

INVESTIGACIÓN y CIENCIA

DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

*CIENCIAS AGROPECUARIAS, CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS, CIENCIAS DE LA SALUD,
INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS, Y CIENCIAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y HUMANIDADES*



Situación actual del bosque de niebla
en el estado de San Luis Potosí, México

Modelo matemático para el ciclo silvestre
de transmisión de Leishmaniasis
Tegumentaria Americana, considerando
varios hospederos mamíferos
y un vector

Realineación de territorios de venta
utilizando estadística multivariante

Los salarios en México: un análisis
con datos de panel



Estrategias empresariales para la
competitividad y el crecimiento de las
PYMES. Una evidencia empírica

Ambiente laboral, estrategias de austeridad
y criterios de excelencia, usadas en
situaciones de crisis, desde la perspectiva
del trabajador

Sobre una versión categórica de un
criterio de proyectividad generalizada
para módulos sobre dominios

Física, cultura y sociedad en el contexto
europeo de principios del siglo XX



EDICIÓN CUATRIMESTRAL AÑO 19 SEPTIEMBRE-DICIEMBRE DE 2011

53

ISSN: 1665-4412



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Departamento de Apoyo
a la Investigación

DIRECTORIO

M. en Admón. Mario Andrade Cervantes
Rector

Dr. Francisco Javier Avelar González
Secretario General

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez
Director General de Investigación y Posgrado

M. en C. Gabriel Ernesto Pallás Guzmán
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias

M. en C. Martha Cristina González Díaz
Decana del Centro de Ciencias Básicas

Dr. Raúl Franco Díaz de León
Decano del Centro de Ciencias de la Salud

Dr. Mario Eduardo Zermeño de León
Decano del Centro de Ciencias del Diseño y de la
Construcción

Dra. Ma. del Carmen Martínez Serna
Decana del Centro de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Daniel Eudave Muñoz
Decano del Centro de Ciencias Sociales y Humanidades

M. en C. Jorge Heliodoro García Navarro
Decano del Centro de las Artes y la Cultura

CONSEJO EDITOR DE LA REVISTA

- Dr. Francisco Cervantes Pérez
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
Y COORDINACIÓN DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
- Dr. Alfredo Feria Velasco
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
- Dr. Luis Miguel García Segura
INSTITUTO CAJAL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS,
MADRID, ESPAÑA
- Dr. Frank Marcano Requena
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
- Dr. Javier de Felipe Oroquieta
INSTITUTO CAJAL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS,
MADRID, ESPAÑA
- Dr. Philippe Poujeol
UNIVERSIDAD DE NIZA-SOPHIA, ANTIPOLIS FRANCESA
LABORATORIO DE FISIOLÓGIA CELULAR Y MOLECULAR
- Dr. José Luis Reyes Sánchez
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEPTO. DE FISIOLÓGIA, BIOFÍSICA Y NEUROCIENCIAS

COMITÉ EDITORIAL DE ESTE NÚMERO

- Dr. Jaime Raúl Bonilla Barbosa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
- Dr. Juan Carlos A. Jáuregui Correa
CIATEC, A.C.
- Dra. Edith R. Jiménez Huerta
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS
- Dra. María J. Rodríguez-Shadow
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
DIRECCIÓN DE ETNOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA SOCIAL
- Dra. Mineko Shibayama
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN
DEPARTAMENTO DE INFECCIÓN Y PATOGENESIS MOLECULAR

MTRA. ROSA DEL CARMEN ZAPATA
EDITOR

LIC. SANDRA MARGARITA RUIZ GUERRA
ASISTENTE

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, año 19, núm. 53, septiembre-diciembre 2011, es una publicación arbitrada, científica y multidisciplinaria, editada cuatrimestralmente y distribuida por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., Tel./Fax. 449 9 10 74 42, www.uaa.mx/investigacion, revistaiyc@correo.uaa.mx. Editor responsable: Rosa del Carmen Zapata. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2002-042412342500-102, ISSN: 1665-4412. Licitud de Título No. 12284, Licitud de Contenido No. 8497, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Permiso SEPOMEX No. PP01-0003. Diseñada e impresa por los Talleres Gráficos del Departamento de Procesos Gráficos de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., este número se terminó de imprimir el 31 de diciembre de 2011 con un tiraje de 1,000 ejemplares. Precio por ejemplar \$60.00 (pesos). Costo de la suscripción anual \$160.00 (pesos).

Los artículos firmados son responsabilidad de su autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

La revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* está citada en los siguientes índices:

- **DIALNET** (Hemeroteca de artículos científicos hispanos en internet) <http://dialnet.uniroja.es>
- **DOAJ** (*Directory of Open Access Journals*) <http://www.doaj.org>
- **HELA** (Catálogo de Hemeroteca Latinoamericana) <http://www.dgb.unam.mx/hela.html>
- **Índice Internacional de Revistas Actualidad Iberoamericana**, ISSN 0717-3636. Centro de Información Tecnológica-CII, La Serrana, Chile. <http://www.citchile.cl>
- **LATINDEX** (Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal) <http://www.latindex.org>
- **PERIÓDICA** (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias) <http://www.dgb.unam.mx/periodica.html>
- **REDALYC** (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal) <http://www.redalyc.org>

FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

- Encino del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí, México • Selva subtropical de Orán Salta, Argentina, localidad con Leishmaniasis Tegumentaria Americana • Primer conferencia Solvay, Bruselas, 1911.

CONTENIDO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	Págs.	
CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS		
<ul style="list-style-type: none"> Situación actual del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí, México Edgar G. Leija Loreda Humberto Reyes Hernández Javier Fotanelli Martínez Gerardo Palacio Aponte 	3-11	
<ul style="list-style-type: none"> Modelo matemático para el ciclo silvestre de transmisión de Leishmaniasis Tegumentaria Americana, considerando varios hospederos mamíferos y un vector Juan Carlos Rosales Hyun Mo Yang Dora Davies 	12-21	
<ul style="list-style-type: none"> Realineación de territorios de venta utilizando estadística multivariante Juan Gabriel Correa Medina Ma. Loecelia Guadalupe Ruvalcaba Sánchez Alejandro Fabre Bandini 	22-28	
CIENCIAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y HUMANIDADES		
<ul style="list-style-type: none"> Los salarios en México: un análisis con datos de panel Rogelio Varela Llamas Arturo Retamoza López 	29-38	
<ul style="list-style-type: none"> Estrategias empresariales para la competitividad y el crecimiento de las PYMES. Una evidencia empírica Luis Aguilera Enríquez Martha González Adame Rodrigo Rodríguez Camacho 	39-48	
<ul style="list-style-type: none"> Ambiente laboral, estrategias de austeridad y criterios de excelencia, usadas en situaciones de crisis, desde la perspectiva del trabajador Sergio Manuel Madero Gómez 	49-55	
ARTÍCULOS DE REVISIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> Sobre una versión categórica de un criterio de proyectividad generalizada para módulos sobre dominios Jorge Eduardo Macías Díaz 	56-60	$0 = M_0 < M_1 < \dots$ $< M_v < \dots (v < \kappa)$
<ul style="list-style-type: none"> Física, cultura y sociedad en el contexto europeo de principios del siglo XX Ricardo Guzmán Díaz José Antonio Cervera Jiménez 	61-68	

Situación actual del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí, México¹

Current status of cloud forest in the state of San Luis Potosí, Mexico

Edgar G. Leija Loredo,² Humberto Reyes Hernández,³
Javier Fortanelli Martínez,⁴ Gerardo Palacio Aponte⁵

Leija Loredo, E. G.; Reyes Hernández, H.; Fortanelli Martínez, J.; Palacio Aponte, G., Situación actual del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí, México, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 3-11, 2011.

RESUMEN

En este trabajo se analiza la distribución y dinámica espacio-temporal del bosque de niebla del estado de San Luis Potosí. Éste se caracteriza por su restringida distribución geográfica en todo el país, además de estar severamente amenazado por las actividades humanas. Dicho ecosistema se localiza en la región fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, entre los 1,000 y 1,600 m de altitud, sobre un sustrato geológico de lutita y caliza-lutita; y tiene una extensión de 3,239 ha distribuidas en ocho relictos, resultado de una alta deforestación y fragmentación. En los últimos 35 años se han perdido 2,868 ha, y en algunos relictos las tasas de deforestación fueron superiores al 3% anual. Aunque algunos de los fragmentos se ubican en áreas de alta prioridad para la conser-

Palabras clave: bosque de niebla, deforestación, fragmentación, Sierra Madre Oriental, *Liquidambar*.

Key words: cloud forest, deforestation, fragmentation, Sierra Madre Oriental, *Liquidambar*.

Recibido: 12 de Mayo de 2011, aceptado: 26 de Julio de 2011

¹ Queremos agradecer a los Fondos Sectoriales para la Investigación ambiental, mediante el convenio FOSEC: SEMARNAT-CONACYT-C06-23754, y la Fundación Produce de San Luis A.C. por proveer el financiamiento para la realización de esta investigación.

² Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, goyo_87gm@hotmail.com

³ Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, hreyes@uaslp.mx.

⁴ Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, fortanel@uaslp.mx.

⁵ Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, gpalaciomx@hotmail.com.

vación, ninguno se encuentra oficialmente protegido.

ABSTRACT

This paper analyzes the distribution and dynamics space-time of cloud forest in the State of San Luis Potosí, Mexico. This forest is characterized by the restricted geographical distribution throughout the country, as well as being severely threatened by human activities. This ecosystem is located in the Sierra Madre physiographic region, between 1,000 and 1,600 m of altitude, on a geological substratum of shale and limestone-shale. It has an extension of 3,239 hectares distributed in eight relicts. This forest shows a high level of deforestation and fragmentation because in the past 35 years it has lost over 2,868 hectares of forest. In some of these relict areas, deforestation rates were higher than 3% per year. Even though, some of these relicts are located within areas of high priority for conservation, none is officially protected.

INTRODUCCIÓN

Uno de los ecosistemas más valiosos del territorio nacional es el bosque de niebla o mesófilo de montaña, cuyas características únicas lo convierten en un espacio que permite la convivencia de especies vegetales pertenecientes a zonas tropicales junto con especies típicas de climas templados. Aunque este ecosistema se distribuye sólo en el 0.87% del territorio nacional, alberga unas 2,500 especies de plantas, que representan entre el 10 y 12% de todas las especies estimadas

para México (Williams Linera, 2007; Puig, 2005). Debido a su antiguo origen geológico y a su aislamiento geográfico, estos bosques albergan especies paleoendémicas que los convierten en sitios más biodiversos, en relación con el área que ocupan y en comparación con otros tipos de vegetación. Son ecosistemas muy frágiles, debido a que dependen, básicamente, del microclima que es mantenido por el propio bosque (Challenger, 1998).

Este ecosistema, también denominado por Puig (1991) bosque caducifolio húmedo de montaña, se presenta en el territorio nacional como comunidades relictas, distribuidas en forma de islas de vegetación dispersas en enclaves ecológicos, generalmente del lado de barlovento en las montañas de las sierras Madre Oriental y la Occidental, en áreas donde las nubes se condensan y causan lluvias abundantes, con alta humedad relativa y neblina durante gran parte del año. La presencia frecuente de la niebla tiene un papel relevante en la distribución y dinámica de estos bosques al proporcionar un ambiente termoregulado y favorecer la presencia de una gran diversidad de flora y fauna. El bosque de niebla se desarrolla en climas templado-húmedos con lluvias durante todo el año, su precipitación anual total varía entre 1,500 y 2,000 mm, con una temperatura media anual de 18 °C (Rzedowski, 1986, 1996; Challenger, 1998).

En el estado de San Luis Potosí, Rzedowski (1966) documentó la existencia de esta asociación vegetal en las inmediaciones del municipio de Xilitla y menciona de su existencia en los municipios de Tamazunchale, Aquismón, Alaquines y Ciudad del Maíz entre los 600 y 1,500 m de altitud. Por su parte, Puig (1991) identifica su presencia (bosque caducifolio húmedo de montaña) en los municipios de Ciudad del Maíz, Cárdenas, Río Verde, Xilitla y Tamazunchale, aunque cartográficamente sólo lo ubica en Gómez Farías, en el estado de Tamaulipas.

Si bien todas las formaciones vegetales son importantes, es necesario priorizar aquellas áreas en las cuales los planes y acciones para su conservación, manejo sostenible y restauración, deben implementarse de manera más urgente.

La conservación de las áreas prioritarias depende, en gran medida, de la disponibilidad de información sobre su condición actual y de los principales factores que inciden en su destruc-

ción. Aunque existen numerosos estudios sobre el bosque de niebla en el territorio nacional, existen aún relictos sin estudiar, algunos de ellos muy amenazados debido a la fragmentación y la deforestación que han sufrido durante las últimas décadas. En este sentido, esta investigación analiza la distribución y situación actual del bosque de niebla o mesófilo de montaña en el estado de San Luis Potosí.

En la entidad, el bosque de niebla se distribuye en la zona de barlovento de la Sierra Madre Oriental, entre las selvas altas perennifolias y subperennifolias y los bosques de coníferas y de *Quercus*, donde se presentan las condiciones de mayor humedad y temperatura. Esta región es un conjunto montañoso que se extiende a lo largo de la porción central del estado en dirección noreste-sureste, sobre las subprovincias fisiográficas Gran Sierra Plegada (municipios de Ciudad del Maíz, El Naranjo, Ciudad Valles, Alaquines, Cárdenas y Tamasopo) y Carso Huasteco (Rayón, Santa Catarina, Aquismón y Xilitla). Estas subprovincias muestran una sucesión de sinclinales y anticlinales hacia el noroeste (Ciudad del Maíz y Alaquines), con pequeñas sierras y valles intermontanos orientados a lo largo del eje de estas estructuras; y paisaje kárstico hacia el sureste (Aquismón y Xilitla), con conos kársticos alternados con dolinas (figura 1).

El bosque de niebla con predominio de *Liquidambar styraciflua* suele aparecer, en las condiciones más húmedas de la región (hacia el sureste), como una faja discontinua sobre sustrato calizo entre las selvas medianas y el bosque de *Quercus* y coníferas, o como islas edáficas (exclusivamente sobre lutitas) rodeadas por diversas variantes de bosque de *Quercus* en las condiciones más secas (hacia el noroeste). Existen algunas áreas en donde *Liquidambar* pierde su predominio, pero que probablemente califiquen como bosque de niebla por la presencia destacada de otros elementos de la flora de estos ambientes (por ejemplo, *Clethra pringlei*, *Quercus germana*, *Carya ovata*, *Eugenia xalapensis*, etc.); sin embargo, para fines de este trabajo, sólo se considerará como bosque de niebla la formación vegetal con predominio de *Liquidambar*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una consulta bibliográfica para conocer los principales trabajos que referían la presencia del bosque de niebla en el estado, además

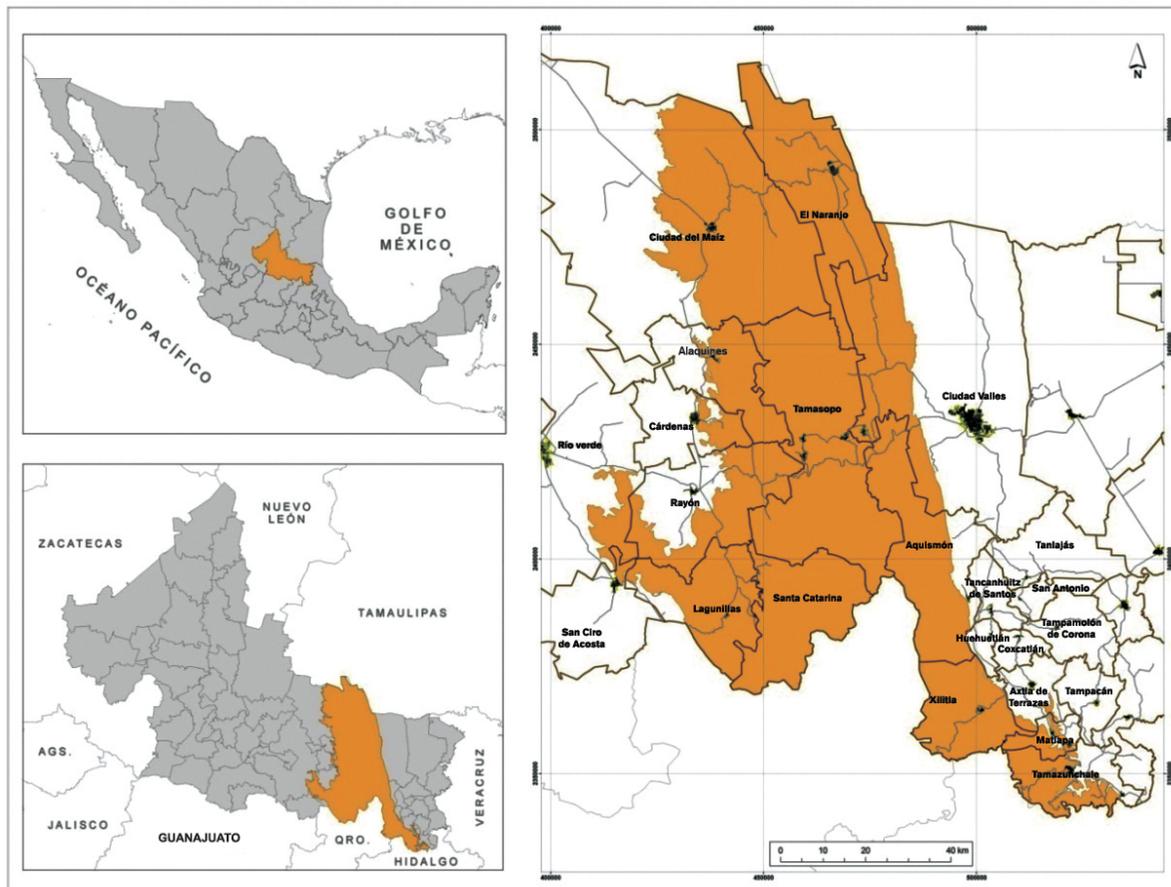


Figura 1. Localización de la Sierra Madre Oriental en el estado de San Luis Potosí.

de revisar los mapas de vegetación y uso del suelo (INEGI, 1985, 2002) y del Inventario Nacional Forestal (SEMARNAT-UNAM, 2002), ambos en escala 1:250,000. Con base en esta información, los relictos referidos fueron ubicados, especialmente, en el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGis 9.2.

Para definir la distribución potencial de este ecosistema en la zona de estudio se utilizaron imágenes de satélite Spot del año 2007 de 15 m de resolución. Éstas fueron desplegadas en una combinación de bandas de falso color RGB 432, así resalta el vigor de la vegetación debido a que se compone de las bandas infrarrojas que muestran los fragmentos de vegetación de bosque, con diferentes tonalidades de rojo según el vigor, mientras que el azul destaca las zonas de agricultura, ganadería y áreas desnudas que se diferenciaron además por la forma geométrica de su disposición (Lillesand *et al.*, 2004).

Con base en la distribución espacial de los polígonos identificados previamente y por medio de un análisis visual, basado en las reglas básicas de la fotoidentificación (Chuvieco, 1990), se elaboraron mapas preliminares de distribución actual y potencial del bosque de niebla.

Para corroborar la existencia de dichos relictos, precisar su extensión e identificar la presencia de nuevos fragmentos no reportados en las fuentes consultadas, se realizó una verificación de campo, en donde se colectaron puntos con un GPS, además de identificar elementos conspicuos del paisaje como tipo de suelo, sustrato geológico, orientación de las laderas, niveles de humedad, condiciones generales del bosque y actividades económicas prevalecientes. Adicionalmente, se realizaron entrevistas con pobladores locales para conocer el uso y aprovechamiento del bosque y la existencia de fragmentos no reportados en la literatura.

Los puntos GPS obtenidos en campo fueron exportados al SIG, en donde se compararon con los polígonos existentes. Como resultado no se encontró coincidencia entre lo reportado por el INF, INEGI y otras fuentes bibliográficas consultadas; además, se precisó su ubicación y se definieron sus dimensiones actuales, con base en la información obtenida en campo. Los relictos que no habían sido anteriormente reportados, fueron digitalizados directamente sobre la imagen de satélite siguiendo la trayectoria de los puntos GPS.

Para analizar las condiciones bajo las cuales se desarrolla este tipo de vegetación y definir con mayor certeza su distribución potencial, se analizó el contexto físico geográfico de cada fragmento de bosque, como la geología, edafología, pendiente, precipitación y altitud mediante una sobreposición de coberturas digitales en el SIG. Finalmente con la información obtenida, se elaboró el mapa actual de cobertura vegetal y uso del suelo de las zonas con presencia de bosque de niebla, con las siguientes clases: a) Bosque mesófilo o bosque de niebla, b) Bosque de encino, c) Agricultura de temporal, d) Pastizal inducido y e) Asentamiento humano urbano.

Con base en el método propuesto por Mass (2005), se elaboraron los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo para los años 2000, 1995 y 1973. Este método se utiliza para evaluar cambios en el uso del suelo y disminuir los errores derivados de los falsos cambios en la clasificación de los mapas; consiste en sobreponer el polígono de una cobertura determinada de la fecha más actual sobre imágenes satelitales o fotografías aéreas más antiguas y, con base en un análisis visual, se procede a modificarlo sobre la pantalla de la computadora. En este caso, el polígono más actual (2007) se sobrepuso sobre imágenes de satélite Landsat ETM (2000), MSS (1973) y Ortofotos digitales (1995).

La identificación y la cuantificación de las superficies deforestadas, y aquellas que cambiaron a otros usos del suelo, se lograron por medio de una sobreposición cartográfica de los mapas correspondientes a los fragmentos de bosque para los periodos de 1973-1995, 1973-2000, 1995-2007 y 1973-2007. Para determinar la tasa de deforestación en cada periodo de estudio se aplicó la fórmula empleada por la FAO: $C = ((T2/T1)^{1/n} - 1) * 100$; donde, T= es el año de inicio, T2 e= el año actual o más reciente y n es e= Número de años entre T1 y T2.

RESULTADOS

En el estado de San Luis Potosí el bosque de niebla ocupa, actualmente, una superficie de 3,239 ha, distribuidas en ocho relictos diseminados en los municipios de Tamasopo, Alaquines, Ciudad del Maíz, El Naranjo y Xilitla. Estos fragmentos de bosque se ubican en áreas con una altitud de 1,200 a 1,500 m, situadas sobre suelos someros del tipo leptosoles, regosoles, feozems y luvisoles, con abundante contenido de materia orgánica. Se distribuyen sobre estructuras sinclinales y, en menor proporción, sobre anticlinales; las laderas donde se desarrolla el bosque suelen tener pendientes superiores a los 40°, en lugares poco accesibles y menos útiles para otros usos del suelo (tabla 1).

Debido a que este ecosistema necesita condiciones muy específicas para su desarrollo, como la alta humedad, el límite de su distribución, en la zona de estudio, coincide con las zonas de isoyetas superiores a los 1,200 mm anuales, pero siempre asociada con el sustrato geológico de lutitas. La excepción es el fragmento ubicado en el municipio de Xilitla, situado al sur del estado en donde la precipitación supera los 2,000 mm anuales y el bosque de niebla se encuentra sobre rocas calizas (tabla 1).

En 1973 el bosque de niebla se extendía sobre una superficie de 6,107 ha, misma que se redujo a 3,239 para 2007; esto significa que en los últimos 34 años se deforestaron 2,868 ha. Al respecto, destacan los relictos de la Silleta, Álamos de Arriba, El Platanito y Colonia Díez Gutiérrez, que perdieron entre 1973 y 2007 751 (45.9%), 573 (71.6%), 527 (44.4%) y 445 ha (53.1%), respectivamente (tabla 2; figura 2).

De todos los relictos de bosque analizados, únicamente cinco conservan menos del 50% de la superficie registrada en 1973 y sólo uno, el relikto de La Nueva Reforma, Alaquines, mantiene más del 80% de su extensión anterior (tabla 2; figuras 3 y 4).

Las principales causas de la reducción y fragmentación del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí son la conversión a potreros y áreas agrícolas y la tala ilegal de árboles. En la región destaca el hecho de que las áreas desmontadas, inicialmente dedicadas a milpas bajo el sistema roza-tumba-quema, son dirigidas hacia el establecimiento de praderas perennes, lo que agrava la

Tabla 1. Características de los relictos de bosque de niebla del estado de San Luis Potosí

Municipio	Localidad	Geología	Edafología	Tenencia de la tierra	Estructura geológica	Precipitación (mm)	Altitud (msnm)
Alaquines	La Nueva Reforma	Lutita-Arenisca	Leptosol	Ejidal	Anticlinal	1000-1200	1300-1500
Alaquines	El Carrizalito de Moctezuma	Caliza	Leptosol-Luvisol	Ejidal	Anticlinal	1200-1500	1000-1100
El Naranjo	Álamos de Arriba	Caliza-Lutita	Leptosol-Feozem	Ejidal	Sinclinal	1000-1200	1000-1200
Ciudad del Maíz	Las Mesas	Caliza-Lutita	Leptosol	Ejidal	Anticlinal	1000-1200	1000-1200
Ciudad del Maíz	El Platanito	Caliza-Lutita	Leptosol-Feozem	Ejidal	Anticlinal	1500-2000	1100-1300
Ciudad del Maíz	Colonia Díez Gutiérrez	Lutita	Regosol	Ejidal	Sinclinal	1000-1200	1200-1300
Tamasopo-Rayón	Copalillos	Lutita-Arenisca	Leptosol	Ejidal y comunal	Sinclinal	1000-1200	1200-1300
Xilitla	La Silleta	Caliza	Leptosol	Ejidal	Anticlinal	1500-2000	1200-1300

Tabla 2. Superficie forestal por año y tasas deforestación de los relictos de bosque de niebla

Municipio	Localidad	Superficie por año (ha)				Tasa anual de deforestación (%) por periodo		
		1973	1995	2000	2007	1973-1995	1973-2000	1973-2007
Alaquines	La Nueva Reforma	876.0	850.6	SD	742.9	-0.13	ND	-0.47
Alaquines	El Carrizalito de Moctezuma	178.0	145.5	SD	105.9	-0.90	ND	-1.49
El Naranjo	Álamos de Arriba	800.3	SD	379.0	227.1	ND	-2.72	-3.58
Ciudad del Maíz	Las Mesas	331.1	SD	154.2	85.6	ND	-2.78	-3.84
Ciudad del Maíz	El Platanito	1186.0	SD	796.9	659.8	ND	-1.46	-1.68
Ciudad del Maíz	Colonia Díez Gutiérrez	837.6	765.0	SD	392.4	-0.40	ND	-2.17
Tamasopo-Rayón	Copalillos	266.8	194.7	SD	147.4	1.26	ND	-1.70
Xilitla	La Silleta	1633.5	1007.0	SD	882.1	-2.15	ND	-1.77

SD: sin dato para la fecha señalada.

