1e. *Autor para correspondencia.* Debe indicarse el autor que recibirá la correspondencia precisando: dirección completa de correo, teléfono, fax y correo electrónico.

2. RESUMEN / ABSTRACT. Debe ser escrito en página nueva. Consignará en forma concisa el propósito de la contribución, el marco teórico, los procedimientos básicos empleados en el estudio, principales hallazgos y conclusiones. Debe ser inteligible, sin necesidad de consultar el texto del trabajo y deben evitarse las abreviaturas y términos excesivamente especializados. *Se incluirá una traducción del resumen al idioma inglés inmediatamente a continuación de la versión en español.* Al final del resumen, deberá incluirse entre 3 a 6 *palabras claves* y su traducción al idioma inglés (*keywords*) listadas en orden alfabético. Pueden ser palabras simples o compuestas, por ejemplo:

*Palabras claves:* Activación metabólica, conductibilidad, diseño urbano, educación de adultos, mercadotecnia.

*Keywords:* Metabolic activation, conductivity, urban design, adult education, marketing.

3. TEXTO. Debe comenzar en una página nueva. El texto, en el caso de las reseñas, ensayos y artículos de revisión se organizarán según los epígrafes que estipule el propio autor. Cuando se trate de un *artículo*, el texto de la contribución DEBE ser organizado en las siguientes secciones o sus formas equivalentes en el caso de artículos de las áreas artística y humanística:

3a. *Introducción.* Esta sección debe brindar referencias bibliográficas estrictamente pertinentes y no una revisión acabada del tema. Incluirá, además, el propósito del trabajo y la hipótesis implícita (a ser probada).

3b. *Materiales y Métodos.* La descripción debe ser breve pero lo suficientemente explícita para permitir la reproducción de los resultados. El diseño experimental debe indicar el número de sujetos involucrados en el estudio, número de mediciones en cada caso. Los nombres latinos binomiales se escribirán en itálica. Se incluirá información precisa de los análisis estadísticos aplicados y cómo se expresan los resultados.

3c. *Resultados.* En esta sección se describirán los logros sin discutir su significado. El autor debe presentar evaluaciones cuantitativas de sus resultados siempre cuando sea posible hacerlo e información acerca de la variabilidad y significación estadística de los resultados obtenidos. Los valores medios deben acompañarse por la desviación estándar o error estándar de la media, pero no por ambos, indicando cuál de esos estadísticos es empleado y el número de observaciones a partir de las cuales ellos deriven. Los datos deben presentarse en tablas o figuras sin repetir en el texto los datos que aparecen en ellas.

3d. *Discusión y Conclusiones.* Debe ser concisa, enfatizando aspectos novedosos e importantes del estudio y la conclusión que emerge a partir de ellos. El autor debe centrar la discusión en la interpretación de los resultados logrados en el estudio, y contrastarlo con los obtenidos por otros autores.

3e. *Agradecimientos*. Indicar la fuente de financiación y agradecimientos a personas que *hayan realizado una contribución importante al estudio y que autoricen –mediante carta– mencionar su nombre* en la publicación. Esta carta debe ser enviada junto al resto de documentos.

4. REFERENCIAS. Esta sección se iniciará en una nueva página. Toda modalidad de trabajo adecuará la forma de citación a las siguientes indicaciones: sólo se citará la bibliografía más relevante. Las referencias en el texto se citarán de la siguiente forma: Se mencionará el apellido del autor y año, separado por una coma todo entre paréntesis v.gr.: (Fuentealba, 1987), o como parte de una frase ie.: Fuentealba (1987) ha puesto en evidencia.../ En el caso de citas en las que sean dos los autores, se mencionarán los apellidos de ambos (v.gr.: Fernández y Rubio, 1999). Finalmente, en el caso de un trabajo de más de dos autores, se citará el apellido del primero, seguido por la abreviación en itálica *et al*, separado por una coma (v.gr.: Salas *et al*, 1993).

La bibliografía se listará en orden alfabético y cada título incluirá: Apellido e iniciales de todos los autores en mayúsculas separados por comas, año entre paréntesis, nombre completo del artículo (colocando en mayúscula sólo la palabra inicial), número del volumen (seguido de dos puntos) y la página inicial y final de cada artículo (separadas por guión). En el caso de capítulo de libro, se mencionarán los nombres de los editores (en mayúsculas), seguido por la abreviatura “ed(s)” en paréntesis, el nombre del libro (con, la inicial de las palabras principales en mayúsculas y las restantes en minúsculas), ciudad y editor (separado por dos puntos), abreviación “pp” seguida de la página inicial y final del capítulo correspondiente. Ejemplo:

SALAMONE MF and HEDDLE JA (1983) The bone marrow micronucleus assay: Rationale for a revised protocol. In. DE SERRES, FJ (ed) Chemical Mutagen: Principles and Methods for their detection Vol 8, Amsterdam: Elsevier, pp 111-149.

Si un autor posee dos citas para un mismo año, se diferenciarán asignando letras después del año correspondiente, e identificándolas de igual forma en el listado bibliográfico. Todas las citas en el texto deben aparecer en el listado bibliográfico y viceversa.

5. TABLAS. Deberán ser numeradas consecutivamente con números romanos y escritas en páginas separadas. Cada tabla debe encabezarse por un título breve y con suficiente detalle experimental para hacerla inteligible sin necesidad de consultar el texto. Los encabezamientos de las columnas expresarán claramente sus contenidos y unidades de medición. Los valores medios y las medidas de dispersión deben ser referidos a las observaciones, indicando el número de individuos empleados en el estudio y el valor «p» cuando corresponda.
6. LEYENDA DE LAS ILUSTRACIONES. Deben ser escritas en página separada. Las figuras deben ser numeradas consecutivamente con números árabes. Cada figura debe consignar un título y una breve leyenda explicativa con suficiente detalle como para que sea comprensible *per se*. Las ilustraciones deben ser citadas en el texto por la palabra Figura cuando ésta forma parte de una frase y por la abreviación (Fig.) cuando ésta se coloque entre paréntesis.

Las ilustraciones, gráficos, histogramas, figuras, fotografías u otras serán limitadas en cantidad, y deben enviarse a escala 150%, grabadas en formato “jpeg.” y escaneadas a una resolución no inferior a 300 d.p.i., o, en su defecto, en papel de tamaño no superior a 21 x 27 cm., con calidad suficiente para permitir su reproducción.

*Finalmente, la no adecuación de cualquier contribución a las normas estipuladas por la revista será causal de devolución inmediata al autor.*

Las contribuciones deberán remitirse a:

Dr. ENRIQUE ZAMORANO-PONCE  
EDITOR  
Laboratorio de Genética Toxicológica (GENETOX)  
Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias  
Universidad del Bío-Bío  
Casilla 447 Chillán, Fax (42) 270148  
e-mail: ezamoran@pehuen.chillan.ubiobio.cl

Esta  
publicación,  
procesada por  
**Cosmigonon Ediciones,**  
se terminó de imprimir  
en el mes de diciembre de 2003  
en Trama Impresores S.A.  
(que sólo actúa como impresora)  
Talcahuano  
Chile