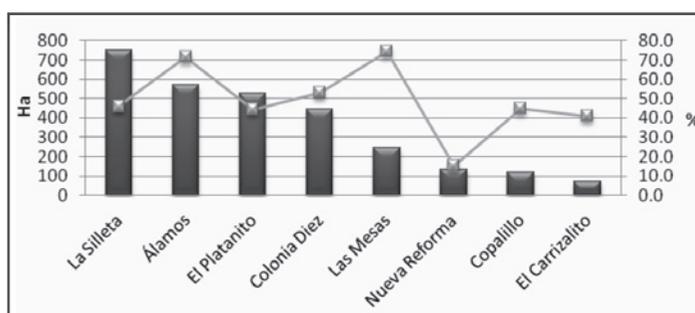


Figura 2. Superficie deforestada total (ha) y relativa (%) en los relictos de bosque de niebla en el periodo 1973-2007.

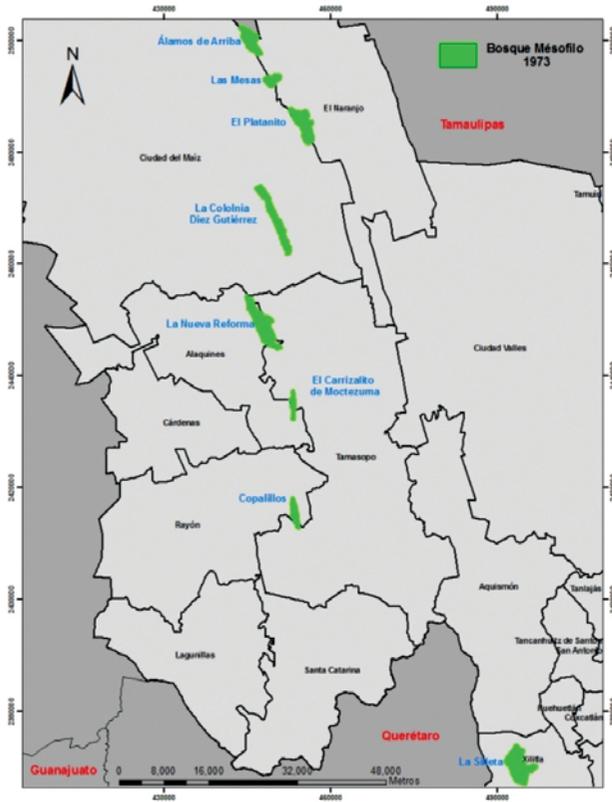


Figura 3. Distribución de los relictos de bosque de niebla en 1973.

presión sobre las áreas forestales adyacentes, al demandar mayor superficie de terreno en menor tiempo. Los relictos de Las Mesas y Álamos de Arriba registraron la mayor velocidad en su transformación, con una tasa de deforestación del 3.8% y 3.5% anual, respectivamente. Los fragmentos de El Platanito (1.6%), El Carrizalito de Moctezuma (1.4%) y La Nueva Reforma (0.47%) presentaron las menores tasas de deforestación anual (tabla 2).

En la mayoría de los fragmentos de bosque se presenta un paisaje cambiante e intercalado con respecto al predominio de especies de Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) y encinos (*Quercus* spp.), asociadas a la alternancia entre lutitas y calizas y entre sinclinales y anticlinales, respectivamente. Estos sustratos y geformas al generar bordes entre estas comunidades vegetales permiten el predominio de especies de *Quercus* en sustrato calizo y *Liquidambar* en los suelos originados a partir de las lutitas y areniscas. Actualmente, los fragmentos donde los bancos de semillas pudieran permitir el restablecimiento

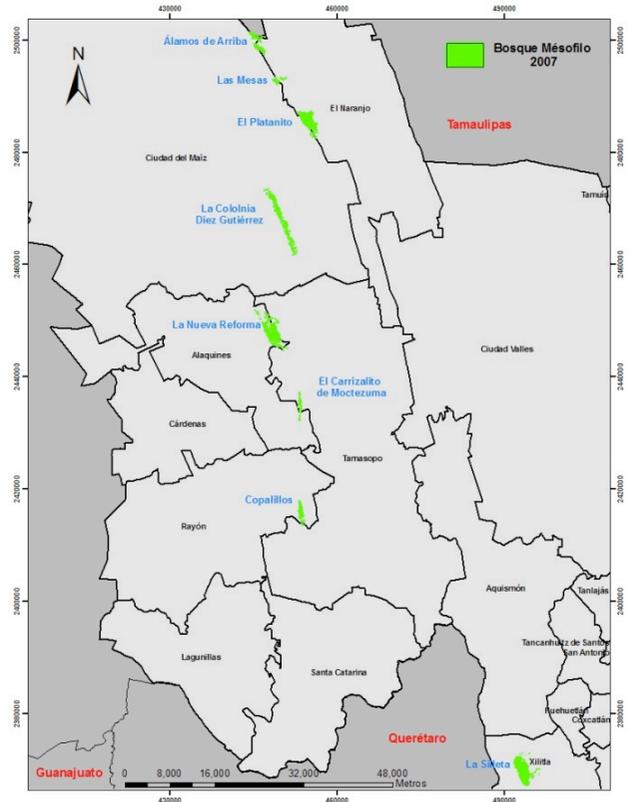


Figura 4. Distribución de los relictos de bosque de niebla en 2007.

del bosque, se encuentran cada vez más separados entre sí, y sus áreas circundantes son espacios abiertos para el pastoreo de ganado mayor (figura 4), lo que facilita el crecimiento de especies leñosas y espinosas que no son consumidas por el ganado.

DISCUSIÓN

De acuerdo con Challenger (1998), una de las características de esta comunidad vegetal es su distribución en forma de "archipiélagos climáticos" con orientación hacia el barlovento y confinada a estrechas zonas altitudinales de las regiones montañosas. En el estado de San Luis Potosí el bosque de niebla se distribuye de forma paralela a la orientación de los pliegues de la sierra (figuras 3 y 4), lo que sugiere que tal configuración espacial se encuentra asociada al tipo de roca que lo subyace y al gradiente de precipitación. Rzedowski (1996) señala que estos bosques se desarrollan en regiones de relieve accidentado y las laderas pronunciadas constituyen su hábitat más frecuente, protegido del viento y de la fuerte insolación.



Figura 5. Los encinos (*Quercus* spp.) son componentes importantes, aunque secundarios, de este tipo de bosques. Obsérvese la abundancia de helechos, musgos y bromelias epífitas.

Normalmente, los fragmentos de mayor tamaño identificados en el estado de San Luis Potosí se localizan en la porción centro-norte de la Sierra Madre Oriental, sobre los municipios de Ciudad del Maíz, Alaquines y Tamasopo, la mayoría de ellos ubicados primordialmente en zonas de pendientes que en promedio, son más abruptas que las del paisaje en general, es decir, que los remanentes de estos bosques se encuentran en lugares de difícil acceso. Lo anterior coincide con otros trabajos realizados en la planicie costera de la Huasteca Potosina y para otros tipos de vegetación, como las selvas bajas, en donde se ha documentado la remoción completa de la cubierta forestal en las pendientes suaves (0-5%), dejando sólo remanentes en las pendientes mayores a 60% (Mass, 1995; Trejo y Dirzo, 2000; Reyes *et al.*, 2006).

La pérdida de cobertura vegetal originada por la conversión a potreros y áreas de agricultura, además de la tala ilegal de árboles, son causas comunes de deforestación en todo el país; y la región de estudio no es la excepción (SEMARNAT, 2007). En la Sierra Madre Oriental una gran

proporción de las áreas que son deforestadas se utilizan inicialmente para milpas bajo el sistema roza-tumba-quema, y al cabo de dos a tres años, estos terrenos son convertidos a praderas perennes, aumentado con ello la velocidad de transformación y la demanda de mayor superficie forestal (Montoya, 2009). Si bien algunos fragmentos no evidencian una pérdida considerable en su superficie, la tala selectiva y la ganadería extensiva afectan de manera paulatina su composición y estructura.

Aunque los relictos de bosque de niebla identificados se encuentran relativamente alejados de zonas urbanas, la apertura de carreteras (Sader *et al.*, 1997) y nuevos caminos pone en peligro su permanencia; en este sentido, se considera que la construcción de la nueva autopista que unirá la capital del estado con el Golfo de México podría agravar el proceso de fragmentación en los relictos situados cerca de esta nueva vía de comunicación. Otros factores que aceleran estos procesos de cambio son los incentivos económicos para el desarrollo de la ganadería, la falta de información para el aprovechamiento adecuado del bosque y la carencia de apoyos para poner en marcha el manejo sostenible de estos sistemas.

El hecho de que las perturbaciones naturales y antropógenas ocurran con mayor frecuencia o intensidad en un fragmento aislado que en un bosque continuo o de mayor extensión (Guevara y Laborde, 1999), incrementa el riesgo para el bosque de niebla. El aislamiento y las formas alargadas y complejas de los relictos tienden a



Figura 6. Los árboles adultos de *Liquidambar* suelen utilizarse como material de construcción en las comunidades aledañas al bosque de niebla.

incrementar el efecto de borde, sin embargo, en los fragmentos pequeños cuya forma tiende a ser circular (figura 4), este efecto se magnifica aún más al reducirse el área real de bosque (Kapos *et al.*, 1997). Este aislamiento favorecería, al mismo tiempo, la creación de nuevas condiciones para otras especies, al promover procesos de especialización y diversificación, alterando con ello la composición y estructura del bosque. Al respecto, se postula que la alteración del hábitat remanente en el que vive la biota del bosque de niebla provocaría el aislamiento de las metapoblaciones, afectando la biodiversidad y los servicios ambientales que el bosque proporciona.

En virtud de que la mayoría de los fragmentos se encuentran muy separados entre sí y sus áreas circundantes son espacios abiertos para el pastoreo de ganado mayor (figura 4), los bancos de semillas que pudieran permitir el restablecimiento del bosque, no logran colonizar estas áreas de manera natural. Aunado a esto, la ganadería extensiva que se practica en el interior de los fragmentos hace más difícil la reproducción de las especies vegetales (Montoya, 2009). La incapacidad del bosque para regenerarse obedece a que el pastoreo en el sotobosque afecta a los rebrotes, plántulas y plantones de las especies dominantes y más gustadas por el ganado, favoreciendo con ello la dispersión de las especies leñosas y espinosas, que a la larga colonizan los terrenos (Challenger, 1998).

En el caso del desmonte, la proximidad de los bancos de semillas permitiría que la vegetación original recolonice el claro, siempre y cuando la actividad ganadera permita la regeneración del bosque. Es importante mencionar que existen todavía fragmentos con bosques perturbados y vegetación secundaria, cuyos espacios podrían ser utilizados como corredores para ayudar a conectar los fragmentos de bosque menos perturbados y reducir significativamente su aislamiento. Al respecto, *Liquidambar styraciflua* es una especie que se reproduce vegetativamente y por semilla; en consecuencia, se comporta como una especie pionera en la sucesión secundaria, que

depende de las condiciones de humedad y temperatura y podría ser la más indicada para iniciar este proceso de recuperación.

El bosque de niebla a pesar de ser un ecosistema amenazado, también ofrece oportunidades para su conservación y recuperación, una de ellas es el programa de pago por servicios ambientales que implementa la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), en particular relacionados con los servicios hidrológicos que este ecosistema provee. Sin embargo, se requiere de estudios como el presente y de otras investigaciones que arrojen información sobre la biodiversidad de estos sitios, la estructura de la vegetación antes del deterioro, los datos acerca de los ciclos y procesos más importantes del ecosistema, el conocimiento suficiente sobre las presiones que originaron la alteración y la información acerca de las trayectorias ecológicas de los principales indicadores del ecosistema. Al respecto, existen ya algunos proyectos en curso (Fortanelli *et al.*, 2010) que buscan estudiar éstos u otros temas para lograr la protección de los últimos relictos de este importante ecosistema en la entidad.

CONCLUSIONES

El bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí se desarrolla, principalmente, sobre lutitas, en altitudes que van de los 1,200 a 1,500 m, laderas plitativas cóncavas y con rangos de precipitación entre los 1,000 y 2,000 mm anuales. De los relictos de bosque de niebla identificados, los fragmentos localizados al norte de la Sierra Madre Oriental, en los municipios de Ciudad del Maíz y El Naranjo, presentan las mayores tasas de deforestación. Todos los relictos, en mayor o menor medida, muestran algún tipo de perturbación. Las causas principales de disturbio son la deforestación con fines agrícolas y pecuarios, la tala ilegal y los fuegos descontrolados. Conocer la situación actual, complementada con estudios sobre la biodiversidad, análisis de los ciclos y procesos más importantes en estos ecosistemas, así como las estrategias de restauración, son fundamentales para proteger el bosque de niebla en la entidad.

LITERATURA CITADA

- CHUVIECO, E., *Fundamentos de Teledetección espacial*. Madrid: Ed. Riapl, 1990.
- CHALLENGER, A., *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro*. México: CONABIO-IB-UNAM-Agrupación Sierra Madre, 1998.
- FORTANELLI M.J.; CASTILLO, L.P.; FLORES, C.J.A.; GARCÍA, P.J.; MARTÍNEZ, V.G.; REYES, H.H.; SANDOVAL, M.C., *Estudio geográfico, ecológico y etnobotánico de un relicto de bosque de niebla de San Luis Potosí, México. Memorias del X Congreso Latinoamericano de Botánica*. Chile: Universidad de La Serena, 2010.
- GUEVARA, S.; LABORDE, J., Historia del paisaje de la sierra de Los Tuxtlas, Veracruz (México). En: Díaz Pineda, F.; De Miguel, J.M.; Casado, M.A. (coords.), *Diversidad biológica y cultural rural: en la gestión ambiental del desarrollo*. España: Cooperación española y Multimedia ambiental, 1999.
- INEGI, Carta de vegetación y uso del suelo. CD Valles F14-8, Escala 1:250,000, 1985.
- INEGI, Carta de vegetación y uso del suelo Serie II. CD Valles F14-8, Escala 1:250,000, 2002.
- KAPOS, V.; WANDELLI, E.; CAMARGO, J.L.; GRANADE, G., Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia. In: Laurance, W.F.; Bierregaard Jr., R.O. (eds.), *Tropical Forest Remnants. Ecology, Management and conservation of fragmented communities*. USA: The University of Chicago Press, 1997.
- LILLESAND, T.M.; KEIFFER, R.W.; CHIPMAN, J.W., *Remote sensing and image interpretation*. New York: John Wiley & Sons Inc., 2004.
- MASS, J.F., *Change estimates by map comparison: a method to reduce erroneous changes due to positional error; Transactions in GIS*. Vol. 9, No. 4, pp. 619-629, 2005.
- MASS, M.J., Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. In: Bullok, S.; Money, H.; Medina, E., (eds.), *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- MONTOYA, T.J.N., Diagnóstico participativo de los procesos de deforestación en dos comunidades de la Sierra Madre Oriental del estado de San Luis Potosí. Tesis de Maestría PMPCA-UASLP, 2009.
- PUIG, H., *La biogeografía de las plantas del bosque mesófilo*. En: Sánchez Ramos, G.; Reyes Castillo, P.; Dirzo, R. (eds.), *Historia Natural de la Reserva de la Biosfera el Cielo*. México: UAT, 2005.
- PUIG, H., *Vegetación de la Huasteca, México. Estudio fitogeográfico y ecológico*. México: Institut Francais de recherche, Scientifique four le Developement en Coopération (ORSTOM)-Instituto de Ecología A.C.-centre D'Etudes Mexicaines et Centraméricaines (CEMCA), 1991.
- REYES, H.H.; AGUILAR ROBLEDO, M.; AGUIRRE, R.J.R.; TREJO, V.I., Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México. *Investigaciones Geográficas*. Vol. 59, pp. 26-42, 2006.
- RZEDOWSKI, J., *Vegetación del estado de San Luis Potosí*. Tesis Doctoral, UNAM, 1966.
- RZEDOWSKI, J., *Vegetación de México*. México: Editorial Limusa, 1986.
- RZEDOWSKI, J., Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*. Vol. 35, pp. 25-44, 1996.
- SADER, S.A.; REINING, C.; SEVER, T.; SOZA, C., Human migration and agricultural expansion, a threat to the Maya tropical forest. *Journal of Forestry*. Vol. 95, No. 12, pp. 27-32, 1997.
- SEMARNAT-UNAM, *Inventario Forestal Nacional 2000*. México: Instituto de Geografía, UNAM-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002. Escala 1:250,000.
- SEMARNAT, *Compendio de Estadísticas Ambientales*. México, 2007.
- TREJO, I.; Dirzo, R., Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*. Vol. 94, pp. 133-142, 2000.
- WILLIAMS LINERA, G., *El bosque de niebla del centro de Veracruz: Ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático*. México: CONABIO-Instituto de Ecología, 2007.

Modelo matemático para el ciclo silvestre de transmisión de Leishmaniasis Tegumentaria Americana, considerando varios hospederos mamíferos y un vector¹

Mathematical model for transmission of American Tegumentar Leishmaniasis in the wild cycle considering several host mammals and one vector

Juan Carlos Rosales,² Hyun Mo Yang,³
Dora Davies⁴

Rosales, J. C.; Yang H. M.; Davies, D., Modelo matemático para el ciclo silvestre de transmisión de Leishmaniasis Tegumentaria Americana considerando varios hospederos mamíferos y un vector, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 12-21, 2011.

RESUMEN

A partir de un modelo con ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales, se describe cualitativamente la dinámica del ciclo silvestre de la Leishmaniasis Tegumentaria Americana y se obtiene la expresión para el Número Reproductivo Básico como el autovalor dominante del Operador Próxima Generación. El modelo considera n reservorios silvestres y es aplicado a posibles situaciones particulares, según los casos ocurridos en las localidades de Hipólito Yrigoyen (23° 16' S; 64° 15' O) y San Ramón de la Nueva Orán (23° 08' S; 64° 20' O), de la provincia de Salta, Argentina. Se introduce un refinamiento en el modelo, en la tasa neta de nacimiento del vector, para

Palabras claves: modelo matemático, Leishmaniasis Tegumentaria Americana, ciclo silvestre, estacionalidad, Número Reproductivo Básico.

Key words: mathematical model, American Tegumentar Leishmaniasis, wild cycle, seasonality, Basic Reproductive Number.

Recibido: 17 de Febrero 2011, aceptado: 13 de Septiembre 2011

¹ Los autores agradecen a los evaluadores anónimos las observaciones críticas y las correcciones realizadas para una mejor comprensión del presente trabajo. Al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta y a FAPESP Proyecto Temático, por subsidiar el presente trabajo. Al Lic. José Gil y Dra. Chalabe por los datos de LTA.

² Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias Exactas, Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta, Argentina, jcsalta@yahoo.com.ar

³ Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas Brasil, hyunyang@ime.unicam.br

⁴ Facultad de Ciencias Naturales, Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta, Argentina, dadaviesar@yahoo.com.

contemplar las influencias de las fluctuaciones estacionales en la densidad poblacional de la *Lutzomyia*, mediante funciones sinusoidales. Estas oscilaciones, buscando las frecuencias adecuadas, permitirían describir cualitativamente la situación epidémica para cada año en particular en las localidades mencionadas.

ABSTRACT

From a model with nonlinear ordinary differential equations, the dynamics of wild cycle of American Tegumentar Leishmaniasis is described qualitatively. The expression for the Basic Reproductive Number is obtained as the dominant eigenvalue of the Next Generation Operator. The model considers n wild reservoirs. Numerical simulations are performed in order to explain endemic situations observed in localities of Hipólito Yrigoyen and San Ramón de la Nueva Orán, the province of Salta, Argentina. In addition, a refinement of the model is done, that is, the net rate of birth of the vector is allowed to vary according to sine function aiming to assess the influences of the seasonality in the population density of the *Lutzomyia*. Searching for suitable frequencies in the oscillatory behavior, qualitative descriptions of the epidemics observed in each year in both mentioned localities are done.

INTRODUCCIÓN

En el año 1993 la OMS considera a la leishmaniasis como una de las seis enfermedades más importantes del mundo causada por protozoarios. Esta situación en la actualidad no ha cambiado

mucho, pues la leishmaniasis continua siendo una enfermedad desatendida (Alvar, Yactayo y Bern, 2006; Reithinger *et al.*, 2007) y es una de las principales enfermedades transmitida por vectores, con una prevalencia total de 12 millones de personas y una incidencia de 2 millones de casos anuales en el mundo, de los cuales 1,5 millones corresponden a leishmaniasis cutánea, con lo que esta zoonosis es un problema de carácter social y de salud pública de muchos países en vía de desarrollo (Reyes y Arrivillaga, 2009). La Leishmaniasis Tegumentaria Americana (LTA) se extiende desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina (Gontijo y De Carvalho, 2003; González *et al.*, 2009), es transmitida por hembras de *Lutzomyia* spp (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) que ingieren los parásitos (*Leishmania* spp) en su forma amastigota desde los hospedadores mamíferos y que luego transfieren formas promastigotas a nuevos hospedadores susceptibles. El ser humano actúa, en la mayoría de los casos, como hospedador accidental, mientras que el roedor y el cánido como reservorios (Herwaldt, 1999; Gontijo & De Carvalho, 2003). En Argentina se ha aislado de pacientes *Leishmania* (*Viannia*) *braziliensis*, aunque también se ha encontrado *L. (L.) amazonensis* y *L. (V.) guyanensis*. La especie vectora más abundante en situaciones de brote es *Lutzomyia neivai*; esta especie está usualmente acompañada, en territorio argentino, por *Lu. migonei*, *Lu. cortelezzii* y *Lu. shannoni* (Salomón *et al.*, 2006; Salomón, 2009); la incidencia desde 1954 hasta 1983 fue de 2.93 casos/años/10⁶ habitantes, pero desde 1984 hasta 2005 creció a 8.76 casos/años/10⁶ habitantes. La LTA es endémica en toda la región al norte de los 29 °S; en la provincia de Salta, ubicada al NO de Argentina y, particularmente, en el Departamento Orán; la morbilidad por LTA se elevó desde que se produjo el brote epidémico de 1997 (Salomón *et al.*, 2001; Córdoba Lanús *et al.*, 2006). Este departamento está ubicado en la zona hiper-endémica, junto al Departamento General San Martín, donde se registró el 53.1% de todos los casos, cuando sólo el 0.7% de la población del país residía en el lugar (Salomón *et al.*, 2008). Las localidades de Hipólito Yrigoyen (HY) y San Ramón de la Nueva Orán (SRNO), ubicadas en el Departamento de Orán, contaban con 12,774 y 66,915 habitantes respectivamente, según el penúltimo censo poblacional (INDEC, 2010).

Meneses *et al.* (2002) han caracterizado los ciclos de transmisión silvestre, extra-doméstico y doméstico para LTA, también formularon algunas

hipótesis para la existencia de estos tres ciclos de transmisión independientes y discutieron una correlación entre el ciclo silvestre y el ciclo doméstico. Basados en sus estudios, en la Municipalidad de Mesquita, en el estado de Río de Janeiro, Brasil, sostienen que los perezosos (*Bradypus variegatus*) podrían actuar como enlaces entre los ciclos silvestre y extra-doméstico, mientras que los canes y equinos relacionarían este último ciclo con el ciclo doméstico. Mientras que, por otro lado, el ciclo epidémico de transmisión silvestre puede estar relacionado con la transmisión extradomiciliaria y domiciliaria (Yadón *et al.*, 2003; Salomón *et al.*, 2006, 2008).

En lo que respecta al ciclo de transmisión silvestre en Argentina, no hay estudios sobre la fauna silvestre de hospedadores vertebrados o reservorios potenciales que confirmen cuáles podrían actuar efectivamente como reservorios, menos para HY y SRNO. Se pueden mencionar las investigaciones de patrones espaciales y temporales para *Lu. neivai*, *Lu. cortelezzii*, *Lu. shannoni* y *Lu. punctigeniculata*, en determinadas áreas de estudio como Pichanal, Embarcación y Mosconi, en los ambientes extra-doméstico, doméstico, selva primaria y secundaria (Salomón *et al.*, 2004). No obstante, para todos los hospedadores vertebrados que podrían intervenir en el ciclo silvestre, los parámetros como tasas de contagios, tasas de mortalidad, tasas de recuperación, etc., no se conocen.

Los modelos matemáticos constituyen una herramienta más para el estudio de enfermedades, para explicar las diferentes interacciones entre los parásitos y sus reservorios. También tienden a sugerir aquellos parámetros, tasas, que precisan ser investigados, para ser usados en las simulaciones. Por ejemplo, el tiempo desde la "picadura" del vector hasta la manifestación de los primeros síntomas de la enfermedad, depende de muchas variables (diferencias en los sistemas inmunológicos, diferentes periodos de evolución de la lesión, distintos tiempos de identificación de la enfermedad), por lo tanto, al no conocerse con precisión, el planteo de ciertos modelos permitiría una descripción razonable.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se investiga la aplicabilidad de un modelo propuesto por Chaves *et al.* (2007) para describir la dinámica de la transmisión relativa al ciclo silvestre. Al modelo se le realizaron peque-

ñas modificaciones y se generaliza para n -hospedadores potenciales, hospedadores-reservorios, intervinientes en el ciclo silvestre de transmisión de LTA. Se deriva la expresión para el Número Reproductivo Básico (R_0) por el método del Operador Próxima Generación (Diekmann y Heesterberker, 2000; López *et al.*, 2002), por inducción matemática, para el caso en que no se consideran las fluctuaciones estacionales. Se refina dicho modelo incorporando fluctuaciones en la tasa neta de natalidad del vector, con el objeto de describir cualitativamente las oscilaciones anuales en los números de casos que se presentan en las localidades investigadas, HY y SRNO.

Datos. Los datos relativos a los casos de LTA en la localidad de SRNO fueron proporcionados por el Centro de Enfermedades Tropicales de la ciudad homónima y los datos para la localidad de HY, por el Programa de Enfermedades Dermatológicas de Interés Sanitario (PEDIS), dependiente del Ministerio de Salud Pública del Gobierno de la Provincia de Salta. Si bien es cierto que este tipo de registros contiene muchas imprecisiones (Anderson y May, 1992), con los datos sólo se pretende observar descripciones cualitativas a través del modelo matemático modificado, en cada caso.

Modelo matemático. La dinámica del ciclo de transmisión de la Leishmaniasis resulta sumamente compleja. Para simplificar se utiliza un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales como modelo, donde el pasaje del estado susceptible al infectado es inmediato. La infección está relacionada generalmente a actividades de riesgo, como las actividades de deforestación, que aumentan el contacto efectivo humano-vector, pero que al aceptar las hipótesis de homogeneidad de las poblaciones, las mismas no son consideradas. Este trabajo se focaliza en las fluctuaciones con las que se presentan las ocurrencias de casos, aplicando un modelo modificado retomado de Chaves *et al.* (2007), que ha sido utilizado para describir la dinámica de transmisión de LTA (Chaves y Hernández, 2004, 2007), derivado del modelo clásico de Ross para Malaria. En la actualidad, diversos autores han prestado atención al modelaje matemático de la leishmaniasis cutánea, por ejemplo, Bacaër y Guernaoui (2006), cuyo modelo puede ser visto como una extensión del "segundo modelo" de Ross, como fue llamado en el trabajo de Lotka (Bacaër y Guernaoui, 2006).

Hipótesis. Los datos más accesibles provienen de los registros del tipo mencionado anteriormente y proporcionan, entre otra información, el número de casos de LTA en humanos. La aparición de casos en el transcurso del año presentan fluctuaciones, pues éstas podrían estar relacionadas con las fluctuaciones estacionales de la abundancia del vector, en los entornos de la selva. De allí se plantea la siguiente hipótesis: "la abundancia o densidad de los flebotominos (Diptera: Psychodidae) influye en los patrones de incidencia de LTA en seres humanos, con cierto desfase temporal. Como consecuencia, todos los hospedadores involucrados en el ciclo silvestre podrían presentar patrones similares con desfases diferentes.

A partir de los patrones temporales que presentan los casos de LTA, es posible aproximar la forma de variación estacional e introducirla en la ecuación de la dinámica del vector. De este modo, con los datos correspondientes al año 1998 en HY y los años 2002-2003 en SRNO, se determinará una función como una aproximación simplificada de la tasa neta de nacimiento, oscilante para el vector, que produzca fluctuaciones en la densidad poblacional del mismo.

Número Reproductivo Básico R_0 . Es importante distinguir el número de casos de nuevas infecciones, para ello es de interés estimar el número de casos secundarios promedio, producidos por un individuo infectado típico, en una población de individuos completamente susceptibles. Resulta aquí un parámetro significativo para conocer el crecimiento de una epidemia o su establecimiento en una comunidad, el que se conoce como Número Reproductivo Básico R_0 . Si $R_0 > 1$ la enfermedad podría establecerse en la comunidad. Por otro lado, la enfermedad tendería a desaparecer de la comunidad si $R_0 < 1$ (Anderson y May, 1992). En este trabajo se determinan las condiciones de umbral para la persistencia de la infección, como el radio espectral de la Matriz Próxima Generación, se obtienen simulaciones numéricas del modelo con base en parámetros extraídos de la literatura acerca de las infecciones en reservorios silvestres. A partir de los datos de casos mensuales registrados en HY y SRNO, se realiza un ajuste lineal para determinar la tendencia lineal, se extrae esa tendencia de los datos y luego se efectúa un ajuste periódico en las bases $\{1, \cos \frac{2\pi t}{f}, \sin \frac{2\pi t}{f}\}$; $\{1, t, c(t), \cos \frac{2\pi t}{f}, \sin \frac{2\pi t}{f}\}$, donde la función $c(t)$, es una función continua lineal a trozos, cuyos valores discretos para $t = 1, 2, \dots, 12, \dots, 24$

coinciden con la incidencia calculada para esos periodos. Este ajuste periódico se introduce en la ecuación del vector por la hipótesis planteada, dentro del sistema de EDO no lineales, que se detalla.

Se consideran n hospedadores vertebrados silvestres, y un hospedador invertebrado, el vector *Lutzomyia*, en sus estados infectados, denotados por H_1, H_2, \dots, H_n y L , respectivamente. Las poblaciones totales de los hospedadores y el vector cumplen con la hipótesis de homogeneidad y se denotan N_1, N_2, \dots, N_n y N_L , respectivamente. Las tasas de contagios del hospedador i -ésimo por vector infectado se indican con α_i y la tasa de contagio del vector debido al hospedador i -ésimo infectado es β_i . La tasa de mortalidad para el hospedador i -ésimo es μ_i y su tasa de recuperación se denota por γ_i . Para el caso del vector *Lutzomyia*, la tasa de mortalidad se denota por μ_L . Los contactos entre los hospedadores susceptibles y los vectores infectados se producen según la ley de acción de masas. De acuerdo a las hipótesis mencionadas en el párrafo anterior y suposiciones similares a las realizadas en Chaves et al. (2007), Chaves y Hernández (2008) y Rosales & Yang (2007), resulta el siguiente modelo que describe en forma simplificada el ciclo de transmisión silvestre de LTA:

Modelo 1

$$\begin{cases} \frac{dH_1}{dt} = \alpha_1(N_1 - H_1)L - (\mu_1 + \gamma_1)H_1 \\ \frac{dH_2}{dt} = \alpha_2(N_2 - H_2)L - (\mu_2 + \gamma_2)H_2 \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dH_n}{dt} = \alpha_n(N_n - H_n)L - (\mu_n + \gamma_n)H_n \\ \frac{dL}{dt} = (\beta_1H_1 + \beta_2H_2 + \dots\dots + \beta_nH_n)(N_L - L) - \mu_L L \end{cases}$$

Modelo 2

El refinamiento se realiza en la ecuación relativa al vector y es del tipo:

$$\frac{dL}{dt} = (\beta_1H_1 + \beta_2H_2 + \dots\dots + \beta_nH_n)(N_L - L) - \mu_L L + n_L(t)$$

donde $n_L(t) = \sin \frac{2\pi t}{f}$
o $n_L(t) = b_1 + b_2t + b_3c(t) + b_4 \cos \frac{2\pi t}{f} + b_5 \sin \frac{2\pi t}{f}$
es una combinación lineal de los elementos de la base considerada. No se realiza el análisis de sensibilidad para los parámetros involucrados en el modelo, ya que el objetivo es obtener descripciones cualitativas.

RESULTADOS

Proposición. Sea el sistema de $n+1$ ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales, dado por el Modelo 1, que tiene asociado la Matriz del Operador Próxima Generación siguiente

$$OPG_n = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{\alpha_1}{\mu_L} N_1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{\alpha_2}{\mu_L} N_2 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{\alpha_3}{\mu_L} N_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{\alpha_n}{\mu_L} N_n \\ \frac{\beta_1}{\mu_1 + \gamma_1} N_L & \frac{\beta_2}{\mu_2 + \gamma_2} N_L & \frac{\beta_3}{\mu_3 + \gamma_3} N_L & \dots & \frac{\beta_n}{\mu_n + \gamma_n} N_L & 0 \end{pmatrix}$$

entonces el Número Reproductivo Básico, para la dinámica del ciclo de transmisión silvestre de la Leishmaniasis Tegumentaria Americana, es el autovalor dominante de la Matriz del Operador Próxima Generación y viene dado por la siguiente expresión:

$$R_0 = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i \beta_i N_i}{(\mu_i + \gamma_i)} \right) \frac{N_L}{\mu_L}}$$

Prueba: ver Anexo.

Por lo tanto, las condiciones de umbral para la persistencia de la infección, como el radio espectral de la Matriz Próxima Generación, vienen dadas por la siguiente desigualdad:

$$\left(\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i \beta_i N_i}{(\mu_i + \gamma_i)} \right) \frac{N_L}{\mu_L} > 1$$

Simulaciones numéricas

No se conocen estimaciones de los parámetros utilizados en el modelo para la zona donde se encuentran ubicadas HY y SRNO, con respecto a infecciones en los reservorios silvestres que podrían estar involucrados en el ciclo de transmisión silvestre. Entre los mamíferos citados para la zona, podemos mencionar *Holochilus chacarius*, *Akodon arviculoides*, varias especies de ratones del género *Akodon* y *Didelphis albiventris* en El Tabacal, Departamento de Orán (Monasterio et al., 2007). Por ello, se utilizan las prevalencias de la investigación llevada a cabo por Brandao et al. (2003) como una estimación de las tasas de contagios. En ese trabajo se encontraron evidencias de infección por *Leishmania* en pequeños mamíferos capturados en regiones endémicas de leishmaniasis, tales como ratas del agua (*Nectomys squamipes*), ratas negras (*Rat-*

tus rattus), ratón gris (*Bolomys lasiurus*), ratón de ciénaga (*Holochilus scieurus*), ratón de campo (*Akodon arviculoides*) y comadreja (*Didelphis albiventris*), que resultaron, respectivamente, 0.281, 0.161, 0.146, 0.071, 0.040 y 0.135. Los datos se complementaron usando estimaciones de los parámetros de los trabajos de Reyes y Arrivillaga (2009), Chaves y Hernández (2004, 2007) y Rosales y Yang (2007). Se consideraron las tasas de contagios del hospedador i -ésimo por vector infectado y del vector con el hospedador i -ésimo relacionadas según $\alpha_i = \beta_i$. Las simulaciones ejemplificadas se realizaron con, $\alpha_1 = 0.28$, $\alpha_2 = 0.16$, $\alpha_3 = 0.15$, $\gamma_i = 1.45$, $\mu_1 = 1.38 \times 10^{-3}$, $\mu_2 = 6.94 \times 10^{-3}$, $\mu_3 = 8.34 \times 10^{-4}$ y $\mu_L = 0.141^{-1}$.

En la figura 1 se observan los casos registrados en el año 1998 en HY y la tendencia lineal encontrada, que es la que se extrae de los datos. Las fluctuaciones para la tasa neta de natalidad del vector *Lutzomyia*, aceptando la hipótesis establecida, se obtuvo realizando el ajuste periódico considerando la base $\{1, t, c(t), \cos \frac{2\pi}{f}, \sin \frac{2\pi}{f}\}$.

En la figura 2 se presenta una situación análoga para la localidad de SRNO en el periodo 2002-2003, según la base $\{1, \cos \frac{2\pi}{f}, \sin \frac{2\pi}{f}\}$. Los ajustes permiten obtener las expresiones $n_L(t)$ para cada periodo considerado.

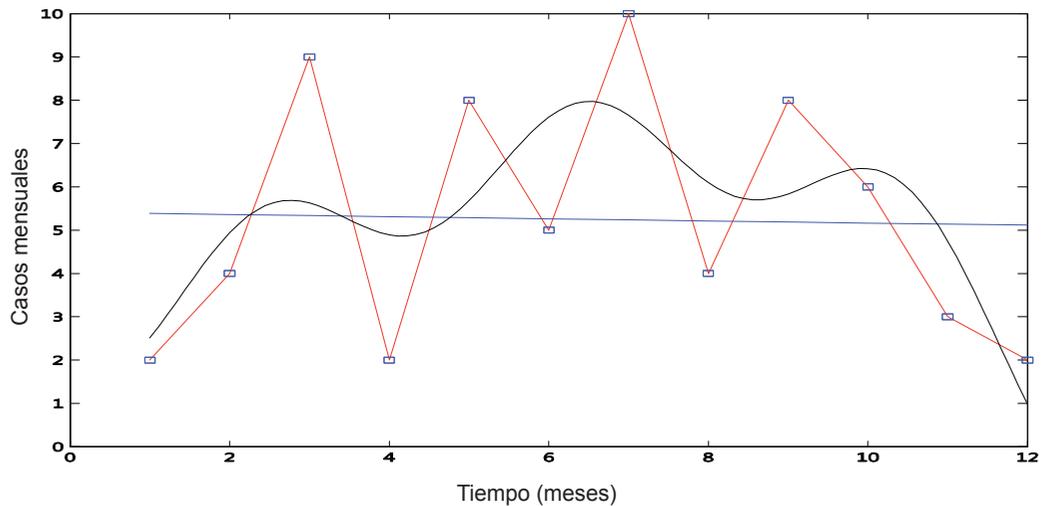


Figura 1. (i) Ajuste periódico sin tendencia lineal (-) de los casos mensuales de Leishmaniasis Tegumentaria Americana en el año 1998 (■), en el Departamento de Orán, Salta, Argentina.

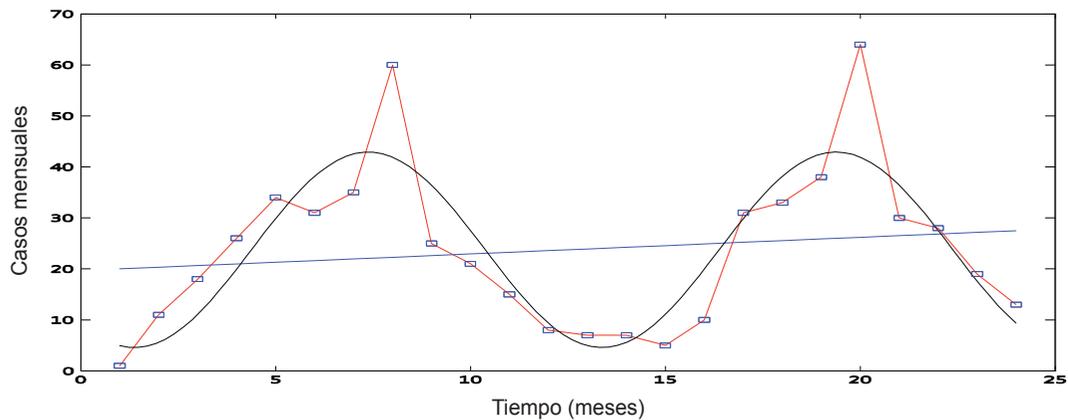


Figura 2. (i) Ajuste periódico sin tendencia lineal (-) para el periodo 2002-2003 de los casos de Leishmaniasis Tegumentaria Americana (■), en el Departamento de Orán, Salta, Argentina.

La figura 3 muestra una solución numérica para el modelo refinado (2) con la expresión para la tasa neta de natalidad del vector *Lutzomyia* dada por:

$$n_L(t) = b_1 + b_2 t + b_3 \exp(\text{coef}_2) \exp(\text{coef}_1 t) + b_4 \cos\left(\frac{2\pi t}{f}\right) + b_5 \sin\left(\frac{2\pi t}{f}\right);$$

donde el vector $b = (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) = (3.18, 1.13, -0.79, -0.75, -1.06)$, mientras las componentes del vector coef son $(0.25, -0.05)$ y la frecuencia seleccionada $f = 3$.

En la figura 4 se presentan soluciones numéricas descriptivas para el ciclo silvestre de LTA para el periodo 2002-2003, según los casos registrados en la localidad de SRNO. La expresión para la tasa de natalidad del vector *Lutzomyia* está dada por:

$$n_L(t) = b_1 + b_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{f}\right) + b_3 \sin\left(\frac{2\pi t}{f}\right);$$

en este caso el vector $b = (b_1, b_2, b_3) = (23.75, -14.39, -12.67)$ y la frecuencia en este periodo es $f = 12$.

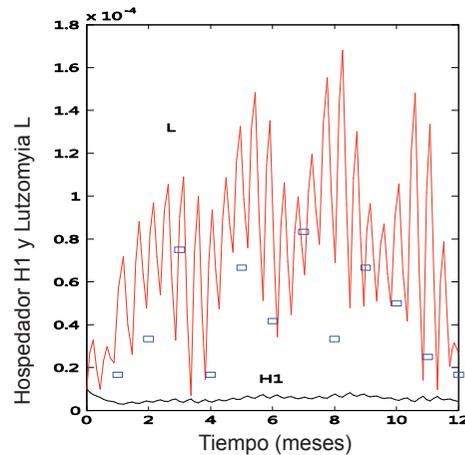
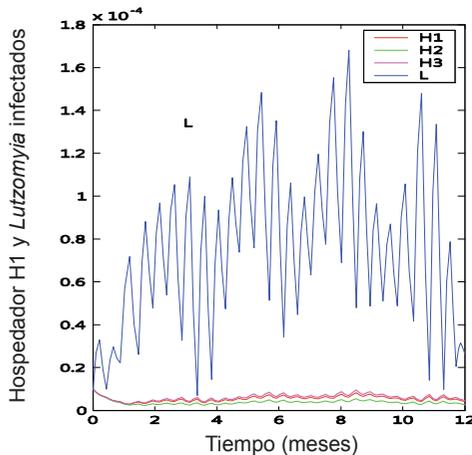


Figura 3. Simulación del modelo (2) para el Ciclo de Transmisión Silvestre de Leishmaniasis Tegumentaria Americana (LTA). Izquierda: los hospedadores y los vectores infectados se indican con, H1; H2; H3 y L, respectivamente. Derecha: vectores L y hospedador principal H1, conjuntamente con el *scatter plot* de la incidencia en los casos humanos de LTA en el año 1998, Orán, Salta, Argentina.

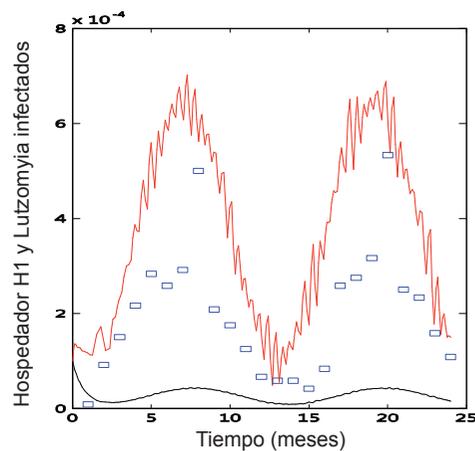
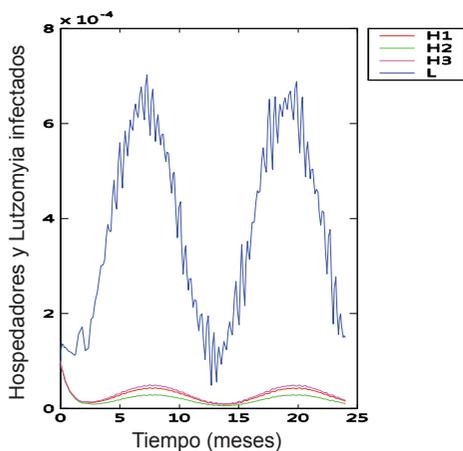


Figura 4. Descripción cualitativa de la dinámica del ciclo silvestre de la Leishmaniasis Tegumentaria Americana con 3-hospedadores y el vector. Izquierda: los hospedadores y los vectores infectados se indican con H1; H2; H3 y L, respectivamente. Derecha: vectores L y hospedador H1, conjuntamente con el *scatter plot* de la incidencia en los casos humanos de LTA, en San Ramón de la Nueva Orán, Salta, Argentina, en el periodo 2002-2003.



Figura 5. Aspecto de la selva subtropical en el Departamento de Orán Salta, Argentina con evidencias de actividades de deforestación que aumentan el riesgo de contacto con el vector *Lutzomyia* transmisor de Leishmaniasis Tegumentaria Americana.

DISCUSIÓN

Se obtuvo una expresión del Número Reproductivo Básico (3) para n hospedadores que permite conocer las condiciones del umbral para la persistencia de la infección (4), en función de los parámetros involucrados en el sistema (1) para describir la dinámica del ciclo silvestre. La misma permitirá, estimados los parámetros, obtener valores para el umbral de la enfermedad en los hospedadores involucrados. La expresión obtenida indica que cerca del punto de equilibrio trivial cada hospedador infectado produce $\frac{\beta_i}{(\mu_i + \gamma_i)}$ nuevos vectores infectados, sobre su período infeccioso y cada vector infectado produce $\frac{\alpha_i}{\mu_v}$ nuevos hospedadores infectados durante su período de vida. Se observa, de la deducción de la expresión para el Número Reproductivo Básico (3), que se precisa de dos generaciones para que un vector u hospedador vertebrado infectado derive en un nuevo caso secundario. Estimaciones para R_0 en Orán resultarían importantes siempre y cuando se conozcan qué especies actúan como reservorios y estimaciones de su infección.

Como se afirma en Chaves y Hernández (2004), este modelo también es general porque resulta una abstracción de la dinámica silvestre de una zoonosis transmitida por vectores; en este caso considera todos los hospedadores potenciales silvestres, pero no al hombre, que se considera un hospedador accidental. Sin embargo, utiliza los datos de casos humanos para introducir las fluctuaciones en el hospedador invertebrado involu-

crado, porque se estima que las fluctuaciones de los casos están implícitamente relacionadas con las variaciones en la abundancia de la población del vector. Por otra parte, Meneses *et al.* (2002) describen tres ciclos independientes y establecen una hipótesis que relaciona el ciclo silvestre con el doméstico, pues en la zona, el caso podría ser diferente, no se puede descartar que existan relaciones que vinculen todos los ciclos. En este trabajo se sugiere para estimar los parámetros de la combinación lineal, determinar la frecuencia por observación de los datos de los casos humanos en estudio, extraer la tendencia lineal y proceder al ajuste, como una aproximación a la variación estacional de la tasa del vector.

Las simulaciones numéricas del modelo (1) proporcionan soluciones que cuando alcanzan el equilibrio, son descripciones cualitativas que no llegan a ser realistas, porque las mismas tienden a valores constantes. Estas descripciones se mejoran modificando el modelo de Chaves *et al.* (2007) y el planteado aquí. Las oscilaciones presentadas en los casos registrados o denunciados, cuando se trata de seres humanos, son evidentes; con el modelo 2(2) se obtienen descripciones cualitativas. Las figuras 3 y 4 muestran que las fluctuaciones consideradas en el vector implican oscilaciones en la dinámica de todos los hospedadores involucrados. Es importante destacar que aquí no se consideró ningún tipo de desfase o *delay* entre vectores y hospedadores, lo que proporcionaría más realismo biológico al modelo. Teniendo en cuenta las figuras 1 y 2, que permiten obtener las figuras 3 y 4 respectivamente, se observa en la figura 3 que el ajuste no fue tan bueno como el obtenido en la figura 4; influye en esto la mayor cantidad de datos considerados. A partir de la figura 4 es posible visualizar una nítida variación estacional representada por los picos en los meses octavo y vigésimo del período 2002-2003 considerado. En definitiva, cualquiera de las bases introducidas ajustó mejor el período 2002-2003, que al año 1998. Como las fluctuaciones observadas en 1998 pueden deberse a razones puramente estocásticas, se propone estudiar esta situación utilizando una versión estocástica del modelo 2(2). No se encontraron grandes diferencias entre las descripciones cualitativas proporcionadas por las dos bases utilizadas en este trabajo, de allí que se muestran en las figuras 3 y 4, en las bases $\{1, t, c(t), \cos \frac{2\pi}{f}, \sin \frac{2\pi}{f}\}$; $\{1, \cos \frac{2\pi}{f}, \sin \frac{2\pi}{f}\}$, respectivamente. Es importante resaltar cómo las fluctuaciones en la incidencia de los casos humanos para los períodos



Figura 6. Aspecto de la selva subtropical en el Departamento de Orán Salta, Argentina, cerca de Hipólito Yrigoyen localidad que presenta caso humanos de Leishmaniasis Tegumentaria Americana.

investigados parecerían formar parte de las soluciones brindadas por el modelo, sin embargo, sólo sirvieron para encontrar una expresión de $n_L(t)$. Con respecto a los resultados de Chaves y Hernández (2004) y Chaves *et al.* (2007), donde se introducen fluctuaciones estacionales con un solo término sinusoidal, en este trabajo se obtiene una descripción aceptable, porque la expresión para la tasa neta toma en cuenta la frecuencia implícita en los casos registrados. Ponciano y Capistran (2011) incorporan la estacionalidad del tipo sinusoidal, afirmando la ventaja de la fácil interpretación y el análisis cualitativo que la misma puede brindar, lo que también puede observarse en las simulaciones aquí realizadas. Sin embargo, obtienen mejores ajustes al levantar las hipótesis de homogeneidad de la población, para tomar en cuenta la heterogeneidad de la misma. Sería

interesante incorporar en el modelo 2(2) las ideas desarrolladas con tasas que tomen en cuenta la heterogeneidad de las poblaciones involucradas.

Los factores más importantes que pueden influir en las oscilaciones son las precipitaciones y las temperaturas, que en este caso no se consideraron. En este sentido, resultaría importante relacionar todos estos factores como en el estudio de Chaves y Pascual (2006), con base en datos precisos de los mismos e introducirlos de algún modo en el modelo 2(2).

CONCLUSIONES

Se generalizó matemáticamente el resultado del trabajo de Chaves y Hernández (2004) y se demostró por inducción lo afirmado por Dobson (2004). Las simulaciones obtenidas permiten visualizar fluctuaciones con cierto desfase en todos los hospedadores potenciales del ciclo silvestre; esto verifica en parte la hipótesis planteada. Para confirmarla en su totalidad, es preciso verificar estas fluctuaciones con estudios de campo, por lo menos en algunos de los hospedadores mamíferos silvestres. Las oscilaciones se logran con la incorporación de las variaciones estacionales en la ecuación de la dinámica del vector de LTA en el modelo, por medio de expresiones aproximadas a partir de los registros de los casos humanos, porque se supone que las hipótesis planteadas por Meneses *et al.* (2002) también se cumplen en la región. Es importante desarrollar nuevas modificaciones para obtener mejores descripciones que permitan programar estrategias de control con las autoridades locales de HY y SRNO.

LITERATURA CITADA

- ALVAR, J.; YACTAYO, S.; BERN, C., Leishmaniasis and poverty. *Trends in Parasitology*. 22(12): 552-557, 2006.
- ANDERSON, R.M.; MAY, R.M., *Infectious Diseases of Humans Dynamics and Control*. Great Britain: Oxford University Press, 1992.
- BACAER, N.; GUERNAOUI, S., The epidemic threshold of vector-borne diseases with seasonality. The case of cutaneous Leishmaniasis in Chichaoua, Morocco. *Journal Mathematical Biology*. 53: 421-436, 2006.
- BRANDAO o FILHO, S.P.; BRITO, M.E.; CARVALHO, F.G.; ISHIKAW, E.A.; CUPOLI, E., Wild and synanthropics hosts of leishmania (Viannia) braziliensis in the endemic cutaneous leishmaniasis locality of Amaraji, Pernambuco State, Brazil. *Transactions of Royal Society of Tropical Medicine Hygiene*. 97(3): 291-296, 2003.
- CÓRDOBA LANÚS, E.M.; LIZARRALDE DE GROSSO, J.E.; PIÑERO, B.; VALLADARES, Y.; SALOMÓN, O.D., Natural infection of *Lutzomyia neivai* with *Leishmania* spp. in northwestern Argentina. *Acta Tropica*. 98: 1-5, 2006.
- CHAVES, L.F.; PASCUAL, M., Climate Cycles and Forecasts Cutaneous Leishmaniasis a Nonstationary Vector Borne Disease. *PLOS Medicine*. 3(8): 1320-1328, 2006.
- CHAVES, L.F.; HERNÁNDEZ, M.J., Mathematical Modelling of American Cutaneous Leishmaniasis: incidental hosts and threshold conditions for infection persistence. *Acta Tropica*. 92(3): 245-252, 2004.

- CHAVES, L.F.; HERNÁNDEZ, M.J.; DOBSON, A.; PASCUAL, M., Sources and sinks: revisiting the criteria for American cutaneous leishmaniasis. *Trends in Parasitology*. 23(7): 311-316, 2007.
- DIEKMANN, O.; HEESTERBEEK, J.P., Mathematical epidemiology of infectious diseases, Jhon Wiley & Son Ltd, Chichester, 2000.
- DOBSON, A., Population Dynamics of Pathogens with Multiple Host Species. *The American Naturalist*. 164: 64-78, 2004.
- HERWALDT, B. L., Leishmaniasis. *Lancet*, 354: 1191-1199, 1999.
- LÓPEZ, L.F., BEZERRA COUTINHO, F.A.; BURATTINI, M.N.; MASSAD, E., Treshold conditions for infection persistence in complex host-vectors interactions. *Comptes Rendus Biologies*. 325: 1073-1084, 2002.
- MENESES, C.R.V.; Rodrigues de Azevedo, A.C.; Miranda Da Costa, S.; Costa, W.A.; Ferreira Rangel, E., Ecology of american cutaneous leishmaniasis in state of Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Vector Ecology*. 27(2): 207-214, 2002.
- MONASTERIO DE GONZO, G.; PALAVECINO, P.; MOSQUEIRA, M.E., Vertebrados y ambientes de la provincia de Salta. EUNSa, 192 pp., Salta, 2007.
- PONCIANO, J.M.; CAPISTRAN, M.A., Firts Principles Modeling of Nonlinear Incidence Rates in Seasonal Epidemics. *PLoS Computational Biology*. 7(2): 1-14, 2011.
- REITHINGER, R., DUJARDIN, J.C.; LOUZIR, H.; PIRMEZ, C.; ALEXANDER, B.; BROOKER, S., Cutaneous leishmaniasis. *The Lancet Infectious Diseases*. 7(9): 581-596, 2007.
- REYES, A.; ARRIVILLAGA, J., Fauna mammalia asociada a los focos de leishmaniasis neotropical. Situación en Venezuela 2009. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. 1: 35-52, 2009.
- ROSALES, J.C.; YANG, H.M., Estimation of Basic Reproducibility Number for American Tegumentar Leishmaniasis in Two Sites in Northeast Salta Province, Argentina. *Reports in Public Health. Cadernos de Saúde Publica*. 23(11): 2663-2672, 2007.
- SALOMÓN, O.D.; BOGADO DE PASCUAL, M.; MOLINARI, M.L.; VERRI, V., Study of a CutaneousLeishmaniasis outbreak in General Vedia province of Chaco. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo*. 43(2): 99-104, 2001.
- SALOMÓN, O.D.; WILSON, M.L.; MUNSTERMANN, L.E.; TRAVI, B.L., Spatial and Temporal Patterns of Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychididae) in a Cutaneous Leishmaniasis Focus in Northern Argentina. *Journal of Medical Entomology*. 41(1): 33-39, 2004.
- SALOMÓN, O.D.; QUINTANA, M.G.; ZAIDENBERG, M., Urban distribution of Phlebotominae in a cutaneous leishmaniasis focus, Argentina. *Memoria do Instituto. Oswaldo Cruz*. 103(3): 282-287, 2008.
- SALOMÓN, O.D., Vectores de Leishmaniasis en las Américas. *Gazeta Médica da Bahia*. 79(3): 3-15, 2009.
- YADÓN, Z.E., RODRIGUES, L.C.; DAVIES, C.R.; QUIGLEY, M.A., Indoor and peridomestic transmission of american cutaneous leishmaniasis in northwestern Argentina: a retrospective case-control study. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 68(5): 519-526, 2003.

Dictiotopografía

- GONTIJO, B.; DE CARVALHO, M.L.R., American cutaneous leishmaniasis. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 36(1): 71-80, 2003. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo.php>, 2003.
- GONZÁLEZ, U.; PINART, M., RENGIFO PARDO, M.; MACAYA, A.J.; TWEED, J.A., Interventions for American cutaneous and mucocutaneous leishmaniasis (Review). En: *Biblioteca Cochrane Plus*, Issue 3. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: <http://www.update-software.com>, 2009.
- INDEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, Bs. As, Argentina. <http://www.indec.mecon.ar/webcenso/index.asp>. Consultado en abril de 2010.
- SALOMÓN, O.D.; ORELLANO, P.W.; QUINTANA, M.G., Transmisión de la Leishmaniasis tegumentaria en la Argentina. *Medicina (Bs. Aires)*, 66(3):211-219, 2006. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo>.

ANEXO

Aplicando el Principio de Inducción Matemática, primera versión, para $n = 1$, se tiene del modelo (1) el sistema de EDO no lineal

$$\begin{cases} \frac{dH_1}{dt} = \alpha_1(N_1 - H_1)L - (\mu_1 + \gamma_1)H_1 \\ \frac{dL}{dt} = \beta_1 H_1(N_L - L) - \mu_L L \end{cases}$$

La matriz del Operador Próxima Generación –para detalles ver Diekmann y Heesterberker (2000); López et al. (2002)–, asociada al modelo (1) y evaluada en el punto de equilibrio trivial $\overline{H}_1 = \overline{L} = 0$, resulta:

$$OPG_1 = \begin{pmatrix} 0 & \frac{\alpha_1}{\mu_L} N_1 \\ -\frac{\beta_1}{\mu_1 + \gamma_1} N_L & 0 \end{pmatrix}$$

Luego de evaluar $\det(OPG_1 - \lambda I) = 0$, se obtienen los autovalores de la matriz OPG_1 que verifican $\lambda^2 - \frac{\alpha_1 \beta_1 N_1}{(\mu_1 + \gamma_1)} \frac{N_L}{\mu_L} = 0$, por lo que la expresión R_{01} resulta el autovalor dominante de la Matriz:

$$OPG_1 R_{01} = \sqrt{\frac{\alpha_1 \beta_1 N_1}{(\mu_1 + \gamma_1)} \frac{N_L}{\mu_L}}$$

Hipótesis inductiva. El determinante de la Matriz Próxima Generación asociada al sistema del modelo (1) para $n=k$ hospedadores silvestres es:

$$\det(OPG_{k+1} - \lambda I_{k+1}) = (-1)^k \lambda^k \left[\lambda^2 - \left(\sum_{i=1}^{k+1} \frac{\alpha_i \beta_i N_i}{(\mu_i + \gamma_i)} \right) \frac{N_L}{\mu_L} \right] \quad (A1)$$

Tesis. El determinante de la Matriz Próxima Generación asociada al sistema (1) para $k+1$ hospedadores silvestres es:

$$\det(OPG_k - \lambda I_k) = (-1)^{k-1} \lambda^{k-1} \left[\lambda^2 - \left(\sum_{i=1}^k \frac{\alpha_i \beta_i N_i}{(\mu_i + \gamma_i)} \right) \frac{N_L}{\mu_L} \right] \quad (A2)$$

Demostración. La matriz correspondiente para $k+1$ hospedadores silvestres es:

$$OPG_{k+1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \frac{\alpha_1}{\mu_L} N_1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \frac{\alpha_2}{\mu_L} N_2 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \frac{\alpha_3}{\mu_L} N_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \frac{\alpha_k}{\mu_L} N_k \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \frac{\alpha_{k+1}}{\mu_L} N_{k+1} \\ \frac{\beta_1}{\mu_1 + \gamma_1} N_L & \frac{\beta_2}{\mu_2 + \gamma_2} N_L & \frac{\beta_3}{\mu_3 + \gamma_3} N_L & \dots & \frac{\beta_k}{\mu_k + \gamma_k} N_L & \frac{\beta_{k+1}}{\mu_{k+1} + \gamma_{k+1}} N_L & 0 \end{pmatrix}$$

entonces el $\det(OPG_{k+1} - \lambda I_{k+1})$, usando el método de Laplace, desarrollado por la fila $k+1$ -ésima y utilizando la hipótesis inductiva (A1), se obtiene (A2)

$$\begin{aligned} \det(OPG_{k+1} - \lambda I_{k+1}) &= (-1)^{(2k+2)} (-\lambda) \det(OPG_k - \lambda I_k) + (-1)^{(2k+3)} \frac{\alpha_{k+1}}{\mu_L} N_{k+1} \frac{\beta_{k+1}}{\mu_{k+1} + \gamma_{k+1}} N_L \lambda^k = \\ &\stackrel{(A1)}{=} -\lambda \left[(-1)^{k-1} \lambda^{k-1} \left[\lambda^2 - \left(\sum_{i=1}^k \frac{\alpha_i \beta_i N_i}{(\mu_i + \gamma_i)} \right) \frac{N_L}{\mu_L} \right] \right] - \frac{\alpha_{k+1}}{\mu_L} \frac{\beta_{k+1}}{\mu_{k+1} + \gamma_{k+1}} N_{k+1} N_L (-\lambda)^k = \\ &= \left[(-1)^k \lambda^k \left[\lambda^2 - \left(\sum_{i=1}^k \frac{\alpha_i \beta_i N_i}{(\mu_i + \gamma_i)} \right) \frac{N_L}{\mu_L} \right] \right] - \frac{\alpha_{k+1}}{\mu_L} \frac{\beta_{k+1}}{\mu_{k+1} + \gamma_{k+1}} N_{k+1} N_L (-\lambda)^k = \\ &= (-1)^k \lambda^k \left[\lambda^2 - \left(\sum_{i=1}^k \frac{\alpha_i \beta_i N_i}{(\mu_i + \gamma_i)} \right) \frac{N_L}{\mu_L} - \frac{\alpha_{k+1} \beta_{k+1} N_{k+1}}{\mu_{k+1} + \gamma_{k+1}} \frac{N_L}{\mu_L} \right] = (-1)^k \lambda^k \left[\lambda^2 - \left(\sum_{i=1}^{k+1} \frac{\alpha_i \beta_i N_i}{(\mu_i + \gamma_i)} \right) \frac{N_L}{\mu_L} \right] \end{aligned}$$

de donde al igualar a cero, la expresión para R_{0k+1} corresponde al autovalor dominante de la matriz OPG_{k+1} , es decir:

$$R_{0k+1} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{k+1} \frac{\alpha_i \beta_i N_i}{(\mu_i + \gamma_i)} \right) \frac{N_L}{\mu_L}}$$

Realineación de territorios de venta utilizando estadística multivariante

Realignment of sales territories using multivariate statistics

Juan Gabriel Correa Medina,¹
Ma. Loecelia Guadalupe Ruvalcaba Sánchez,² Alejandro Fabre Bandini³

Correa Medina, J. G.; Ruvalcaba Sánchez, M. L. G.; Fabre Bandini, A., Realineación de territorios de venta utilizando estadística multivariante, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 22-28, 2011.

RESUMEN

En el presente artículo se presenta el procedimiento empleado para la realineación de territorios mediante estadística multivariante, en una región de ventas de una empresa distribuidora de herramientas de corte. Los objetivos de la realineación fueron la compactación de los territorios y la minimización de la variación de los volúmenes de venta actuales de los vendedores. El primer objetivo se alcanzó a través de un análisis de clúster, cuyos centros fueron los lugares de residencia de los vendedores, en tanto el segundo requirió la clasificación de los clientes en función de los indicadores de interés para la empresa. Los resultados obtenidos muestran que la estadística multivariante es una buena herramienta para la solución de este tipo de problemas.

Palabras clave: realineación de territorios, estadística multivariante, análisis de clúster, análisis discriminante, k-medias, fuerza de ventas.

Key words: realignment territories, multivariate statistics, cluster analysis, discriminant analysis, k-means, sales force.

Recibido: 6 de Diciembre de 2010, aceptado: 1 de Junio de 2011

¹ Departamento de Sistemas de Información, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, jgcorrea@correo.uaa.mx.

² Departamento de Sistemas de Información, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, lgruvalvaba@correo.uaa.mx.

³ Centro Interdisciplinario de Posgrados, UPAEP, alejandro.fabre@upaep.mx.

ABSTRACT

This paper presents a procedure for territory realignment in a sales region of a cutting tools distributor by using multivariate statistics. The objectives of the realignment were the compactness of the territories and the minimization of the variation in current volume sales between salesmen. The first objective was achieved through a cluster analysis whose centers were the places of residence of the salesmen, while the latter required the classification of customers based on the criteria of interest for the company. The results show that the multivariate statistics is a good tool for solving such problems.

INTRODUCCIÓN

La competitividad actual de los mercados hace necesario que las empresas implementen estrategias para mejorar su nivel de servicio al cliente. Una actividad importante a considerar es la alineación de territorios de venta, la cual permite a la organización ajustarse adecuadamente a las necesidades de los clientes, mejorando su cobertura y ayudando a la compañía a mantener su fuerza de ventas, tiempos de viaje y costos bajo control.

El diseño territorial se puede ver como el problema de agrupar n pequeñas áreas geográficas llamadas Unidades de Cobertura de Ventas (SCUs por sus siglas en inglés, Sales Coverage Unit) en m grupos geográficamente más grandes llamados territorios, de forma que éstos satisfa-

gan un conjunto de criterios de planificación. El problema pertenece a la familia de los problemas de distritos, mismos que han sido clasificados como problemas de optimización combinatoria NP-hard (Tavares Pereira *et al.*, 2007; Ríos Mercado y Fernández, 2009) y tienen una amplia gama de aplicaciones como distritos políticos, distritos escolares, territorios de venta y territorios de servicios. Hess y Samuels, en 1971, fueron pioneros al proponer un modelo matemático aplicado al diseño de territorios, denominado GEOLINE (mencionado por Lilien y Rangaswamy, 2004), y a partir de éste se han propuesto diversos modelos, de los cuales sobresalen las aplicaciones de distritación política y distritación escolar. Kalcsics *et al.* (2005) presentaron un estado del arte sobre las aplicaciones y técnicas de solución utilizadas para resolver este tipo de problemas.

Entre los trabajos de distritación que emplean técnicas de solución exactas destacan la modelación del problema de distritos políticos como un problema de partición de grafos de doble ponderación, el cual es formulado como un modelo de programación cuadrática y es resuelto con *software* de optimización comercial (Zhen Ping *et al.*, 2007); la presentación de un estudio computacional sobre el problema de diseño territorial, usando un modelo matemático, es resuelto mediante el método de ramificación y acotamiento y que presenta, además, un análisis de la sensibilidad del modelo a la variación de diversos parámetros (Flores Rivas y Ríos Mercado, 2009); la modelación de un problema de diseño de territorios de atención comercial como un problema lineal entero mixto relajado resuelto mediante el método de ramificación y acotamiento (Solís García *et al.*, 2009); y un modelo de programación entero mixto para el rediseño de territorios de venta biobjetivo, cuyos frentes de Pareto verdaderos son obtenidos mediante la utilización del método exacto e-constraint y que sirven para verificar la calidad de una nueva heurística (Correa *et al.*, 2010).

Dada la naturaleza combinatoria del problema, los métodos heurísticos y metaheurísticos han sido ampliamente aplicados, destacando el uso de algoritmos voraces para el diseño de territorios de venta (Vargas Suárez *et al.*, 2005; Fernández y Ríos Mercado, 2006; Salazar Acosta *et al.*, 2009), el diseño de territorios comerciales (Caballero Hernández *et al.*, 2007; Ríos Mercado, 2007; Ríos Mercado y Fernández, 2009; Salazar Aguilar *et al.*, 2009) y el diseño de territorios para la recolección de equipo eléctrico y elec-

trónico (Ríos Mercado *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2010); el uso heurístico basadas en la técnica de localización-asignación para la formación de territorios (Segura Ramírez *et al.*, 2007); recocido simulado (Hutcheson y Moutinho, 2008; Ricca y Simeone, 2008); y algoritmos basados en el uso de ideas provenientes del campo de la geometría computacional (Kalcsics *et al.*, 2009; Joshi *et al.*, 2009).

Una metodología que se presta muy bien para llevar a cabo una agrupación de zonas geográficas es el análisis de clúster, que Kaufman y Rousseeuw (1990) definen como el arte de encontrar grupos de datos. El análisis de clúster es frecuente en cualquier disciplina que involucra el análisis de datos multivariantes y ha tenido aplicaciones en biología, psiquiatría, psicología, arqueología, geología, geografía, comercialización y, recientemente, ha sido utilizado en reconocimiento de patrones, procesamiento de imágenes y recuperación de la información (Aksoy, 2006). Uno de los métodos más antiguos y populares de clúster es el conocido como k-medias, que es un algoritmo de agrupación basado en el error cuadrado (Hartigan y Wong, 1979). Jain (2009) ofrece una breve reseña de *clustering* de k-medias, haciendo un resumen de los métodos conocidos y señalando las nuevas orientaciones de investigación en este tópico.

Por otro lado, el análisis discriminante puede considerarse una técnica de clasificación en la que se presupone la existencia de dos o más grupos bien definidos *a priori*, que tiene como objetivos describir las diferencias existentes entre esos grupos con base en los valores que toman ciertas variables sobre los individuos de cada grupo y clasificar nuevos individuos en alguno de los grupos preexistentes en función de esos valores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El problema considerado en este trabajo de investigación fue motivado por una empresa que se dedica a la distribución y venta de productos en México y que fue originalmente tratado por Olivares Benítez *et al.*, (2009). En esta empresa cada vendedor ha construido o heredado su cartera actual de clientes, sin que exista una planeación o control por parte de la administración. Esto ha generado una desproporción en el número de clientes y el volumen de ventas de cada vendedor, traslapes en la cobertura geográfica, cargas de trabajo desequilibradas que impactan

directamente en una disminución del nivel de servicio al cliente, altos costos para la empresa por concepto de viáticos y poco control sobre la cartera de clientes.

Con el propósito de mejorar la condición actual de la empresa, conservando la fuerza de ventas y la cartera de clientes actuales, se propuso una metodología para reconfigurar los territorios de venta haciendo uso de técnicas y *software* comercial de análisis multivariante, con el objetivo de compactar los territorios y minimizar las diferencias entre los territorios actuales y los nuevos para asegurar las comisiones de venta. La metodología propuesta requiere el conocimiento *a priori* de los centros territoriales. Además, se propuso como hipótesis que la estadística multivariante resultará útil en la realineación de territorios de venta.

RESULTADOS

La administración de la empresa dividió la República Mexicana en regiones como una medida de control de sus ventas y aunque en el futuro se desea hacer la realineación de todas ellas, por el momento se conservó dicha estructura para disminuir la complejidad del problema. Para mostrar el alcance de la estadística multivariante, se ilustra el análisis y resultados de la zona que comprende los estados de Sonora y Sinaloa. En dicha región se cuenta, actualmente, con cuatro vendedores, de los cuales dos radican en la ciudad de Hermosillo, Sonora, uno en Ciudad Obregón, Sonora, y otro en Los Mochis, Sinaloa. Además, hemos tomado como SCUs a cada una de las poblaciones. La zona analizada cuenta con 366 clientes en 48 poblaciones diferentes.

Para este estudio se contó con información de un año de operaciones. Además, se utilizó SPSS v.15 y la metodología propuesta por Meneeses (2000) para identificar segmentos o agrupar a los consumidores en grupos homogéneos.

La metodología empleada para la realineación de los territorios de venta incluyó las siguientes etapas:

1. Se obtuvo información relevante sobre las carteras de clientes de cada vendedor. La figura 1 muestra la configuración actual de los territorios de venta y la tabla 1 indica las cantidades vendidas anualmente en cada uno.

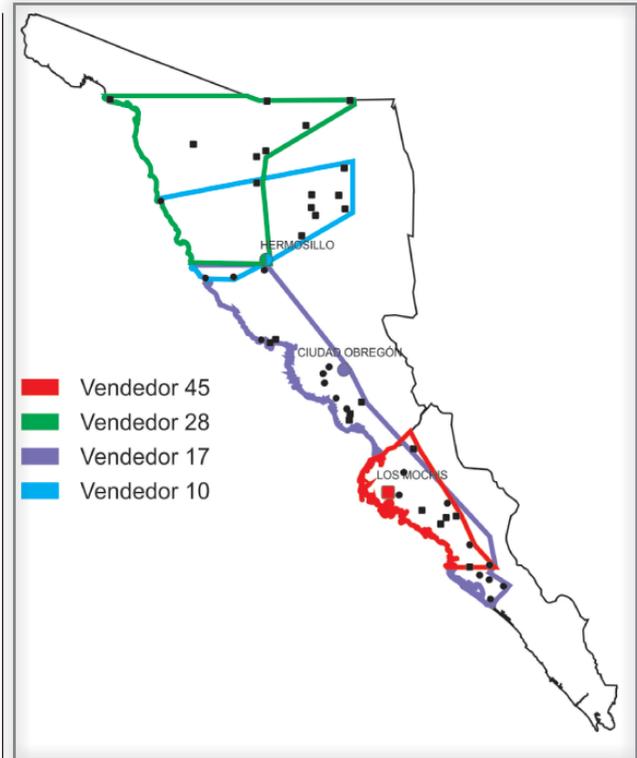


Figura 1. Configuración actual de los territorios de venta.

Tabla 1. Ventas actuales por vendedor

Vendedor	Ventas totales	Distancia máxima recorrida (km)
45	\$4'809,661.81	307.77
28	\$2'772,024.09	429.40
17	\$2'932,370.30	498.50
10	\$2'075,152.88	702.00

2. Como la empresa contaba con tres diferentes tipos de clientes en función de: 1) sus compras, 2) días promedio de pago y 3) utilidad, se aplicó un análisis de clúster que integró además de estas tres características, la frecuencia de las visitas y el tiempo de atención requerida por cada cliente. Dado que la empresa identificaba tres tipos de clientes en sus diferentes clasificaciones, se tomó este número de grupos como punto de referencia para el análisis de clúster. Sin embargo, en una primera etapa la clasificación resultante permitió identificar un grupo de clientes de consumo superior con visitas ocasionales, por lo que los clientes de este grupo fueron catalogados

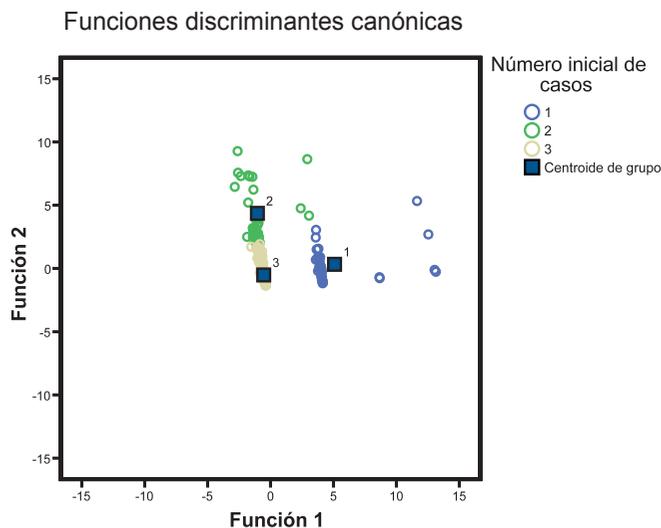


Figura 2. Grupos de clientes identificados en el segundo análisis de clúster.

como clientes *platinum* y se excluyeron de la base de datos para un análisis posterior.

La figura 2 muestra los tres grupos adicionales de clientes resultantes del segundo análisis, los cuales presentan las siguientes características:

- Compras ocasionales de volumen bajo.
- Compras frecuentes de volumen promedio.
- Compras habituales de volumen alto.

Con el objetivo de identificar las funciones de discriminación para la clasificación de los clientes actuales y futuros, se realizó un análisis discriminante, determinando que este sistema de clasificación tiene una probabilidad de 0.984 de clasificar correctamente a los clientes, es decir, que 98 de cada 100 clientes serán clasificados correctamente mediante el uso de las funciones de discriminación obtenidas, en tanto que sólo 68 de 100 serían clasificados correctamente si se asignan aleatoriamente a los diferentes grupos.

3. Se realizó un análisis de clúster para asignar a los clientes en función del lugar de residencia de los vendedores. Para ello, se tomaron en cuenta: 1) clave de estado, 2) clave de municipio, 3) tipo de cliente y 4) distancia de los puntos de residencia a la localidad del vendedor (Hermosillo, Ciudad Obregón y Los Mochis). La tabla 2 muestra el número de poblaciones de cada uno de los grupos resultantes.

Tabla 2. Número de elementos de los grupos tomando como centro los lugares de residencia de los vendedores

Distancia a la que se encuentra el grupo	Hermosillo	Ciudad Obregón	Los Mochis
Corta	116.000	72.000	113.000
Media	114.000	142.000	191.000
Grande	136.000	152.000	62.000
Válidos	366.000	366.00	366.000
Perdidos	.000	.000	.000

4. Se hizo una validación cruzada de las clasificaciones obtenidas en el punto anterior, para asignar a cada vendedor los clientes más cercanos a él. La tabla 3 muestra el número de elementos de los grupos resultantes.

Tabla 3. Número de clientes cercanos a la ciudad de residencia de los vendedores

Ciudad	Número de elementos del grupo
Hermosillo	173.000
Los Mochis	98.000
Ciudad Obregón	95.000
	366.000

Puede observarse que la ciudad de Hermosillo tiene casi la mitad de los clientes totales, sin embargo, hay que recordar que en esta ciu-

dad radican dos vendedores, por lo que el grupo resultante es congruente con la situación.

- Se aplicó un análisis de clúster para subdividir el territorio de la ciudad de Hermosillo, por lo que se integró el código postal al conjunto de variables utilizadas en el análisis previo como factor de diferenciación de los clientes. La tabla 4 muestra el resultado de dicho análisis.

Tabla 4. Número de elementos de las subdivisiones del territorio de Hermosillo

Conglomerados	Número de elementos
1	94.000
2	79.000
Válidos	173.000
Perdidos	.000

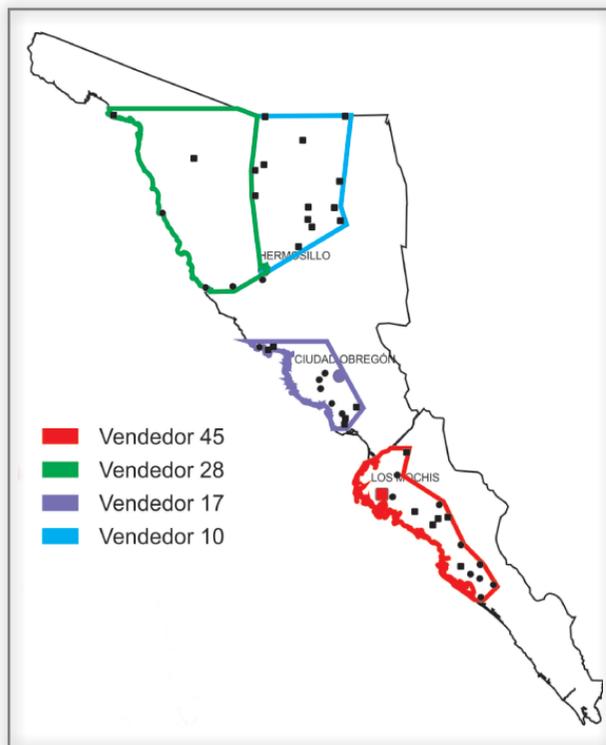


Figura 3. Nueva configuración de los territorios de venta.

- Se obtuvieron los indicadores de los nuevos territorios para verificar el cumplimiento de los objetivos planteados (tabla 5). La figura 3 muestra la configuración de los nuevos territorios.

Tabla 5. Ventas de cada vendedor en la nueva configuración territorial

Vendedor	Ventas totales	Distancia máxima recorrida (km)
45	\$5'462,691.10	307.77
28	\$2'785,759.07	429.40
17	\$2'256,197.75	451.80
10	\$2'084,561.17	429.40

En la figura 4 podemos observar que con el análisis multivariante se alcanza el objetivo de compactación de los territorios y en la figura 5 se observa que la diferencia en los indicadores de venta sólo presentan una variación aproximada del 5% para dos vendedores, en tanto que la distancia máxima recorrida se mantiene sin cambios para los vendedores 45 y 28, pero se reduce para los vendedores 10 y 17 en 46.7 y 272.6 km, respectivamente.

DISCUSIÓN

Al hacer una revisión de la literatura observamos que el enfoque más común del diseño de territorios de venta consiste en hacer el diseño desde cero. Sin embargo, nosotros planteamos la realineación a partir de una cartera de clientes existente. Otra particularidad del estudio es que por lo general se busca una distribución homogénea de las ventas y, en este caso, se buscó la conservación de los vendedores y de sus ingresos por concepto de comisiones de venta, esto como resultado de su plan de compensaciones. Pese a que la administración no había hecho un análisis detallado del tamaño de su fuerza de ventas, se observó que para esta zona el tamaño es adecuado y suficiente (al menos para cubrir su base actual de clientes). Los clientes potenciales no se contemplaron y en la figura 4 puede observarse que dentro de las enmarcaciones propuestas de los territorios hay oportunidad de crecimiento para los vendedores mediante prospección. También queda en evidencia que existen huecos que podrían requerir la ampliación de las enmarcaciones propuestas o la generación de nuevos territorios, para lo cual se requeriría un incremento de la fuerza de ventas.

Otro punto importante es que al paso del tiempo se ganarán y perderán clientes, lo cual hace necesaria una realineación periódica.

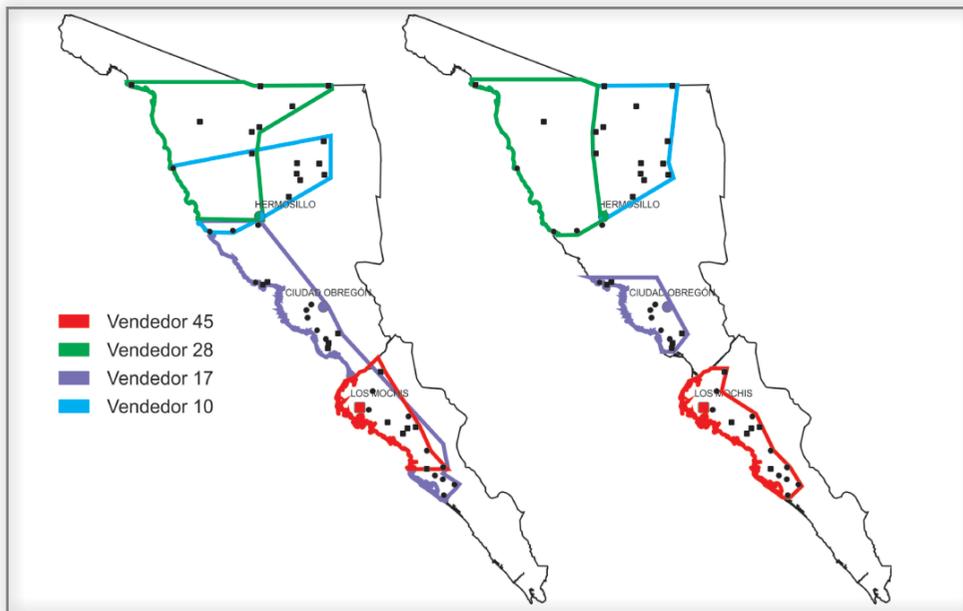


Figura 4. Configuración inicial y configuración resultante del análisis multivariante.

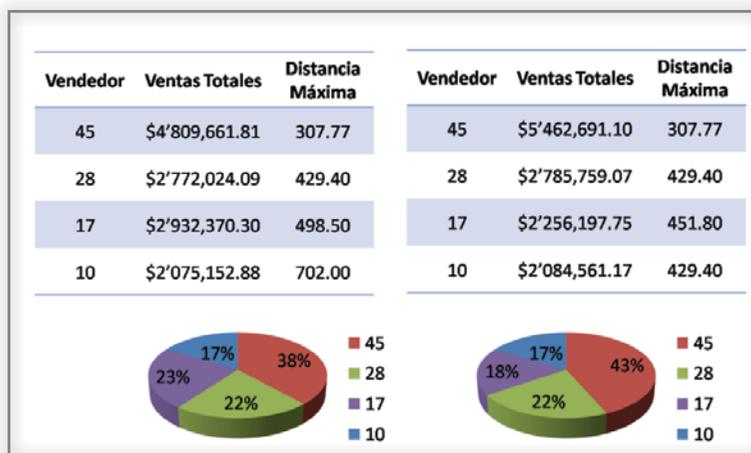


Figura 5. Indicadores de venta actuales (izquierda) y propuestos (derecha) utilizando análisis multivariante.

CONCLUSIONES

En este caso, el empleo de análisis multivariante parece ser una buena herramienta para realineación de los territorios asignados a cada vendedor. La tipificación de los clientes es un punto clave para la realineación de los territorios.

Una limitante de la técnica es la "ceguera" para el caso donde exista más de un vendedor radicando en la misma localidad, sin embargo, con datos adicionales, se puede superar la limitación.

La solución propuesta realza otras áreas estratégicas de interés para la empresa, como, por

ejemplo, la identificación de posibles zonas potenciales.

Una ampliación del estudio debiese considerar el impacto de los costos de operación de la fuerza de ventas, con la finalidad de lograr un mejor aprecio del costo/beneficio de la solución propuesta.

El método propuesto no requiere de un esfuerzo computacional grande, sino que puede emplear técnicas conocidas implementadas ya en *software* comercial. La contribución de este trabajo radica en la propuesta de los pasos necesarios para hacer una buena realineación conservando la cartera de los vendedores.

LITERATURA CITADA

- AKSOY, E. Clustering with GIS: an attempt to classify Turkish district data, *XXIII International Federation of Surveyors Congress: Shaping the Change*. Vol. 23, pp. 8-13. De: http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts47/ts47_05_aksoy_0327.pdf, mayo 2010.
- CABALLERO HERNÁNDEZ S.; RÍOS MERCADO, R.; LÓPEZ, F., Usando GRASP para resolver un problema de definición de territorios de atención comercial. En: *Actas de las I Jornadas sobre Algoritmos Evolutivos y Metaheurísticas*. JAEM'07, España, pp. 145-153, 2007.
- CORREA, J.G.; RUVALCABA, M.L.; OLIVARES BENÍTEZ E.; AGUILAR, J.A.; MACÍAS, J., Biobjective model for redesigning sales territories. En: *15th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice*, México, D.F., october 2010.
- JAIN, A.K., Data clustering: 50 years beyond k-means. *Pattern Recognition Letters*. 31: pp. 651-666, 2010.
- JOSHI, D.; LEEN-KIAT, S.; SAMAL, A., Redistricting using heuristic-based polygonal clustering. En: *9th IEEE International Conference on Data Mining*. Miami, Florida, pp. 830-835, 2009.
- FERNÁNDEZ, E.; RÍOS MERCADO, R., GRASP para el diseño de territorios de ventas. En: *Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*. Tenerife, España, mayo 2006.
- FERNÁNDEZ, E.; KALCSICS, J.; NICKEL, S.; RÍOS MERCADO, R., A novel maximum dispersion territory design model arising in the implementation of the WEEE-directive. *Journal of the Operational Research Society*. 61(3): pp. 503-514, 2010.
- FLORES RIVAS, R.; RÍOS MERCADO, R., Estudio computacional sobre un problema de división de territorios comerciales. *Ingenierías*. XII(42): pp. 41-47, 2009.
- HARTIGAN, J.A.; WONG, M.A., A K-means clustering algorithm. *Applied Statistics*. 28: pp. 100-108, 1979.
- HUTCHESON, G.D.; MOUTINHO, L.A., *Statistical modeling for management*. USA: SAGE Publications, 2008.
- KALCSICS, J.; NICKEL, S.; SCHRÖEDER, M., Towards a unified territory design approach applications, algorithms and GIS integration. *Sociedad de Estadística e Investigación Operativa*. 13(1), pp. 1-74, 2005.
- KALCSICS, J.; NICKEL, S.; SCHRÖEDER, M., A genetic geometric approach to territory design and districting. *Berichte des Fraunhofer ITWM*. Nr. 153, pp. 1-40, 2009.
- KAUFMAN, L.; ROUSSEUW P.J., *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 1990.
- LILIEN, G.L.; RANGASWAMY, A., *Salesforce and channel decisions, Marketing Engineering*. USA: Trafford, 2004.
- MENESES A., El análisis de conglomerados en los estudios de mercado. Universidad Veracruzana. De: <http://www.uv.mx/iiesca/revista/documents/conglomerados2000.pdf>, mayo 2010.
- OLIVARES BENÍTEZ, E.; GUTIÉRREZ OSORIO, M.; MARTÍNEZ RIVERA, M.; y GONZÁLEZ CADENGO, A., *Reporte de Consultoría AGS DIID 2009 01*. Tecnológico de Monterrey. 35 pp.
- RICCA, F.; SIMEONE, B., Local search algorithms for political districting, *European Journal of Operational Research*. 189(3): pp. 1409-1426, 2008.
- RÍOS MERCADO, R., Computational experience with a reactive GRASP for a large scale commercial territory design problem. En: *Proceedings of EU/ME 2007 Metaheuristics in the Service Industry*. Stuttgart, Alemania, pp. 72-79, 2007.
- RÍOS MERCADO, R.; FERNÁNDEZ, E., A reactive GRASP for a commercial territory design problem with multiple balancing requirements. *Computers & Operations Research*. 36(3): pp. 755-776, 2009.
- RÍOS MERCADO, R.; FERNÁNDEZ, E.; KALCSICS, J.; NICKEL, S., Computational experience with GRASP for a maximum dispersion territory design problem. *Proceedings of the EU/Meeting 2009*. Porto Portugal, pp. 89-94, 2009.
- SALAZAR ACOSTA, J.; RÍOS MERCADO R., Diseño de territorios comerciales con costos de ruteo. *Proceedings of the XIV Latinamerican Summer School on Operations Research (ELAVIO'09)*. Sinaloa, México: Paper 16-3, pp. 1-9, 2009.
- SALAZAR AGUILAR, A.; RÍOS MERCADO, R.; GONZÁLEZ VELARDE, J.L., Procedimiento GRASP multiobjetivo para el diseño de territorios comerciales. In: *Proceedings of the XIV Latinamerican Summer School on Operations Research (ELAVIO'09)*. Sinaloa, México: Paper 10-2, pp. 1-6, 2009.
- SEGURA RAMÍREZ, A.; RÍOS MERCADO, R.; ÁLVAREZ SO-CARRÁS, M.; DE ALBA ROMENUS, K., A location-allocation heuristic for a territory design problem in a beverage distribution firm. In: *Proceeding of the 12th annual international conference on industrial engineering, Theory, application and practice*. Cancún, México, pp. 428-434, 2007.
- SOLÍS GARCÍA, N.; RÍOS MERCADO, R.; ÁLVAREZ SO-CARRÁS, M., Modelado de sistemas territoriales con programación entera. *Ingenierías*. XII(44): pp. 7-15, 2009.
- TAVARES PEREIRA, F.; FIGUEIRA, J.R.; MOUSSEAU, V.; ROY, B., Multiple criteria districting problems: the public transportation network pricing system of the Paris region. *Annals of Operations Research*. 154: pp. 69-92, 2007.
- VARGAS SUÁREZ, L.; RÍOS MERCADO, R.; LÓPEZ, F., Usando GRASP para resolver un problema de definición de territorios de atención comercial. En: *Actas del IV Congreso Español sobre Metaheurísticas y Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados*. Granada, España, Vol. II, pp. 609-617, 2005.
- ZHEN PING, L.; RUIHENG, W.; YONG W., A quadratic programming model for political districting problem. *Optimization and Systems Biology*. Beijing, China: World Publishing Corporation. Lecture Notes in Operations Research 7, pp. 427-435, 2007.

Los salarios en México: un análisis con datos de panel

The wages in Mexico: an analysis with information of panel

Rogelio Varela Llamas,¹ Arturo Retamoza López²

Varela Llamas, R.; Retamoza López, A., Los salarios en México: un análisis con datos de panel, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 29-38, 2011.

RESUMEN

Con base en la información obtenida de la Encuesta Nacional de Empleo Urbano (ENEU) y de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), se estiman funciones de salarios instrumentando Mínimos Cuadrados Generalizados y el Método Bietápico de Heckman para corregir el sesgo por selectividad muestral. Se encuentra que la relación entre salarios y niveles de escolaridad es muy significativa, sin embargo, los resultados indican que en cada periodo de análisis las diferencias salariales son distintas y la decisión de participar en el mercado de trabajo está condicionada por la razón de sexo.

ABSTRACT

Based on the information obtained from the National Survey of Urban Employment ENEU and from the National Survey of Occupation and Employment ENOE, functions of wages are estimated by orchestrating Square Widespread Minimums and the bietapico method of Heckman to correct the bias for sample selectivity. The relation between

Palabras clave: salarios, capital humano, variables instrumentales y corrección de Heckman.

Key words: wages, human capital, instrumental variables, Heckman correction model, Clasificación JEL: J24, J31, J51

Recibido: 29 de Julio de 2011, aceptado: 4 de Noviembre de 2011

¹ Facultad de Economía y Relaciones Internacionales, Universidad Autónoma de Baja California, rvarela@uabc.edu.mx.

² Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Autónoma de Sinaloa, arlretamoza@yahoo.com.

wages and levels of education is very significant. The results indicate that in every period of analysis, the wage percentage differences are different and the decision to take part in the labor market is determined by the reason of gender.

INTRODUCCIÓN

Desde una concepción teórica, se postula que aquellos individuos con un mayor nivel de instrucción perciben un mejor salario y tienden a ocupar mejores puestos de trabajo como fruto de su formación y experiencia laboral. El componente del capital humano propuesto por Schultz (1960, 1961) y Becker (1964) se asocia a la inversión en educación y capacitación y el incentivo para invertir en este rubro; éstas son las expectativas que a largo plazo se tienen con respecto a los ingresos esperados. Los modelos diseñados a partir de esta configuración teórica se basan en ecuaciones de ingreso que capturan dos aspectos distintos: el primero se relaciona con la especificación de una función de salarios hedónicos, cuyo objeto es mostrar cómo el mercado de trabajo premia la productividad y reconoce el papel de la experiencia laboral. El segundo aspecto refiere a que dicha función permite conocer las diferencias salariales porcentuales por grado de escolaridad. En el marco de esta discusión, el trabajo de Mincer (1974) constituye una aportación pionera en el ámbito de los rendimientos de la escolaridad y el vínculo existente entre capital humano e ingresos.

El objetivo de este trabajo es estimar una ecuación tradicional de salarios en donde la variable educación se desagrega por niveles de educación formal. Se instrumenta el método bietápico de Heckman para corregir el problema de autoselección muestral, considerando un periodo de estudio que va del año 2003 a 2009. En el proceso de estimación se utilizó información armonizada de la Encuesta Nacional de Empleo Urbano (ENEU) y de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). La unidad de análisis la constituyen los jefes de hogar y la cobertura del análisis es a escala nacional. Lo que motiva la realización de este trabajo empírico es analizar las diferencias salariales desde una óptica de capital humano y poder establecer sus divergencias porcentuales promedio de acuerdo a cada nivel de instrucción. Para tal efecto, el trabajo se estructura en cuatro secciones, en la primera se realiza una revisión de la literatura empírica; en la segunda se reportan los resultados estadísticos y econométricos efectuados; en la tercera se discuten los resultados econométricos; y finalmente, se exponen las conclusiones generales derivadas del trabajo de investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

En las últimas décadas han proliferado diversos estudios que analizan los determinantes de las discrepancias salariales a partir de modelos que introducen la experiencia laboral y la educación como variable proxy de capital humano. Las metodologías que se han instrumentado para estimar este tipo de ecuaciones son diversas y atienden problemas de distinta naturaleza. Con respecto al procedimiento de variables instrumentales, las aportaciones de Imbens y Angrist (1994), Angrist e Imbens (1995) y Card (1994) son fundamentales y se caracterizan por utilizar diversos instrumentos en la estimación de los modelos uniecuacionales. Por otra parte, se identifica el método bietápico de Heckman (1979), cuyo propósito es corregir el sesgo por selectividad muestral, un problema que particularmente se aborda en esta investigación dada las características de la información y la especificación econométrica.

Cabe enfatizar que la estimación de ecuaciones de ingreso basadas en una función minceriana, se encuadran dentro de una perspectiva de capital humano o de oferta de trabajo. Sin embargo, también existen otros enfoques teóricos que permite estudiar los determinantes de los salarios, por ejemplo, la teoría de la señalización.

En este contexto, Barceinas *et al.* (2001) destaca que la educación tiene el objetivo fundamental de servir de herramienta informativa para los empleadores como sustituto de otro tipo de información de las características del trabajador. Si los individuos más hábiles son los más educados, se entendería que éstos invertirían más en educación con la finalidad de señalar de manera precisa sus aptitudes y capacidades a los empleadores. Los autores concluyen que la inversión en capital humano representa una actividad desde una perspectiva individual y social. En esta vertiente analítica, Barceinas y Raymond Bara (2003) realizan un análisis donde tratan de verificar la hipótesis de señalización en México, frente a la visión de capital humano. Para ello, utilizan información de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH), correspondiente a los años de 1994 y 1996; así, encuentran que la explicación de la teoría del capital humano representa la base para explicar las diferencias salariales, sin embargo, se admite que en el mercado laboral existe indicio de señalización.

Con respecto a la experiencia de México, también existen otros trabajos que se enfocan en la teoría estándar poniendo especial énfasis en el aspecto espacial-territorial. Por ejemplo, Urciaga y Almendarez (2006) estudian el perfil de un patrón territorial donde las ciudades más desarrolladas en la frontera norte (Tijuana y Mexicali) perciben ingresos más altos y los rendimientos a la escolaridad son superiores en la región de Mar de Cortés. Con base en la ENEU, se estima un rendimiento a la escolaridad de 9.75% para el total de la muestra y de 9.48% y 10.18% para hombres y mujeres, respectivamente. Por su parte, Castro (2007) señala que la desigualdad salarial se ha marcado con mayor énfasis en las ciudades menos desarrolladas o menos productivas, donde los cambios estructurales determinan el comportamiento del mercado de trabajo a nivel sectorial y regional, y la desigualdad salarial se explica por dos fenómenos. El primero se refiere al contexto internacional y la rápida inserción de las economías en la globalización y el segundo se puntualiza a nivel local, donde el cambio de modelo económico atenuó las desigualdades salariales. Con información de la ENEU encuentran que la desigualdad de los ingresos se incrementó hasta 1997 y mostró una disminución constante hasta finales de 2002.

Algunos de los trabajos donde se ha empleado la metodología de corrección de sesgo por selectividad muestral, es el de Huesca (2004), que

utiliza información de la ENIGH para el periodo de 1984-2000. Se estiman ecuaciones salariales tradicionales y una versión extendida a otros atributos. Se plantea que la población activa asalariada ha estado muy ligada a un fenómeno de cambio técnico sesgado, en donde trabajadores con menor educación han reducido su participación en el mercado laboral y aquellos que tienen mayor calificación registran un aumento en su participación laboral. Desde una óptica de economía de la educación, López Acevedo (2006) destaca que la población en México es más educada, mostrando que el número de años de escolaridad ha aumentado en el periodo 1960-1990, pasando de 2.76 años promedio en la década de los sesenta a 6.72 años de estudio en la década de los noventa, esto es un aumento promedio de casi cuatro años de estudio en la población.

En el trabajo de Ordaz (2008) se utiliza información de la ENIGH para el periodo 1994-2005. Se estima una ecuación salarial estándar y otra extendida a niveles de escolaridad y se concluye que en el sector rural la rentabilidad de la educación es mayor en la mayoría de los años. Al diferenciar por sexo, se encuentra que en el sector rural la rentabilidad de los niveles educativos básicos es mayor para las mujeres y la de los niveles más elevados es mayor para los hombres. En el trabajo de Varela *et al.* (2010) se encuentra que las diferencias salariales son significativas y que la tasa de rentabilidad marginal es consistente con el incremento porcentual promedio registrado en cada grado de educación formal. Se identifica que los jefes de hogar sindicalizados y con contrato temporal y de base perciben ingresos superiores a los que reciben los jefes de hogar que no se encuentran en el mismo estatus en el mercado de trabajo.

A partir de un orientación de capital humano y tomando como referente la literatura empírica revisada, se utilizan microdatos de la ENEU para el periodo 2000-2004 y de la ENOE para el periodo 2005-2009. Esta estructura de información permite contar con un horizonte temporal que hace posible estimaciones con datos de panel. La investigación de Maloney (2002) se caracteriza por utilizar datos longitudinales para el caso de México, estimando paneles rotativos con base en la información de la ENEU para estudiar los movimientos de entrada y salida en los sectores formal e informal. En este sentido, constituye un referente empírico de la presente investigación.

La característica de las dos encuestas que se utilizan es que ofrecen información dinámica bajo un esquema de panel rotativo, en donde las viviendas seleccionadas son sustituidas cada trimestre en una quinta parte, representando el 20%. Para el INEGI, este esquema garantiza la confiabilidad de la información obtenida, ya que en cada trimestre se mantiene el 80% de la muestra, lo que en términos prácticos significa tener dividida la muestra de viviendas en cinco paneles independientes. Lo anterior permite hacer estudios longitudinales toda vez que las entrevistas se realizan consecutivamente en cinco ocasiones. Cabe precisar que estas encuestas permiten observar al individuo dentro del mercado de trabajo a partir de un conjunto de variables sociodemográficas que tiene representación tanto nacional como estatal, donde la unidad de análisis es el hogar y la sub-unidad son los miembros del hogar. El esquema rotativo se ilustra en la figura 1.

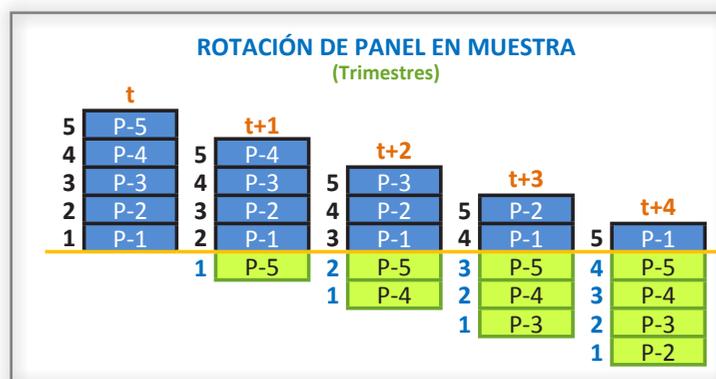


Figura 1. Distribución de la muestra en rotación de panel.

Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), INEGI.

El número situado en la parte derecha de cada panel (1-5) representa el número de entrevista. La t denota el trimestre contemporáneo y P-1 a P-5 es el número de panel correspondiente al 20% de la muestra. El color azul representa los paneles que ya están en la muestra y el color verde son los que se van añadiendo. En el caso de P-1, se puede precisar que 1) constituye el 20% de la muestra, 2) el inicio de la entrevista de la vivienda u hogar inicia en el trimestre uno (t), 3) para el segundo trimestre $t+1$, se observa que las viviendas de P-1 se mantienen y se aplica la encuesta número dos y 4) el proceso se repite en $t+2$, $t+3$, y $t+4$, siendo este último periodo donde se aplica la quinta entrevista.

El análisis estadístico y econométrico se centra en los miembros del hogar que corresponden a la clave de parentesco (01) y que son concebidos en la encuesta como jefes de hogar (hombre y mujer). Es importante señalar que al trabajar con una estructura de datos en panel, es posible darle seguimiento a un conjunto de individuos a lo largo del tiempo, lo que permite enriquecer la muestra estadística y evaluar posibles efectos fijos o aleatorios en las unidades de análisis. En el caso particular de la ENOE, es factible darle seguimiento al mismo jefe de hogar a lo largo de cinco trimestres consecutivos de acuerdo al esquema de panel rotativo.

Como resultado de lo anterior, se trabaja con cuatro paneles asociados a los siguientes periodos trimestrales: 2003-T4 a 2004-T4; 2005-T1 a 2006-T1; 2006-T2 a 2007-T2; 2008-T4 a 2009-T4. El seguimiento de los individuos durante los cinco trimestres se realizó con base en los criterios establecidos por las encuestas, los cuales son: 1) Ent = Entidad, 2) Cd_a = Ciudad, 3) Con = Control, 4) Upm = unidad primaria de muestreo, 5) N_pro_viv = Consecutivo de vivienda, 6) V_sel = Vivienda seleccionada, 7) N_Hog = Número de Hogar, 8) H_mud = Hogar mudado, 9) N_ren = Número de renglón.

La selección no aleatoria de una muestra no describe adecuadamente los verdaderos parámetros de una regresión debido a la inconsistencia de los mismos; en este sentido, dependería de la estructura de los datos y objetivos trazados el que se instrumente el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). El truncamiento en la información ocurre porque algunos jefes de hogar sí participan en el mercado de trabajo y perciben ingresos, mientras que otros no. La es-

trategia econométrica consiste, primero, en estimar un modelo Probit en el que se incorporan variables que incide en la probabilidad de que el individuo participe en el mercado de trabajo junto con los regresores de la ecuación salarial. En la segunda etapa, se estima el modelo de interés evaluando la razón de Mills. Por lo tanto, la ecuación de decisión y de interés son respectivamente las siguientes:

$$Z_i^* = \gamma^T W_i + \mu_i \quad [1]$$

$$Y_i = \beta^T X_i + \varepsilon_i \quad [2]$$

La ecuación [1] representa una modelo de participación en el mercado de trabajo donde Z_i^* es una variable *dummy*, mientras que la ecuación [2] corresponde a una ecuación salarial. En la primer etapa se estima el modelo probabilístico consistente con la ecuación de decisión y se calcula el inverso de la razón de Mills (λ) que corresponde a la razón entre la función de densidad y la función de distribución acumulada de una función normal evaluada en $\gamma^T W_i$. Finalmente, en la segunda etapa se incluye (λ) como variable adicional en la ecuación de interés y se estima la siguiente ecuación de interés:

$$y_i | Z_i^* = 1 = \beta^T X_i + \beta_\lambda \lambda + \xi_i \quad [3]$$

Si el valor estimado de β_λ es distinto a cero, se puede concluir que existe sesgo por selectividad muestral. Con base en la información disponible de ambas encuestas, también se estiman modelos con efectos aleatorios y especificación entre grupos. Se toma como referente una ecuación que introduce un vector de variables *dummy* asociadas a los distintos niveles de escolaridad. La categoría de referencia corresponde a jefes de hogar que no tienen ningún nivel de instrucción. Lo que subyace detrás de la ecuación salarial es la posibilidad de conocer las diferencias salariales porcentuales que hay entre cada nivel de escolaridad con respecto a la categoría base. El modelo que se estima es el siguiente:

$$y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 \exp_{2it} + \alpha_3 \exp_{3it}^2 + \sum_{i=1}^7 \lambda_i d_{it} + \varepsilon_i + \mu_{it} \quad [4]$$

RESULTADOS

En la tabla 1 se reportan estadísticos descriptivos relacionados con los salarios y algunas variables explicativas, como la escolaridad y la expe-

riencia laboral potencial construida a partir de [edad-6-escolaridad]. Con relación a los salarios, se observa que su media sigue una trayectoria ascendente desde el año 2000 hasta 2004. Sin embargo, en 2005 se manifiesta una caída que se recupera en los siguientes tres años. La media de 2008 fue superior a la de 2004 y en 2009 se registra una caída importante en dicho estadístico. La desviación estándar da cuenta de la variabilidad que manifiesta la serie y, en el caso del salario, se aprecia una inestabilidad en cada uno de los años; sin embargo, no se puede afirmar que en el lapso estudiado haya una dispersión significativa.

En el caso de la variable escolaridad que está medida en años de estudios formales, se aprecia que el valor de la media ha sido relativamente estable en los primeros cinco años del periodo. La media de los años de estudio de 2009 fue menor a la del año 2000. Al inicio del periodo era de 9.36 y al final de 8.91, respectivamente. En el caso de la edad, se observa que el promedio del jefe de hogar ha aumentado, mientras que en el año 2000 era de 41.34 años, y en 2008 y 2009 fue de 44.45 y 44.60, respectivamente. Una dinámica similar muestra la media de la experiencia laboral potencial, siendo más notoria su diferencia que la observada en la variable edad y escolaridad.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de variables básicas

	Salarios									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Media	4,308.6	4,577.6	4,807.7	4,938.1	4,927.9	4,570.1	4,850.6	4,959.2	4,981.2	4,676.7
Desv. Est.	5,783.1	5,226.4	5,322.1	5,509.7	5,951.0	6,675.3	7,115.5	6,224.07	6,865.69	65,690.1
N	48,710	66,587	65,006	56,172	37,661	58,404	59,668	59,135	58,023	56,915
	Escolaridad									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Media	9.36	9.49	9.69	9.70	9.79	8.74	8.88	9.03	9.08	8.91
Desv. Est.	5.43	5.54	5.46	5.47	4.99	5.26	5.22	5.20	5.15	4.98
N	48,710	66,587	65,006	56,172	37,661	58,404	59,668	59,135	58,023	56,915
	Edad									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Media	41.34	41.51	41.79	42.35	42.71	43.73	44.11	44.21	44.45	44.60
Desv. Est.	12.03	12.07	12.02	12.08	12.06	12.75	12.77	12.76	12.79	12.89
N	48,710	66,587	65,006	56,172	37,661	58,404	59,668	59,135	58,023	56,915
	Experiencia									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Media	25.98	26.01	26.09	26.65	26.92	28.98	29.23	29.17	29.37	29.69
Desv. Est.	14.29	14.33	14.23	14.25	14.09	15.14	15.08	15.03	15.01	14.92
N	48,710	66,587	65,006	56,172	37,661	58,404	59,668	59,135	58,023	56,915

Fuente: elaboración propia con base en la información de la ENU y ENOE del INEGI.

Tabla 2. Resultados de estimación, 2003T4-2004T4

	Efectos Aleatorios			Regresión			Modelo Probit			Corrección de		
	Estimación Robusta			Entre-grupo			Robusto			Heckman		
	Coef	ee	z	Coef	ee	t	Coef	ee	z	Coef	ee	z
Constante	2.449	0.064	38.26	2.411	0.061	39.27	2.696	0.109	24.77	2.049	0.231	8.86
Experiencia	0.019	0.002	7.29	0.023	0.002	9.51	-0.034	0.004	-9.01	0.055	0.012	4.49
Experiencia ²	0	0.000	-7.02	0	0.000	-9.97	0	0.000	3.68	-0.001	0.000	-4.36
Primaria	0.081	0.057	1.4	0.065	0.051	1.26	-0.184	0.079	-2.32	0.235	0.175	1.34
Secundaria	0.217	0.060	3.62	0.198	0.054	3.63	-0.321	0.085	-3.79	0.516	0.203	2.53
Preparatoria	0.427	0.062	6.87	0.418	0.057	7.32	-0.476	0.088	-5.39	0.863	0.236	3.66
Profesional	1.06	0.062	17.05	1.056	0.056	18.73	-0.953	0.086	-11.1	2.026	0.354	5.71
NormalTec	0.464	0.063	7.26	0.45	0.059	7.58	-0.467	0.091	-5.14	0.856	0.234	3.67

Continuación de la tabla 2

Maestría	1.461	0.103	14.22	1.456	0.086	16.85	-0.82	0.122	-6.72	2.234	0.375	5.96
Doctorado	1.822	0.306	5.95	1.805	0.305	5.92	-0.814	0.435	-1.87	2.63	1.021	2.57
Sexo							-0.138	0.042	-3.31			
Horas							-0.003	0.000	-3.52			
Mills										-3.694	1.082	-3.41
R²	0.353			0.354								
Wald Chi2(9) Prob.	1,701.91 0.0000											
Estadístico F Prob.				238.43 0.0000								
Wald Chi2(11) Prob.							529.42 0.0000					
Wald Chi2(9) Prob.										159.27 0.0000		

Fuente: elaboración propia con datos de la ENEU y ENOE del INEGI.

Tabla 3. Resultados de estimación, 2005T1-2006T1

	Efectos Aleatorios Estimación Robusta			Regresión Entre-grupo			Modelo Probit Robusto			Corrección de Heckman		
	Coef	ee	z	Coef	ee	t	Coef	ee	z	Coef	ee	z
Constante	1.977	0.050	39.15	1.948	0.046	42.32	2.211	0.063	35.12	1.982	0.052	37.97
Experiencia	0.028	0.002	12.96	0.029	0.002	14.73	-0.029	0.002	-12.58	0.016	0.002	6.08
Experiencia²	0	0.000	-13.28	0	0.000	-16.88	0.000	0.000	4.35	0	0.000	-13.16
Primaria	0.256	0.041	6.27	0.264	0.032	8.21	0.099	0.033	3.03	0.28	0.037	7.6
Secundaria	0.512	0.043	11.9	0.525	0.036	14.55	0.075	0.039	1.94	0.505	0.041	12.39
Preparatoria	0.736	0.045	16.22	0.753	0.039	19.35	-0.053	0.043	-1.23	0.668	0.044	15.19
Profesional	1.314	0.045	29.2	0.856	0.038	19.67	-0.359	0.040	-8.97	1.097	0.050	22.01
NormalTec	0.843	0.048	17.44	1.33	0.043	34.92	-0.21	0.048	-4.39	0.746	0.050	14.98
Maestría	1.96	0.074	26.23	1.976	0.070	28.24	-0.677	0.069	-9.84	1.547	0.096	16.14
Doctorado	2.116	0.211	10.05	2.155	0.160	13.42	-0.355	0.176	-2.02	1.834	0.185	9.9
Sexo							-0.338	0.028	-12.15			
Horas							0.001	0.000	1.49			
Mills										1.555		7.02
R²	0.352			0.351								
Wald Chi2(9) Prob.	363.82 0.0000											
Estadístico F Prob.				495.30 0.0000								
Wald Chi2(11) Prob.							1,272.82 0.0000					
Wald Chi2(9) Prob.										3203.56 0.0000		

Fuente: elaboración propia con datos de la ENEU y ENOE del INEGI.

Tabla 4. Resultados para la estimación, 2006T2-2007T2

	Efectos Aleatorios Estimación Robusta			Regresión Entre-grupo			Modelo Probit Robusto			Corrección de Heckman		
	Coef	ee	z	Coef	ee	t	Coef	ee	z	Coef	ee	Z
Constante	2.048	0.052	39.62	2.023	0.047	43.46	2.118	0.061	34.92	2.085	0.035	58.12
Experiencia	0.022	0.002	10.28	0.022	0.002	11.16	-0.027	0.002	-11.92	0.014	0.002	7.47
Experiencia ²	0	0.000	-10.33	0	0.000	-12.54	0.0001	0.0003	4.64	0.0003	0.000	-14.92
Primaria	0.287	0.044	6.51	0.303	0.033	9.04	0.06	0.034	1.75	0.261	0.025	10.1
Secundaria	0.563	0.046	12.14	0.589	0.037	15.85	0.057	0.039	1.44	0.504	0.028	17.7
Preparatoria	0.773	0.048	15.97	0.798	0.040	19.84	-0.131	0.043	-3.07	0.652	0.032	20.62
Profesional	0.911	0.078	29.12	0.932	0.039	20.76	-0.405	0.040	-10.05	1.181	0.037	31.87
NormalTec	1.407	0.052	17.56	1.434	0.045	36.64	-0.242	0.048	-5.07	0.787	0.035	22.14
Maestría	1.89	0.067	28	1.92	0.064	29.91	-0.485	0.065	-7.46	1.636	0.056	29.41
Doctorado	1.969	0.140	14.05	1.984	0.183	10.86	-0.947	0.151	-6.25	1.555	0.151	10.31
Sexo							-0.316	0.026	-12.18			
Horas							0.0001	0.0005	0.36			
Mills										1.084		7.05
R ²	0.346			0.346								
Wald Chi2(9) Prob.	3836.97 0.0000											
Estadístico F Prob.				494.37 0.0000								
Wald Chi2(11) Prob.							1061.53 0.0000					
Wald Chi2(9) Prob.										6,720.27 0.0000		

Fuente: elaboración propia con datos de la ENEU y ENOE del INEGI.

Tabla 5. Resultados para la estimación, 2008T4-2009T4

	Efectos Aleatorios Estimación Robusta			Regresión Entre-grupo			Modelo Probit Robusto			Corrección de Heckman		
	Coef	ee	z	Coef	ee	t	Coef	ee	z	Coef	ee	z
Constante	2.353	0.107	22.04	2.307	0.107	21.54	2.026	0.148	13.45	2.268	0.268	8.45
Experiencia	0.02	0.003	5.86	0.021	0.003	6.43	-0.027	0.004	-6.57	0.052	0.015	3.31
Experiencia ²	0	0.000	-6.35	0	0.000	-7.2	0	0.000	2.73	-0.001	0.000	-3.73
Primaria	0.143	0.089	1.6	0.161	0.092	1.75	-0.062	0.117	-0.53	0.184	0.227	0.81
Secundaria	0.301	0.091	3.29	0.33	0.097	3.4	-0.239	0.124	-1.93	0.531	0.265	2
Preparatoria	0.472	0.094	5.00	0.499	0.099	5.01	-0.285	0.127	-2.24	0.769	0.282	2.72
Profesional	0.529	0.097	10.26	0.549	0.100	5.23	-0.877	0.127	-6.88	1.956	0.499	3.92
NormalTec	0.995	0.102	5.19	1.038	0.105	10.32	-0.405	0.133	-3.03	0.925	0.314	2.95
Maestro	1.407	0.142	9.89	1.454	0.141	10.3	-0.978	0.163	-56.03	2.539	0.619	4.1
Doctorado	1.579	0.332	4.75	1.665	0.249	6.69	-0.224	0.347	-0.62	1.73	0.624	2.77

Continuación de la tabla 5

Sexo							-0.118	0.046	-2.61			
Horas							-0.002	0.001	-1.89			
Mills											-2.769	-2.36
R²		0.324			0.325							
Wald Chi2(9) Prob.		617.63										
		0.0000										
Estadístico F Prob.				83.69								
				0.000								
Wald Chi2(11) Prob.							288.01					
							0.0000					
Wald Chi2(9) Prob.										83.64		
										0.000		

Fuente: elaboración propia con datos de la ENEU y ENOE del INEGI.

DISCUSIÓN

Referente a las estimaciones con datos de panel es preciso señalar que se trabaja con cuatro periodos de análisis debido a factores de carácter metodológico relacionados con la ENEU y ENOE. El objetivo de integrar ambas encuestas es con el propósito de contar con un periodo de análisis relativamente amplio. Los periodos que se estudian en frecuencia trimestral son los siguientes: 1) 2003(T4)-2004(T4), 2) 2005(T1)-2006(T1), 3) 2006(T2)-2007(T2) y 4) 2008(T4)-2009(T4) y corresponden a los resultados reportados en las tablas 2, 3, 4 y 5 de la sección previa. En cada uno de los paneles se analiza a los mismos jefes de hogar, lo que permite que la unidad de análisis sea la misma a lo largo de cinco trimestres consecutivos.

Se efectúan estimaciones con efectos aleatorios utilizando Mínimos Cuadrados Generalizados con el interés de analizar los coeficientes comparativamente con los de la especificación entre-grupos y la corrección de Heckman. En el caso de los dos primeros modelos, se observa que los estimadores no varían significativamente en la mayoría de los casos. Por otra parte, conviene apuntar que la estimación de efectos fijos se omite debido a que la escolaridad no cambia de ciclo escolar completo de un trimestre a otro, siendo invariante en el lapso de cada panel. Bajo esta consideración es que no se realiza el contraste de Hausman para seleccionar entre efectos fijos y aleatorios. La estimación del modelo de efectos aleatorios y Probit se realizaron instrumen-

tando el método de White (1980) para obtener errores estándar robustos.

Para proceder con la corrección de sesgo por autoselección muestral, primero se estimó un modelo Probit con el objetivo de analizar la probabilidad de participar en el mercado de trabajo dado un nivel de experiencia laboral, niveles de instrucción, sexo y horas de trabajo. Estas últimas dos variables se añaden con el propósito de fortalecer la especificación del modelo y añadir variables relevantes que son determinantes en la decisión de participar en el mercado de trabajo. De acuerdo con la teoría sobre modelos de elección discreta, el conjunto de variables representadas en W_i deben ser un subconjunto estricto de X_i . De acuerdo con Wooldridge (2009), esto tiene dos implicaciones, primero, cualquier variable en la ecuación de interés debe formar parte de la ecuación de selección y la segunda implicación, es que al menos un elemento de W_i no debe ser parte de X_i . Se requiere de variables que afecten la selección pero que no tengan un efecto parcial en la variable dependiente, de lo contrario los resultados no serían convincentes a reserva que se tenga alguna restricción de exclusión en la ecuación de interés.

En una segunda etapa se evalúan las razones de Mills y se determina que las estimaciones por MCO presentan sesgo debido a que en los cuatro paneles el coeficiente (λ) es estadísticamente significativo. Es importante apuntar que dicha razón es el inverso de la probabilidad y si su signo

es negativo el jefe de hogar perdería ingreso y rentabilidad si decide participar en el mercado de trabajo. Al examinar los distintos niveles de instrucción, se aprecia que aquellos jefes de hogar que tienen el máximo grado de escolaridad (posgrado), perciben ingresos superiores al resto, no obstante de que su coeficiente registra una disminución relativa a lo largo de los cuatro periodos de estudio.

Una exploración preliminar de los resultados muestra que en los tres modelos estimados prácticamente todas las variables son relevantes. Sin embargo, se nota que los coeficientes del modelo de efectos aleatorios y entre-grupos son muy similares en el primer periodo de análisis. El contraste en la magnitud de los coeficientes realmente se presenta entre estos dos modelos (efectos aleatorios y entre-grupos) y el corregido por auto-selección muestral. Una característica que comparten las tres especificaciones es que conforme el grado de escolaridad es mayor, la magnitud del coeficiente es más elevada, revelando que los jefes de hogar con mayor escolaridad perciben salarios más elevados con respecto a los niveles de escolaridad adyacentes y la categoría de referencia, esto con algunas excepciones. En virtud de que el inverso de la razón del Mills es estadísticamente significativo en todos los años, se sugiere la posibilidad de sesgo por autoselección. Desde esta óptica, se entendería que los resultados corregidos son confiables y mejores a los de Mínimos Cuadrados Ordinarios y de efectos aleatorios y entre-grupos.

Al analizar los coeficientes de las variables *dummy* por grado de escolaridad, lo que se quiere conocer son las diferencias porcentuales promedio que se calculan a través de la expresión $100 * [\exp(\hat{\beta}_i) - 1]$. En la estimación del primer panel se determina que los jefes de hogar que cuentan con estudios profesionales reciben un salario que en promedio es 658% superior al de los individuos que no tienen ningún grado de estudio. Esta diferencia en términos porcentuales se incrementa cuando se considera los niveles de posgrado. Quienes tienen la primaria concluida perciben en promedio un salario de 26.5% superior a los de la categoría base.

En el segundo panel los coeficientes asociados al nivel de posgrado en el modelo de efectos aleatorios y entre-grupos siguen siendo muy similares, sin embargo, resalta una marcada diferencia en el resto de las categorías y con relación

a las magnitudes que reporta el modelo corregido. Quienes tienen concluidos los estudios profesionales y de primaria reciben un salario que es 199.5% y 32.3% superior al que absorben los jefes de hogar que no tienen educación. Este resultado es contrastante con lo que ocurre en el primer periodo, pues en el caso del nivel profesional hay un cierre en la diferencia salarial, mientras que en la educación primaria una evidente disparidad.

En el tercer panel también se identifica una proximidad en las magnitudes de los coeficientes del modelo de efectos aleatorios y entre-grupos. Los resultados de la corrección de Heckman muestran una ligera disminución con respecto al primer periodo. Los jefes de hogar que tienen estudios profesionales y de primaria reportan una diferencia salarial porcentual contra los que no tienen estudios de 225.7% y 29.8%, respectivamente. Quienes tienen estudios de maestría y doctorado ganan en promedio 413% y 373.5% más que los de categoría base (sin instrucción). Este último resultado diverge con lo encontrado en los dos primeros periodos. La discordancia salarial entre quienes tienen maestría y no tienen estudios, es mayor a la diferencia que hay entre quienes tienen doctorado y no tienen educación formal. En el cuarto periodo se encuentra una regularidad empírica muy afín a lo suscitado en el tercer panel con relación a quienes no tienen estudios y han alcanzado el nivel de posgrado. Una regularidad que se observa en los tres modelos es que aquellos jefes de hogar que tiene un nivel de escolaridad profesional, perciben un mayor ingreso que aquellos que tiene estudios de normal o educación técnica.

CONCLUSIONES

Cuando se trabaja con una estructura dinámica de los ingresos bajo un esquema de panel rotativo, resulta interesante desagregar la variable educación en distintos grados de estudio. Esto permite, a través de un vector de variables *dummy*, conocer las diferencias porcentuales de los ingresos de los jefes de hogar que tiene un determinado nivel de escolaridad contra aquellos que no tienen un grado de instrucción. En este sentido, se llega a unos resultados en donde los jefes de hogar que tiene mayor educación formal perciben mayores ingresos con respecto a aquellos que no tienen ningún nivel de instrucción. Sin embargo, cuando se analizan los niveles más bajos, como primaria, secundaria o preparatoria, las diferencias porcentuales promedio son

menos marcadas. Esto sugiere que la inversión en capital humano no sólo podría verse como un medio de ascenso social en el mercado de trabajo donde se premia la productividad, sino también como un detonante de bienestar social a largo plazo. Finalmente, se puede afirmar que la variable sexo se convierte en una variable importante dentro del modelo Probit de participación en el mercado de trabajo. Es decir, la probabilidad de que un jefe de hogar participe o no en el mercado de trabajo, está condicionada por la razón de sexo. Desde esta perspectiva, se infiere que el sexo es determinante en la decisión

de participar o no en el mercado laboral, porque existen motivaciones, necesidades y grados de responsabilidad diferenciados entre hombres y mujeres que los inducen a tomar una decisión de laborar. En general se considera que un jefe de hogar hombre o mujer, asume el rol dentro del entorno familiar de garantizar los satisfactores básicos que aseguren un nivel de bienestar social colectivo. En este sentido, los grados de participación dependerán de los niveles de compromiso que cada jefe o jefa de hogar asuma con su núcleo familiar y de otros atributos relacionados con el acervo de capital humano.

LITERATURA CITADA

- ANGRIST, J.; IMBENS, G., Two-Stage least squares estimation of average causal effects in models with variable treatment intensity". *Journal of the American Statistical Association*. 90(430): pp. 431-442, 1995.
- BARCEINAS, F.; OLIVER, J.; RAYMOND, J.L.; ROIG, J.L., Hipótesis de señalización frente a capital humano. *Revista de Economía Aplicada*. IX(26), pp.125-145, 2001.
- BARCEINAS, F.; RAYMOND BARA J.L., Hipótesis de señalización versus capital humano. El caso de México. *El trimestre Económico*. IXX(1): pp. 167-194, 2003.
- BECKER, G., Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. *National Bureau of Economic Research*, Massachusetts, USA, 1964.
- CARD, David, Earnings, Schooling and ability revisited. *National Bureau Of Economic Research*, WP. No. 4832, Agosto, 1994.
- CASTRO, D., Disparidad salarial urbana en México, 1992-2002. *Estudios Sociales*. XV(29), pp. 118-153, 2007.
- HECKMAN, J. (1979). "Sample selection bias as a specification error" *Econometría*. 47(1), pp. 153-161, 1979.
- HUESCA, L., "La rentabilidad de la escolaridad en los hogares asalariados en México durante el periodo, 1984-200", *Problemas del Desarrollo*, Revista Latinoamericana de Economía. 35(138), Julio-Septiembre, 2004.
- IMBENS, G.y ANGRIST, J., "Identification and estimation of local average treatment effect", *Econometrica*. 62(2), pp. 467-475, 1994.
- LÓPEZ-ACEVEDO, G., "Mexico: Two Decades of the Evolution of Education and Inequality". *World Bank Policy Research Working Paper 3919*, May 2006.
- MINCER, J., *Schooling Experience and Earnings*, New York, NBER, 1974.
- MALONEY, W.F., Distortion and protection in the Mexican labor market". Working Paper, num. 139. *The World Bank*, Center for Research on Economic Development and Policy Reform, June 2002.
- ORDAZ, J.L., "México: capital humano e ingresos. Retornos a la educación 1994-2005", *Estudios y Perspectivas*, CEPAL. 90, 2007.
- SCHULTZ, T., "Capital Formation by Education.", *The Journal of Political Economy*, 68(6), pp. 571-583, 1960.
- SCHULTZ, T., "Investment in human capital", *The American Economic Review*, 51(1): pp. 1-17, 1961.
- URCIAGA, G J. y ALMENDAREZ, M.A., "Determinación de los salarios y rendimientos de la escolaridad en la región Mar de Cortés", *Revista de la Educación Superior*. XXXV(2), pp. 37-53, abril-junio, 2006.
- VARELA, R.; OCEGUEDA, J.M.; CASTILLO, P.R.; HUBER, B.G., "Determinantes de los ingresos salariales en México: un perspectiva de capital human", *Región y Sociedad*, XXII(49), pp.117-142, septiembre-diciembre 2010.
- WOOLDRIDGE, J M., "Introducción a la econometría: un enfoque moderno". USA: Thomson, 2009.
- WHITE H., A Heterocedasticity Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test of Heterocedasticity" *Econometría*. 48, pp. 817-818, 1980.

Estrategias empresariales para la competitividad y el crecimiento de las PYMES. Una evidencia empírica

Business strategies for competitiveness and growth of SMEs.
Empirical evidence

Luis Aguilera Enríquez,¹ Martha González Adame,²
Rodrigo Rodríguez Camacho³

Aguilera Enríquez, L.; González Adame, M.; Rodríguez Camacho, R., Estrategias empresariales para la competitividad y el crecimiento de las PYMES: Una evidencia empírica, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 39-48, 2011.

RESUMEN

La variable crecimiento se ha estudiado desde diversos enfoques; para las PYMES de diferentes ramas económicas, el crecimiento en ventas es una variable que se puede predecir bajo mecanismos de naturaleza estadística. Los resultados aquí expresados provienen de una muestra de 109 empresas de diferentes sectores y características de tamaño diferente; el principal método estadístico utilizado fue el Análisis de Regresión, y para llevarlo a cabo se introdujeron seis variables compuestas para los factores de competitividad: tecnologías de información, innovación, esfuerzos comerciales, recursos humanos, calidad y tecnología, con la variable ventas como elemento dependiente. Lo anterior dio como resultado que las variables de Recursos Humanos y calidad tienen un peso específico reducido, además de que no resulta más importante la innovación que los esfuerzos comerciales, sino que en realidad los

Palabras claves: estrategias, PYMES, crecimiento, ventas, innovación, competitividad.

Key words: strategies, SMB, growth, sales, innovation, competitiveness.

Recibido: 8 de Marzo de 2011, aceptado: 10 de Noviembre de 2011

¹ Depto. de Administración Básica, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, laguiler@correo.uaa.mx.

² Depto. de Administración Básica, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, mgonzale@correo.uaa.mx.

³ Depto. de Administración Básica, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, admon_basica@yahoo.com.mx.

dos producen sinergia y se ve reflejado en el concepto de ventas.

ABSTRACT

The growth variable has been studied from various approaches for small businesses in the engineering sector, thus the growth in sales is a variable that can be predicted through arrangements of a statistical nature. The results expressed here are from a sample of 109 companies from different sectors and different size characteristics. The main statistical method used was Regression Analysis, and in order to carry this out, six variables were introduced to the factors of Competitiveness composed by technology information, innovation, commercial efforts, human resources, quality and technology (with sales as a dependent variable). The results showed that the variables of human resources and quality have a low specific weight, in addition that innovation is not more important than commercial efforts, instead the two variables produce synergy and is reflected in the sales concept.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito empresarial el análisis de la situación de competitividad es una herramienta necesaria, aunque, según González (2009), no siempre es evaluada como una variable que resulta de la interacción de muchas variables, tanto de orden interno a la empresa como de aquellas que están presentes en el entorno empresarial. Al respecto, Cuervo (2004) propone que la creación de riqueza y el dinamismo de un país se sustentan

sobre la competitividad de sus empresas, y ésta depende básicamente de las capacidades de sus empresarios y directivos.

Sánchez (2009) destaca que la crisis financiera internacional obligó a reflexionar sobre la viabilidad de las micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas, reconociendo el papel que las MIPYMES, por ser un instrumento de cohesión y estabilidad social al dar oportunidades de empleo (bien sea formal o informal) a personas con o sin formación profesional, por ello el conocimiento del comportamiento de los sectores productivos en México es útil para entender la dinámica de los factores que motivan el crecimiento en las actividades económicas.

En el presente trabajo de investigación, se analizaron empresas de diferentes ramas económicas en Aguascalientes. En la tabla 1 se destaca el lugar a nivel nacional que ocupan dichas empresas.

El objetivo de esta investigación es analizar las variables que intervienen para el crecimiento y la competitividad de la muestra estudiada de PYMES de Aguascalientes, para ello se tomaron en consideración las ventas (crecimiento) y los esfuerzos comerciales, como la inversión en publicidad, la calidad, los recursos humanos, el uso de tecnologías de información y comunicación, el grado de automatización de los procesos (tecnología), y la innovación o la intención de desarrollar nuevos productos que puedan satisfacer a los consumidores.

Discusión teórica

Desde la perspectiva de las estrategias empresariales, Andrews (1998) precisa que la estrategia es

un patrón de decisiones en la compañía que determinan los objetivos y metas, generando planes y políticas para el logro de los mismos y considerando los factores económicos y humanos en beneficio de los accionistas –empleados y clientes– y la comunidad; sin embargo, en la formulación de estrategias, al menos para Munive *et al.* (2004), existen las estrategias deliberadas y aquellas referentes al aprendizaje incremental. Así, la idea de que las organizaciones tienen algún tipo de estrategia se puede definir como las acciones que toman las organizaciones en la búsqueda para conseguir sus objetivos (Beaver, 2007), porque posibilita un entorno favorable y positivo para el desempeño organizacional.

Las estrategias orientan las decisiones y permiten que los planes operativos se realicen de forma concurrente al logro de los objetivos de la empresa con la finalidad de incrementar las posibilidades de cumplimiento de objetivos y metas. Burgelman (2002) define el concepto de estrategia como la teoría que la alta dirección tiene sobre la base para sus éxitos pasados y futuros.



Figura 1. Industria metalmeccánica en Aguascalientes.

Tabla 1. Principales ramas económicas y su importancia en Aguascalientes

Rama económica	Lugar nacional
Fabricación de equipo de comunicación.	2
Fabricación de maquinaria y equipo para el comercio y los servicios.	2
Fabricación de componentes electrónicos.	3
Fabricación de automóviles y camiones	5
Autotransporte de carga especializado.	5
Confección de prendas de vestir.	8
Fabricación de partes para vehículos automotores.	10
Fabricación de productos de plástico.	13

Fuente: INEGI, 2010.

Se puede, entonces, definir una estrategia como un patrón de acciones o plan que alineado con las metas, políticas y valores de la empresa, tomándolos como un todo, permite la utilización de recursos para el fortalecimiento de competencias en un ambiente de negocios competitivo, donde los rivales enfocan sus esfuerzos al logro de ventajas competitivas (Quinn y Voyer, 1998).

Cuando se habla del concepto de competitividad surgen una gran cantidad de autores que lo abordan desde diversos ángulos. Aragón (2005) sostiene que la aptitud de la empresa para obtener resultados superiores depende fundamentalmente de su habilidad para adquirir y coordinar recursos situando a la empresa dentro de la teoría de recursos y capacidades, como el centro del análisis de la competitividad empresarial (Aragón y Rubio, 2005 y 2007; Aragón *et al.*, 2010). Por su parte, Peñaloza (2005) y Sandra y Figueroa (2005) relacionan la posición competitiva con la forma en que percibe la información del entorno y los mecanismos mediante los que toma sus decisiones. En primer lugar hay que reconocer que existe una fuerte relación entre la estrategia adoptada por la empresa y el entorno empresarial donde desarrolla sus actividades (Markides, 1999), lo cual definirá cuáles son las características internas de la empresa que podrán ser utilizadas para la generación de ventajas competitivas. Figueroa y Fernández (1997) destacan que las fuerzas competitivas presentes en el entorno empresarial son específicas para cada sector y actividad productiva. Kent y Mentzer (2003) indican que el punto focal de la administración de proveedores es un factor que determina la competitividad de la empresa, destacando mejoras en el proceso de toma de decisiones, donde las tecnologías de comunicación y los sistemas de información facilitan tales interacciones.

Otra estrategia que define la competitividad es la diversificación, que para Rumelt (1982) adquirirá el carácter de relacionada cuando existen recursos compartidos entre los negocios, mercados comunes o tecnologías compartidas para incrementar la participación de mercado y el crecimiento en ventas (como una medida indirecta de ello); sin embargo, existe la discusión sobre los mecanismos para acercar las mediciones de competitividad a los esquemas tradicionales del análisis económico; González (2009) señala algunas de las representaciones más estudiadas al respecto y pone los ejemplos de "el diamante" de Porter, "el

doble diamante de Rugman" o "el modelo de los nueve factores de Cho".

La innovación es un variable de suma importancia. Witt (2002), Furio Blasco (2005) y Berumen (2008) –citando a Schumpeter (1912)– mencionan que la innovación consiste en la utilización productiva de algo nuevo (bienes con nueva calidad, nuevo método productivo, nuevo mercado, nuevas fuentes de materias primas o nuevos esquemas de organización). En los antecedentes que dan origen al concepto de innovación se puede citar a Hadjimanolis (2000), quien señala que la mayoría de los estudios sobre innovación se han concentrado en empresas grandes, que por su estructura organizacional y su carácter de orientación a mercado, son por naturaleza innovadoras. Al respecto Sutton (1980) indica que la innovación es un proceso que implica la elaboración de productos y servicios con cierto grado de novedad para quien los adopta; también Frenkel (2003) indica que la innovación faculta a las empresas para operar más eficientemente y mejorar su habilidad para ofrecer productos al mercado, resaltando el importante rol de la información y el conocimiento en el cambio de procesos y tecnología.

Otras de las variables se refiere al factor humano, y ésta es productora de innovación; Hamel y Prahalad (1994) sostienen que si una empresa no es la primera en introducir una innovación es a consecuencia de que su recurso humano no tenga las competencias y capacidades necesarias; estos mismos autores definieron el concepto *Core Competences* como medida de la capacidad de liderazgo y éxito de la empresa por su nivel de costos, nivel tecnológico, infraestructura, conocimiento del negocio, habilidad productiva, administración de la cadena de abastecimientos, habilidades y conocimientos de sus directivos y personal operativo. Lo anterior se fundamenta en los principios propuestos por Barney (1991), quien ubica a los recursos de propios de las empresas como los factores mediante los cuales se podrá hacer frente a los cambios y oportunidades que el medio ambiente empresarial ofrece.

Desde las primeras aproximaciones al concepto de crecimiento realizadas por Penrose (1952), han aparecido un gran número de artículos que abordan diferentes aspectos de la misma variable. Una de las características presentes en México es que en la mayor parte de las empresas pequeñas, la propiedad y la gestión de la empre-

sa se concentra en la figura del propietario-gerente, el cual ocupa un rol estratégico de líder en la organización al concentrar la mayoría de las decisiones estratégicas" (BID-IKEI, 2005). En este sentido, Taboada (2004) señala la importancia de evaluar la conveniencia de cooperar, ya que los empresarios deben reconocer sus debilidades internas para buscar oportunidades de asociación con otras empresas.

Apoyando lo anterior, Blázquez *et al.* (2006) destacan que uno de los objetivos fundamentales de las empresas es la generación de valor para los dueños y el retorno de utilidades con base en la inversión realizada, donde la posición competitiva es un resultado que complementa los indicadores de rentabilidad.

La esencia de la empresa definida por Cervo (2004) será una especialización de funciones, teniendo el mismo sentido de establecer mecanismos para conseguir objetivos de ventas, de

utilización de activos y generación de valor, que llevan implícita la definición de competitividad; sin embargo, existen diferentes formas de medir el crecimiento empresarial, según la fuentes de información (tabla 2), que está supeditado a la disponibilidad de información que cada empresa otorga de las variables involucradas.

Por ejemplo, el crecimiento empresarial ha tomado como dimensiones el número de empleados, el volumen de ventas, la diferencia entre el valor de mercado y el valor contable de la empresa, el volumen de ventas/valor añadido y también el volumen de ventas/activo total; con base en lo anterior, en este estudio se tomará el crecimiento como volumen de ventas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de tipo correlacional, no es experimental y seccional. Ello se debe, en gran medida, a que el análisis de variables en

Tabla 2. Indicadores para la medición del crecimiento empresarial

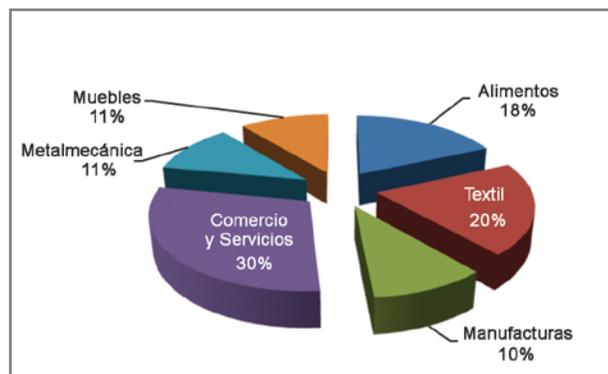
Medición de crecimiento	Autor/Año
Número de empleados.	Evans (1987), González Núñez (1988), Kraybill y Variyam (1992), Ocaña <i>et al.</i> (1994), Becchetti y Trovato (2002)
Volumen de ventas.	Petrakis (1997).
Inversión neta.	Maroto Acín (1996), Schianterelli (1996), López Gracia <i>et al.</i> (1999), Raymond <i>et al.</i> (1999).
Inversión bruta.	Mato (1989).
Diferencia entre el valor de mercado y el valor contable de la empresa.	Varaiya <i>et al.</i> (1987).
Volumen de ventas y valor añadido.	Maravall (1984).
Volumen de ventas y activo total.	Chittenden <i>et al.</i> (1996).
Activo total neto, ingresos de explotación y valor añadido.	González Pérez y Correa Rodríguez (1998).
Número de empleados, ventas y activo total.	Lang <i>et al.</i> (1996), Heshmati (2001).
Número de empleados, ventas y rentabilidad.	Birley y Westhead (1990).
Número de empleados, volumen de ventas, activo total y valor añadido.	Calvet <i>et al.</i> (1989).
Número de empleados, volumen de ventas, fondos propios y valor añadido.	Antón Martín <i>et al.</i> (1990).
Valor multicriterio.	Bueno Campos <i>et al.</i> (1984), Bueno Campos y Lamothe Fernández (1986), Correa Rodríguez (1999), Correa Rodríguez <i>et al.</i> (2001).

Fuente: elaboración propia.

el entorno empresarial no necesariamente permite la adopción de protocolos de investigación que puedan esperar la implementación de estrategias y la evaluación de los resultados a corto y mediano plazos (porque se pone en riesgo la viabilidad de la propia empresa y la permanencia de la misma en el mercado, lo cual afecta directamente a los empleados).

Se empleó una encuesta con 159 reactivos agrupados en 58 preguntas, siguiendo la escala de Likert con 5 niveles de respuesta desde totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo. La captura de información obtenida en las encuestas se codificó en el programa SPSS, se realizaron los procedimientos descriptivos generales, la fiabilidad del instrumento dio un valor de *alfa de Cronbach* de 0.952 y para la prueba de hipótesis se realizaron análisis de regresión.

La distribución de empresas se realizó por actividad, según la Secretaría de Economía (Aceves, 2004), como base para el cuestionario aplicado y bajo el procedimiento de muestreo estratificado; el número y porcentaje de empresas según rama económica se presenta en la gráfica 1.



Gráfica 1. Giros de las empresas analizadas en el estado de Aguascalientes.

El paso inicial fue determinar a través de una matriz de correlación las interacciones entre los ítems de la encuesta relacionados con cada variable específica. De ahí se seleccionaron aquellos ítems con mayor interrelación y se procedió a agruparlos en variables de respuesta. El principal método estadístico utilizado fue el Análisis de Regresión, y para llevarlo a cabo se introdujeron 6 variables compuestas:⁴ Variable TI (tecnologías de información y comunicación), Variable IN (innovación), Variable C (esfuerzos comerciales),

Variable R (recursos humanos), Variable Q (calidad), Variable T (tecnología) y la Variable Crecimiento estuvo evaluada bajo el concepto de ventas anuales (V). La ecuación general es la siguiente:

$$V = a + \sum_{i=0}^n TI + \sum_{i=0}^n IN + \sum_{i=0}^n C + \sum_{i=0}^n R + \sum_{i=0}^n Q + \sum_{i=0}^n T$$

Dado que el P-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0.05, hay una relación estadísticamente significativa entre las variables en el 95% nivel de confianza. El estadístico R-cuadrado indica que el modelo que se haya instalado explica 91,782% de la variabilidad en venta metal-mecánica. La ajustada de R-cuadrado estadísticamente que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 81,9205%. La norma error de la estimación muestra la desviación estándar de los residuos, que es de 0,339192. Este valor puede ser usado para construir límites de predicción para las nuevas observaciones seleccionadas. El error absoluto medio (MAE) de 0.175137 es el valor medio de los residuos. El Durbin-Watson (DW) pone a prueba los residuos para determinar si existe alguna correlación significativa, dado que el valor de P es mayor que .05. Para determinar el modelo se puede simplificar, sólo se tiene que observar que el P-valor más alto en las variables independientes es de 0.8737, que pertenece a las TIC metal-mecánicas, dado que P-valor es mayor o igual a 0.10, el término no es estadísticamente significativo en la confianza del 90% o más nivel, por lo tanto, debe ser eliminado.

Con ello se facilitó la interpretación de resultados, además de que con esta información se puede establecer por el método de Análisis de Componentes Principales,⁵ donde la ponderación de cada variable individual en su afectación en cada coeficiente del factor es la ecuación resultante.

Se eligió como prueba la ecuación de regresión, ya que permite, en primer lugar, identificar aquellas variables que aporten validez a la misma, y en segundo, determinar cuál de las va-

⁴ Se tomaron los valores de cada una de las preguntas involucradas con cada factor y se obtuvo la sumatoria de los mismos. Con estas nuevas variables se procedió a realizar el Análisis de Regresión.

⁵ Con este análisis se obtiene la saturación de cada pregunta en torno a un factor específico.

riables tiene mayor impacto en la variable de respuesta (ventas); lo anterior facilita la presentación de los resultados de cada actividad económica, de manera que para dar respuesta al objetivo de investigación se plantean las siguientes hipótesis:

- H₁: Incrementar los esfuerzos de innovación tiene un mayor impacto en las ventas, que incrementar esfuerzos en los factores comerciales.
- H₂: Incrementar los esfuerzos en innovación produce un incremento en ventas.
- H₃: Fortalecer los esfuerzos de la actividad comercial influye positivamente en las ventas.

RESULTADOS

Las primeras consideraciones que se requieren son: para que algunos de los factores se puedan incluir en la ecuación de regresión, primero debe aportar validez estadística, la cual se presenta en la tabla 3.

- El siguiente paso fue obtener la ecuación que representa el comportamiento de las empresas encuestadas:

$$V = 3.79 + .94 C + 1.25 IN - 1.25 T - 2.18 TI$$

- Para aislar los impactos de las variables IN y C, fue necesario fijar los valores de las demás variables, de manera que se utilizaron los valores promedios de cada una (T= 2.43), (TI= 1.32), con ello la ecuación se redujo a:⁶

$$V = 2.12 + .94 C + 1.25 IN$$

- Si se considera que la escala de respuesta es tipo Likert de 1 a 5, donde el valor más alto representa mayores esfuerzos de cada variable, el cálculo deberá realizarse con el nivel medio de la escala que es el 3, y sirve para la comparación de los valores medios.

Para asegurar que los valores representen fielmente el posible escenario de mejora, se pueden considerar los valores del límite inferior, de manera que cualquiera de los tres sobrepasa el valor de ventas resultado de la aplicación de las encuestas (1.5), ubicándolo cercano a los 5 millones de pesos anuales (tabla 4).

DISCUSIÓN

Primeramente, se debe recalcar que la competitividad adquiere dimensiones para su evaluación (Perea y Rivas, 2008), entre ellas se pueden des-

Tabla 3. Resumen de correlaciones entre variables

Variables	V	C	IN	T	Q	R	TI
Correlación Significativa (**)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
Análisis Regresión P-value	.0211	.0852	.0156	.6738	.0403	.0075	.8737

Tabla 4. Resultados por sustitución de valores en la ecuación

	C	IN	T	TI	Valor de V ¹	Límites inf. - sup.
Promedio obtenido de las encuestas	1.50	1.74	2.43	1.32	1.5	
Valor para calcular con la ecuación	3.0	3.0	2.43	1.32	4.5	3.8 a 5.0
Fijando el valor de IN	3.0	1.74	2.43	1.32	2.9	2.2 a 3.5
Fijando el valor de C	1.50	3.0	2.43	1.32	3.1	2.4 a 3.7

Fuente: elaboración propia.

⁶ La ecuación tiene un p-value de 0.0966, con un R² de .6326 lo que le da validez estadística.

tacar la Innovación (Schroeder, 1992), la calidad (Gaither y Frazier, 2000), los aspectos comerciales relacionados con la mercadotecnia (Stanton *et al.*, 1996; Díez de Castro, 2001; Hill y Gareth, 2009; Dickson y Ginter, 1987; Thompson y Strickland, 2005) y la administración del factor humano (Kotter y Schlesinger, 2008; Mendoza, 1998).

De esta forma, se puede retomar la noción de que las capacidades que colocan a una empresa por encima de otras se refiere a aquello que la organización hace mucho mejor que las compañías rivales y que las demás no pueden igualar; éste es el hilo conductor hacia la medición de ventas como medida indirecta de la competitividad.

La medición de las ventas como un indicador que complementa el concepto de competitividad es un instrumento que parte de datos de fácil comprensión para el empresario, tanto Blázquez *et al.* (2006) como Bonales (2001) relacionan el concepto de crecimiento empresarial con el de competitividad (en este caso medido como crecimiento en ventas), sin embargo, la utilización de una ecuación de regresión que intente reflejar el comportamiento de un sector no es necesariamente lo más sencillo de explicar para los gerentes de empresa. De manera que el primer paso para su construcción fue la incorporación de todos los factores (tecnologías de información, innovación, esfuerzos comerciales, recursos humanos, calidad y tecnología) y se calculó una ecuación (con la variable ventas como elemento dependiente) para cada combinación de factores; de ello resultó que algunos factores no aportaban validez estadística a la propia ecuación, como fueron recursos humanos y calidad.

Así, la ecuación resultante tiene un R^2 de .6326 que ajusta bastante bien el comportamiento de los datos con el valor de ventas calculado por la misma.⁷

Con los resultados obtenidos se tiene suficiente evidencia para ubicar las hipótesis propuestas para rechazo o no rechazo, según se haya satisfecho las afirmaciones.

⁷ Como el P-value de la tabla de ANOVA (0.0966) está por debajo de 0.10, existe evidencia estadísticamente significativa de relación entre las variables de la ecuación con un nivel de confiabilidad del 90%.

H₁: Incrementar los esfuerzos de innovación tiene un mayor impacto en las ventas, que incrementar esfuerzos de la actividad comercial.

- *Rechazar*, porque no existe diferencia significativa que apoye un mayor impacto debido a la innovación. Las variaciones son de 2.9 y 3.1 en el valor de ventas.

H₂: Incrementar los esfuerzos en innovación produce un incremento en ventas.

- *No rechazar*, porque el valor de ventas cambió de 1.5 a 2.9

H₃: Fortalecer los esfuerzos de la actividad comercial influye positivamente en las ventas.

- *No rechazar*, porque el valor de ventas cambió de 1.5 a 3.1.

La información presentada en este documento aporta elementos para que los gerentes de empresas identifiquen los factores que debieran considerarse para la toma de decisiones, aunque es entendible, según Chauca (2000), que la administración estratégica de la competitividad conlleva un proceso complejo de integración de información oportuna.

De manera que el proceso de formulación de estrategias, según Hofer y Schendel (1978) y Miranda (2007), debe ser alimentado con datos provenientes de fuentes internas y externas, donde se puedan encontrar parámetros de medición, esquemas de cooperación, mecanismos de respuesta y métodos de evaluación de la efectividad de cada estrategia. En otro sentido, Ross *et al.* (2001) aportan que las tecnologías asociadas a los sistemas de información y al propio Internet conducirán a las empresas en un futuro a modificar los límites propios, a la vez que demandan nuevas habilidades y conocimientos por parte de toda la organización. Mientras que sobre los factores comerciales que involucran aspectos como el precio, el propio producto, la plaza, los mecanismos de promoción y la participación de mercado han sido abordados por Parnell (1997), Camisón *et al.*, (2007), Camisón Zornoza (2007), Villar López y Camisón Zornoza (2009) y Thomas *et al.*, (1991), entre otros muchos, resultando natural la comparación entre los esfuerzos realizados en términos comerciales contra los resultados espe-

rados (crecimiento en ventas) como indicador de mejora de la posición competitiva.

Una de las aportaciones del presente trabajo es determinar que no resulta más importante la innovación que los esfuerzos comerciales, sino que en realidad los dos producen sinergia y se ve reflejado en el concepto de ventas. En el ambiente empresarial, muchas veces, se asume que debido a que "no se puede ser bueno en todo" será mejor decidirse por una de las estrategias, cuando lo que aquí se propone es que los dos conceptos deben coexistir debido a que ambos fortalecerán aún más la posición competitiva (medida indirectamente por el incremento en ventas).

Si se evalúan los componentes particulares de cada uno de los conceptos se obtiene que al variar únicamente la inversión en publicidad, de la mano del establecimiento de un departamento de mercadotecnia, se obtendrán resultados que no mejoran el valor de ventas existente. Lo mismo sucede si sólo se busca automatizar los procesos y se invierte en el desarrollo de nuevos productos, puesto que el resultado en el incremento en ventas es marginal.

CONCLUSIONES

Las investigaciones referentes al comportamiento, al desempeño o a las características que se encuentran en las PYMES de Aguascalientes sólo podrán ser consideradas útiles en la medida en que los resultados que arrojen puedan ser interpretados y replicados para un número mayor de empresas de manera que se puedan generalizar características y comportamientos. Por ello, los datos analizados en esta investigación son, a juicio de sus autores, suficientes para inferir recomendaciones, que los responsables de tomar decisiones evaluarán para determinar si tomarán medidas para obtener alguna ventaja competitiva.

Una de las características de las estrategias, según Martínez (1999) es que se inscriben dentro de un proceso de mejoramiento dinámico, donde se deben revisar periódicamente los avances y logros relacionados con los objetivos trazados por la propia empresa. El resultado final de la presente investigación abre la discusión sobre la interacción que existe entre las variables que definen el crecimiento, generando líneas de investigación que busquen comprobar o rechazar lo aquí expuesto a la luz de nuevos datos.

LITERATURA CITADA

- ACEVES, V., *Dirección Estratégica*. México: McGraw Hill. 2004.
- ANDREWS, K.R., *The Concept of Corporate Strategy*: by H. Mintzberg, J. B. Quinn and S. Ghoshal. *The Strategy Process: Revised European Edition Prentice Hall Europe*, pp. 51-59, 1998.
- ARAGÓN SÁNCHEZ, A., Factores Asociados con el éxito competitivo de las PYME's industriales en España. *Revista Universia Business Review, Departamento de Organización de Empresas y Finanzas, Universidad de Murcia*. Volumen Cuarto Trimestre: pp. 38-50, 2005.
- ARAGÓN SÁNCHEZ, A.; RUBIO BAÑÓN, A., Factores explicativos del éxito competitivo: el caso de las Pymes del estado de Veracruz. *Contaduría y Administración*. 216: pp. 25-69, 2005.
- ARAGÓN SÁNCHEZ, A.; RUBIO BAÑÓN, A., La competitividad de la pyme industrial española. *Cuadernos de información económica*. 199: pp. 141-152, 2007.
- ARAGÓN SÁNCHEZ, A.; RUBIO BAÑÓN, A.; SERNA, A.M.; CHABLÉ, J.J., *Estrategia y competitividad empresarial: un estudio de las Mipymes de Tabasco*. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 47: pp. 4-12, 2010.
- BARNEY, J., Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*. 17(1): pp. 99-120, 1991.
- BEAVER, G., The Strategy payoff for smaller enterprises. *Journal of Business Strategy*. pp. 11-17, 2007.
- BERUMEN, S.A., Una aproximación a la construcción del pensamiento neoschumpeteriano: más allá del debate entre ortodoxos y heterodoxos. *Revista No. 845 Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. España*. pp. 135-146, 2008.
- BID-IKEI, *Responsabilidad social de la empresa en las PYME's de Latinoamérica*. Washington, USA: Banco Interamericano de Desarrollo-Instituto Vasco de Estudios e Investigación, 2005.

- BLÁZQUEZ, F.; Dorta, J.; VERONA, M., Concepto, perspectivas y medida del crecimiento Empresarial. *Cuadernos de Administración*. 19(31): pp: 165-195. 2006.
- BONALES, V., Competitividad de las empresas de Uruapan, Michoacán, exportadoras de aguacate a Estados Unidos de América (tesis doctoral). México: Instituto Politécnico Nacional, 2001.
- BURGELMAN, R., *Strategy is Destiny: How strategy-making shapes a company's future*. New York: The Free Press, 2002.
- CAMISÓN Z.C.; GARRIGÓS S.F.; PALACIOS M.D., Estrategias competitivas y desempeño empresarial; estudio comparativo de los modelos de robinson & pearce y miles & snow en el sector hotelero español. *Investigaciones Europeas de dirección y economía de la empresa*. pp. 161-182: 2007.
- CAMISÓN ZORNOZA, C., ¿Quo vadis la empresa industrial española?: Fortalezas y debilidades ante los factores clave de éxito. *Universia Business Review*. (13): pp. 42-61, 2007.
- CHAUCA, P., *Administración estratégica para la competitividad de la micro, pequeña y mediana empresa. El caso de las empresas manufactureras de la ciudad de Morelia, Michoacán (tesis doctoral)*. México: Instituto Politécnico Nacional, 2000.
- CUERVO, G.A., *Creación empresarial: sobre los empresarios*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid, 2004.
- DICKSON, P.; GINTER, J., Market Segmentation, Product Differentiation and Marketing Strategy. *Journal of Marketing*. 51(4): pp. 1-10, 1987.
- DIEZ DE CASTRO, E., *Administración y dirección*. Madrid: Mc Graw Hill, 2001.
- FIGUEROA; Fernández, Entornos competitivos: su caracterización y tipología en el contexto empresarial de Galicia. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*. 3(2): pp. 61-73, 1997.
- FRENKEL, A., Barriers and Limitations in the Development of Industrial Innovation in the Region. *European Planning Studies*. 11(2): pp. 115-137, 2003.
- FURIO BLASCO, E., *Los lenguajes de la Economía*. 2005. Edición digital. Texto completo en www.eumed.net/libros/2005/efb.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G., *Administración de producción y operaciones*. México: Thompson Editores, 2000.
- GONZÁLEZ, G., Ganancias de competitividad: un enfoque agregado y de largo plazo. *Análisis Económico*. XXIV(57): pp. 81-104, 2009.
- HADJIMANOLIS, A., An investigation of innovation antecedents in small firms in the context of a small developing country. *R & D Management*, Blackwell publishers. 2000.
- HAMEL, G., Strategy as Revolution. *Harvard Business Review*. Jul.-Ago.: pp. 69-82, 1996.
- HAMEL, G.; Prahalad, C., *Competing for the future*. USA: Harvard Business School Press, 1994.
- HILL; Gareth, *Administración estratégica*. México: McGraw Hill, 2009.
- HOFER, C.; Schendel, D., *Strategy Formulation: Analytical Concepts*. St. Paul. MN: West Publishing, 1978.
- INEGI. (2010, abril 24). *Banco de Información Económica*. Retrieved from <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/bdiesi/bdie.html>.
- KENT; Mentzer, The Effect of Investment in Interorganizational Information Technology in a Retail Supply Chain. *Journal of Business Logistics*. 1-3 product 9201602, 2003.
- KOTTER, J.; SCHLESINGER, L., Choosing Strategies for Change. *Best of Harvard Business*. julio-agosto: pp. 3-10, 2008.
- MALTZ, A., Logistics: The Key to e-Retail Success. *Supply Chain Management Review*. Abril: pp. 1-13, 2004.
- MARKIDES, C., A Dynamic View of Strategy. *Sloan Management Review Massachusetts Institute of Technology*. 40(3): pp. 1-23, 1999.
- MARTÍNEZ, S.A., Dimensiones y factores determinantes de la competitividad internacional del granito. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*. 5(2): pp. 103-120, 1999.
- MENDOZA, N., *Manual para determinar necesidades de capacitación y desarrollo*. México: Trillas, 1998.
- MIRANDA, A., La industria automotriz en México. Antecedentes, situación actual y perspectivas. *Contaduría y Administración*, UNAM. 221: pp. 211-248, 2007.
- MUNIVE, H.E.; DEWHURST, F.; Pritchard, M.; Barber, K., Modelling the strategy management process: An initial BPM approach. *Business Process Management Journal*. 10(6): pp. 691-711, 2004.
- PARNELL, J., New evidence in the generic strategy and business performance debate: A research note. *British Journal of Management*. 8: pp. 175-181, 1997.
- PENROSE, E.T., Biological analogies in the theory of the firm. *American Economic Association*. 42(5), 1952.

- PENROSE, E.T., *The Theory of the Growth of the firm*. Gran Bretaña: Oxford University Press, 1959.
- PEÑALOZA, M., Competitividad: ¿Nuevo Paradigma Económico? *Forum empresarial*, Universidad de Puerto Rico. 10(1): 42-67, 2005.
- PEREA, J.; RIVAS, L., Estrategias competitivas para los productores cafetaleros de la región de Córdoba, Veracruz, frente al mercado mundial. *Contaduría y Administración*, UNAM. 224: pp. 9-33, 2008.
- PRAHALAD, C.; HAMEL, G., The Core Competence of the Corporation. *Harvard Business Review*. Mayo-Junio: pp. 1-15, 1990.
- QUINN, J.; VOYER, J., Logical Incrementalism: Managing Strategy Formation. *The Strategy Process Prentice Hall Europe*. pp. 103-110, 1998.
- ROSS; VITALE; Weill, *Migrating to Profitable Electronic Commerce Business Models*. Boston, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- RUMELT, R., Diversification Strategy and Profitability. *Strategic Management Journal*. 3: 359-369, 1982.
- SÁNCHEZ BARAJAS, G., *Las micro y pequeñas empresas mexicanas ante la crisis del paradigma económico de 2009*. Málaga, España: Edición electrónica gratuita, 2009. Texto completo en www.eumed.net/libros/2009a/524/.
- SANDREA, M.; BOSCÁN, M.; FIGUERA, J., Desempeño económico como factor de competitividad de las PYME zulianas productoras de calzado. *Multiciencias*, Universidad del Zulia, Venezuela. 5(1): pp. 17-29, 2005.
- SCHROEDER, R., *Administración de operaciones*. México: McGraw-Hill, 1992.
- SCHUMPETER, J.A., *The Theory of Economic Development*. Cambridge Mass.: Harvard University Press, 1912.
- SIEM. *Directorio de Empresas*. México. D.F., 2008.
- STANTON, W.; ETZEL, M.; WALKER, B., *Fundamentos de marketing*. México: McGraw-Hill, 1996.
- SUTTON, C., *Economía y Estrategias de la Empresa*. México, D.F.: Limusa, 1980.
- TABOADA, I.E.; ¿Qué hay detrás de la decisión de cooperar tecnológicamente? Tesis Doctoral. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana, 2004.
- THOMAS, A.; Litschert, R.; Ramaswamy, K., The performance impact of strategy-manager coalignment an empirical examination, 1991.
- THOMPSON, A.; Strickland, J., *Crafting and Executing Strategy. The Quest for Competitive Advantage, Concepts & Cases*. México: McGraw Hill, 2005.
- VILLAR LÓPEZ, A.; CAMISÓN ZORNOZA, C., Los modelos organizativos de la producción reticular e integrado en la empresa industrial española: rasgos distintivos y desempeño. *Universia Business Review*. (21): pp. 84-101, 2009.
- WITT, U., Evolutionary Is Schumpeter's Theory Of Economic Development? *Industry and Innovation*. 9(1-2): pp. 7-22, 2009.

Ambiente laboral, estrategias de austeridad y criterios de excelencia, usadas en situaciones de crisis, desde la perspectiva del trabajador¹

Workplace, austerity strategies and excellence issues, used in critical situations from employee's perspective

Sergio Manuel Madero Gómez²

Madero Gómez, S. M., Ambiente laboral, estrategias de austeridad y criterios de excelencia, usadas en situaciones de crisis desde la perspectiva del trabajador, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 49-55, 2011.

RESUMEN

La crisis actual que está viviendo el mundo, iniciada en 2008, ha traído como consecuencia que muchas empresas hayan adoptado diversas estrategias para hacer frente a esa situación. Lo anterior nos ha llevado a realizar la presente investigación para conocer la relación que existe entre el ambiente laboral, las estrategias de austeridad y los criterios de excelencia. En una muestra de 525 personas se pudo identificar que la reducción de los presupuestos en las empresas fue la medida más señalada por los trabajadores para enfrentar la crisis económica (MD. 3.8629, SD. 1.20), además se comprobó que las estrategias de austeridad usadas en las empresas sí tienen una percepción negativa por parte del trabajador (posibilidad de perder su empleo o tener un futuro incierto) que de alguna manera tiene un impacto negativo en el ambiente laboral.

Palabras clave: estrategias de austeridad, despido de personal, ambiente de trabajo, recursos humanos.

Key words: austerity strategies, lay-off, workplace environment, human resource.

Recibido: 10 de Octubre de 2011, **aceptado:** 16 de Noviembre de 2011

¹ Trabajo presentado en la 6ª Edición de la Cátedra Agustín Reyes Ponce y 5º Coloquio de Investigación de Cuerpos Académicos en Ciencias Económicas y Administrativas, organizado por el Consorcio de Universidades Mexicanas y la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey N.L., México, mayo de 2011.

² Departamento de Gestión Empresarial y Talento Humano, Escuela de Negocios, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, smadero@itesm.mx.

ABSTRACT

The current crisis being experienced all over the world, started in 2008, and has resulted in many companies having to adopt strategies to deal with this situation. These circumstances have allowed us to do a research in order to determine the relationship between work environment, the austerity strategies and the criteria for excellence. In a sample of 525 workers it was possible to identify that the reduction of budgets in business was far more marked by the people to tackle the crisis, (MD. 3.8629, SD. 1.20), besides we realized that the strategies used in business austerity do have a negative perception by the worker (the possibility of losing their jobs or have an uncertain future) that somehow have a negative impact on the workplace.

INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, las crisis han sido una constante para la mayoría de las economías de los países en el mundo; sin embargo, los efectos se manifiestan de diversas formas dependiendo de la interacción de distintas variables que afectan directamente los sistemas financieros de todos los países. Aún en economías de primer mundo que tienen mecanismos de control muy sofisticados y eficientes, muestran efectos que son relevantes tomar en cuenta para el desarrollo empresarial, dichos efectos de inestabilidad financiera se agudizan de alguna manera en los países del llamado Tercer Mundo (Foss, 2010).

Todo esto se debe, en gran medida, a que dichas economías son cada vez más globalizadas y dependientes, observándose un reacomodo en los sistemas financieros de todo el mundo; lo anterior genera un cambio radical en las estructuras y, por ende, en las estrategias empresariales que se diseñan en la actualidad. No es necesario tener como objetivo primordial el generar mayor utilidad y menor costo, sino también ahondar en esos aspectos fundamentales y básicos que son necesarios a tomar en cuenta en la actualidad, tales como la responsabilidad social, la calidad en todos sus aspectos, la psicología laboral, las mejores prácticas corporativas, el liderazgo efectivo y, principalmente, la administración del capital humano. La importancia de los anteriores aspectos ha tenido que ser revalorada, ya que inciden en la organización de una manera muy significativa (Schoenberg, 2005; Beaver y Hutchings, 2005; Aycan y Kabazacal, 2006; Lalonde, 2007; Salazar, Guerrero *et al.*, 2009; Purser, 2011).

Con base en lo descrito anteriormente, se tomó la decisión de llevar a cabo la presente investigación, con el fin de analizar las diversas medidas de austeridad que se adoptan en las empresas para hacer frente a la crisis financiera que se presenta actualmente, así como sus efectos en el clima laboral de la organización y en el comportamiento del capital humano, considerado por muchos el capital más valioso de la empresa, pero al mismo tiempo el más complejo y el más difícil de manejar (Aycan y Kabazacal, 2006; García, 2006; Madero, 2009; Madero y Flores, 2009).

Cabe mencionar que los resultados que se obtuvieron del presente trabajo no constituyen una receta que asegure el éxito o logren soluciones mágicas, sino que pueden ser considerados como una herramienta útil para comprender mejor el comportamiento del trabajador, sus efectos tanto positivos y negativos en la empresa y la manera de obtener un mejor rendimiento con el uso eficiente de recursos con que se cuenta para poder corresponder a la rentabilidad de la organización.

La problemática de la investigación

Las estrategias de austeridad, también conocidas como medidas anti-crisis, que se han venido adoptando en muchas empresas, se enfocan básicamente en la reducción de costos en sus diferentes dimensiones desde la perspectiva operativa o administrativa, desatendiendo de manera

preocupante el bienestar integral y la calidad de vida del trabajador, impactando directamente en los procesos de la gestión del personal, en los ingresos de los trabajadores y en su salud física y emocional, entre otras cosas (Darling y Heller, 2011).

La actual crisis económica que estamos experimentando ha llevado a las organizaciones a implementar estrategias de austeridad para solventar o mitigar el efecto de la crisis financiera. Dentro de estas medidas podemos encontrar como común denominador prácticas operativas, como la activación de paros técnicos, la reducción de gastos, la reducción en el pago de horas extras, los recortes de personal, el adelgazamiento de la estructura organizacional, la reducción de bonos, el ajuste de sueldos, la reducción de prestaciones, la suspensión de contratación de empleados temporales, entre otras más (Aycan y Kabazacal, 2006; Jiménez y Sánchez, 2006; Armstrong Stassen y Cattaneo, 2010; Keller, 2011). Se considera que estas acciones o prácticas tendrán principalmente efectos negativos en el ambiente y clima organizacional, o en las actitudes y percepciones de los trabajadores que están sujetos a dichas acciones (Lalonde, 2007; Valentine *et al.*, 2011).

La "perspectiva" que los trabajadores y directivos se forman de la organización a la que pertenecen, incluyen además de las actitudes hacia su trabajo, el sentimiento que el empleado tiene con su jefe, con sus colaboradores y compañeros de trabajo, que puede estar expresado en términos de autonomía, liderazgo, recompensas, consideración, cordialidad, apoyo, trato, apertura, etcétera (Karl *et al.*, 2005; Madero, 2009; Ng y Feldman, 2010; Kim y Rhee, 2010). Resulta de vital importancia realizar un análisis de estos aspectos debido a los constantes cambios en las economías y mercados internacionales.

Dado que actualmente no se ha generado un estudio específico del impacto que generan las medidas de austeridad en los trabajadores, particularmente en el entorno laboral mexicano, se consideró de gran relevancia realizar una investigación que genere información que pueda ser presentada a las organizaciones y a la sociedad para conocer los efectos que tuvieron en el trabajador las estrategias para enfrentar la crisis y cómo pudieran verse afectados o beneficiados por las acciones emprendidas por la empresa.

Los objetivos de la presente investigación consisten en conocer la relación existente entre la percepción que tienen los trabajadores respecto al ambiente laboral y a los criterios de excelencia organizacional en situaciones de despido, así como identificar cuáles han sido las medidas de austeridad a las que se les ha dado mayor importancia en las organizaciones para enfrentar la crisis financiera.

MATERIALES Y MÉTODOS

La definición de las variables que se utilizaron en la investigación son: 1) *la percepción del trabajador*, es decir, la percepción actual respecto a la pérdida de su empleo, al futuro inmediato que se presenta en la organización, así como a la motivación que tiene para desarrollar su trabajo ante una situación de crisis. 2) *El ambiente laboral* referente a las características que se presentan en el entorno laboral de una organización tales como la relación con los compañeros, con los jefes inmediatos, además de los procesos administrativos que hacen que las personas se sientan identificadas con la empresa (Flores *et al.*, 2009). 3) *Los criterios de excelencia* con respecto a las prácticas de recursos humanos en la organización como desarrollo de sus empleados, ambiente de trabajo, salarios, reconocimientos no monetarios y procesos de comunicación³ (Becerra, 2006). 4) *Las medidas de austeridad* para enfrentar la crisis, es decir, las medidas o acciones emprendidas por las organizaciones para mitigar de alguna manera la crisis económica, ya sea reduciendo las prestaciones, ajustando los presupuestos y recortando personal.⁴

El tipo de estudio realizado en la investigación es correlacional-explicativo, con un diseño (*ex post facto*) y un tipo de muestreo no probabilístico utilizando una muestra por conveniencia (Hernández *et al.*, 2010). Se tuvo un total de 525 personas participantes, de los cuales 263 eran hombres y 262 mujeres, siendo trabajadores de diversas empresas del sector manufacturero (65%) y de servicios (35%), ubicadas en la zona fronteriza del noroeste de México, sin tener en cuenta alguna otra característica particular, es decir, únicamente que fueran personas que estén laborando. La aplicación del instrumento

de medida fue por un periodo de 3 semanas en el mes de febrero del año 2010.

En lo que respecta a la recolección de datos, ésta se realizó a través de la aplicación de un cuestionario-encuesta de dos maneras: en formato impreso (75%) y por correo electrónico (25%).

Para el instrumento de medición se utilizaron escalas tipo Likert con enunciados que van desde (1) Totalmente en desacuerdo hasta (5) Totalmente de acuerdo, así como la escala de (1) No es importante a (5) Sí es importante.

En la versión final del instrumento de medida se incluyeron 42 reactivos divididos de la siguiente manera: 1) percepción del trabajador –4 reactivos–, 2) ambiente organizacional –10 reactivos–, 3) criterios de excelencia –11 reactivos–, 4) medidas de austeridad –11 reactivos–, y en cuanto a los datos demográficos de los encuestados, se consideraron 6 reactivos. Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SSPS versión 16 y el NCSS.

En cuanto a los participantes en la investigación, el análisis de los datos demográficos arroja que de la muestra de 525 personas, el 50% son mujeres (262) y el otro 50% son hombres (263); $\chi^2(1)=1.8325, p>.001$. En lo que respecta a la edad de los participantes destaca que el 39.4% son menores de 30 años (207), el 48.6% tiene entre 31 y 40 años (255), mientras que el 12% restante son mayores de 40 años (63), $\chi^2(2)=2.6369, p>.001$. Con respecto a la antigüedad en la empresa, el 52% tiene menos de 5 años (272), el 26% tiene entre 6 y 10 años (135) y el 22% restante tiene más de 10 años de antigüedad (118), $\chi^2(2)=5.4602, p>.001$. Por otra parte, la distribución de la muestra en cuanto a antigüedad en el puesto de trabajo, el 67% tiene menos de 5 años (350), el 22% tiene entre 6 y 10 años (117) y el 11% restante tiene más de 10 años de antigüedad (58), $\chi^2(2)=6.8371, p<.05$. Es importante mencionar que el 33.71% sí ha experimentado algún reajuste de personal, mientras que el 66.29% no ha tenido reajustes al momento de participar en la encuesta.

Para los 10 reactivos relacionados con el ambiente organizacional se realizó un análisis de confiabilidad, resultando un Alfa de cronbach de 0.8589, por lo que se decidió agruparlos en un constructo.

³ Estos criterios de excelencia se pueden encontrar en la tabla 2.

⁴ Las 11 medidas de austeridad utilizadas en la investigación se pueden observar en la tabla 4.

En lo que respecta a la percepción del trabajador ante la situación de crisis, se consideraron los aspectos desde el punto de vista negativo, tales como llegar a perder el empleo (MD 2.9067, SD 1.41) y tener un futuro incierto en la empresa (MD 2.9352, SD 1.33). Por el otro lado, aspectos positivos como sentirse motivado (MD 3.2800, SD 1.28) y creer en la misión y visión de la empresa que los motiva a permanecer en ella (MD 3.5371, SD 1.21).

RESULTADOS

Ambiente laboral y percepción del trabajador

Los resultados arrojan la existencia de una relación positiva entre las variables de ambiente laboral

con sentirse motivado $r(525)=0.3962$, $p<0.001$, así como creer en la misión y visión de la empresa $r(525)=0.4132$, $p<0.001$. Por otra parte, la relación de sentirse motivado y creer en la misión y visión de la empresa es de $r(525)=0.6181$, $p<0.001$. Es importante destacar que ante la percepción de un trabajador sobre su futuro incierto se presenta una correlación negativa con el ambiente laboral $r(525)= -0.1192$, $p<0.001$ (ver tabla 1).

Ambiente laboral y criterios de excelencia

En la tabla 2 se pueden observar los 11 criterios de excelencia analizados en la investigación.

Tabla 1. Matriz de correlación ambiente laboral y percepción del trabajador

	Perder empleo	Futuro incierto	Motivado	Cree en la organización	Ambiente organizacional
Perder empleo	1.0000				
Futuro incierto	0.5089***	1.0000			
Motivado	0.1628***		1.0000		
Cree en la organización	0.1748***		0.6181***	1.0000	
Ambiente organizacional		-0.1192**	0.3962***	0.4132***	1.0000

Niv. de sig. * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Relación de promedios de los criterios de excelencia

	Media	Desv. Est.
Salarios competitivos.	4.4571	0.98
Empresa sensible a las necesidades del trabajador.	4.0210	1.24
Presenta y promueve promociones internas en el personal.	4.0038	1.09
Accesibilidad de la alta gerencia para todo el personal.	3.9086	1.21
Programas de entrenamiento.	3.8933	1.12
Posibilidades de crecimiento y promoción.	3.8038	1.25
Sistema de compensaciones efectivo.	3.6495	1.31
Comunicación entre el personal y la gerencia.	3.6248	1.23
Reconocimiento al personal por sus logros.	3.6076	1.36
En la empresa se siente parte de una familia, un equipo de trabajo.	3.4000	1.31
Orgullo por los logros personales dentro de la organización.	3.3371	1.34

Fuente: elaboración propia.

Una vez identificados los criterios de excelencia en el manejo de personal, se procedió a realizar un análisis de correlación con los cuatro aspectos de la percepción que tienen los trabajadores ante la situación de crisis, los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 3.

Cuando se tiene una percepción negativa en el personal, los aspectos que mostraron niveles de significancia válidos fueron los salarios y la comunicación. Por el contrario, cuando se tiene el temor de perder su trabajo, pudiera llegar a existir un distanciamiento con el equipo gerencial $r(525)=-0.1024$, $p<0.001$, resaltando que su salario no es competitivo $r(525)=-0.1296$, $p<0.001$.

Ambiente laboral y medidas de austeridad

En lo que se refiere a las medidas de austeridad o medidas anti-crisis que utilizan las empresas, en la tabla 4 se pueden observar las 11 que son analizadas en la investigación.

Una vez identificados las principales medidas de austeridad que las personas han experimentado en sus centros de trabajo, se procedió a realizar un análisis de correlación con los cuatro aspectos de la percepción que tienen los trabajadores ante la situación, destacando el futuro incierto y el congelamiento en las contrataciones $r(525)=0.2077$, $p<0.001$, mientras que futuro incierto y jubilaciones anticipadas $r(525)=0.2188$, $p<0.001$.

DISCUSIÓN

Los principales criterios de excelencia en las empresas relacionados con el manejo de personal son los salarios, la sensibilidad de la empresa a las necesidades del trabajador y las oportunidades de promoción existentes, (Madero, 2009; Armstrong-Stassen y Cattaneo, 2010). Sin embargo, la accesibilidad por parte del equipo gerencial es un factor a considerar en las actividades diarias de un ejecutivo en la

Tabla 3. Matriz de correlación, criterios de excelencia y percepción del trabajador

	Perder empleo	Futuro incierto	Motivado	Cree en la organización
Salarios competitivos	-0.1296**	-0.1364**	0.1342**	0.1094*
Comunicación entre el personal y la gerencia	-0.1024*	-0.1352**	0.2482***	0.2544***
Accesibilidad de la alta gerencia		-0.1138**	0.2862***	0.3322***
Sistema de compensaciones efectivo		-0.1042*	0.1848***	0.3020***

Niv. de sig. * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Relación de promedios de las medidas de austeridad

	Media	Desv. Est.
Reducción de los presupuestos.	3.8629	1.20
Reducción de recursos.	3.8019	1.19
Paros técnicos.	3.7467	1.33
Congelamiento en las contrataciones.	3.6781	1.20
Programas de reciclado de materiales.	3.6686	1.31
Recortes de personal.	3.6076	1.32
Congelamiento de los salarios.	3.5523	1.38
Turnos rotativos.	3.5238	1.37
Austeridad en los procesos de personal.	3.4838	1.26
Disminución de prestaciones.	3.2629	1.49
Jubilaciones anticipadas.	2.9467	1.44

Fuente: elaboración propia.

actualidad. Podemos observar que ante una situación difícil o negativa, el impacto mostrado cambia, pues se puede convertir en un problema, en donde el personal así lo demuestra, (Aycan y Kabazacal, 2006). Por lo tanto, es importante buscar mejorar los procesos de comunicación para aclarar lo que pase o pueda pasar en el corto, mediano y/o largo plazo.

Ahora bien, en lo que respecta a los programas de trabajo en situaciones de crisis financieras, es importante enfocar la optimización de los recursos, tratando de minimizar el desperdicio, fortaleciendo la innovación, justificando de manera analítica todas las erogaciones realizadas, pues tarde o temprano se verán afectados los resultados, tal como lo menciona Foss (2010).

Es importante indicar que el conjunto de normas, manuales, políticas internas y valores de la empresa, tienen un rol clave en la comunicación con el personal (Valentine *et al.*, 2011), por lo que es necesario que sean difundidos de manera clara para mantener la accesibilidad de la alta gerencia con el personal.

CONCLUSIONES

Tomando como base los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

Las medidas de austeridad constituyen una pauta para que las empresas se enfoquen en la definición clara de los programas de trabajo a seguir en ambientes de crisis y cambios ocasionados por aspectos económicos, reducción de

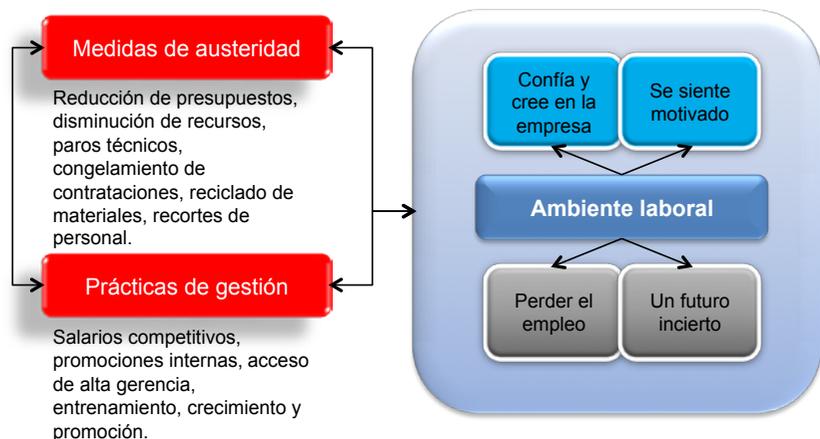
presupuestos (MD. 3.86, SD=1.20) y reducción de recursos (MD. 3.80, SD.3.19). Es decir, se debe considerar la optimización de los recursos, la revisión y atención especial en los sistemas de recompensas, así como la difusión de las políticas y normas de manera efectiva.

Las situaciones de crisis que presentan las empresas deben ser consideradas como una ventana de oportunidades al tener que revisar detenidamente el tema del uso desmedido de los recursos y analizar sus procesos internos con la finalidad de buscar la optimización y eficiencia, a través de estrategias de austeridad que mejor se adapten a su situación, tal como se observa en la tabla 4. Lo anterior permitirá afrontar la crisis con los menores efectos posibles, tomando conciencia en el uso desmedido de los recursos, evitando gastos innecesarios, operaciones y normas que no agreguen valor alguno a los productos vendidos o servicios prestados.

En el futuro se pretende seguir profundizando en la presente investigación para analizar el comportamiento regional con el resto del país, considerando otras muestras y sectores con la finalidad de buscar un mayor alcance y aporte en los resultados.

Resulta relevante agrupar los criterios de excelencia para el manejo de personal, con el objetivo de identificar constructos relacionados con mejores prácticas en recursos humanos; asimismo, se recomienda integrar otras funciones tales como factores de atracción y retención, esquemas de seguridad industrial, uso de la tecnología, diversidad de personal y brechas generacionales, para lograr un mejor aporte sectorial.

La crisis económica actual ha llevado a las organizaciones a implementar distintas estrategias para solventar o mitigar sus efectos, afectando principalmente al recurso humano. De alguna manera, las medidas de austeridad empleadas por la alta gerencia en las empresas, en conjunto con las prácticas de excelencia relacionadas con la función de recursos humanos, impactan positiva y negativamente en el ambiente laboral, teniendo varios impactos en el trabajador.



LITERATURA CITADA

- ARMSTRONG STASSEN, M.; CATTANEO, J., The effect of downsizing on organizational practices targeting older workers. *The Journal of Management Development*. 29(4): pp. 344-363, 2010.
- AYCAN, Z.; KABAZACAL, H., Social Contract and Perceived Justice of Workplace practices to Cope with Financial Crisis. *Group and Organizational Management*. 31(4): pp. 469-502, 2006.
- BEAVER, G.; HUTCHINGS, K., Training and developing an age diverse workforce in SMEs: The need for a strategic approach. *Education & Training*. 47(8): pp. 592-604, 2005.
- BECERRA, I., Correlación y efecto entre prácticas organizacionales y actitudes del trabajador mexicano en la industria de las telecomunicaciones. Tesis no publicada, 2006.
- DARLING, J.; HELLER, V., The Key for Effective Stress Management: Importance of Responsive Leadership in Organizational Development. *Organization Development Journal*. 29(1): pp. 9-26, 2011.
- FLORES, R.; MADERO, S.; GÓMEZ, J., Abuso de poder jerárquico y consecuencias en el trabajador. *Ciencias Administrativas. Teoría y Praxis*. 1(5): pp. 63-86, 2009.
- FOSS, K., How do economic crises impact firm boundaries? *European Management Review*. 7(4): pp. 217-227, 2010.
- GARCÍA, O., La compensación financiera: una medida del valor del trabajador. *Pensamiento & Gestión*. 21: pp. 182-233, 2006.
- HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, L., *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw-Hill, 2010.
- JIMÉNEZ, C.; SÁNCHEZ, J., Impacto psicosocial del downsizing sobre los trabajadores. *Revista de Psicología del trabajo y de las organizaciones*. 22(1): pp. 5-24, 2006.
- KARL, K.; PELUCHETTE, J.; HALL, I.; HARLAND, L., Attitudes Toward Workplace Fun: A Three Sector Comparison. *Journal of Leadership & Organizational Studies*. 12(2): pp. 1-17, 2005.
- KELLER, G.F., Comparing the Affects of Management Practices on Organizational Performance Between For-Profit and Not-For-Profit Corporations in Southeast Wisconsin. *Journal of Business & Economics Research*. 9(3): pp. 29-37, 2011.
- KIM, Y.; RHEE, M., The Contingent Effect of Social Networks on Organizational Commitment: A Comparison of Instrumental and Expressive Ties in a Multinational High-Technology Company. *Sociological Perspectives*. 53(4): pp. 479-502, 2010.
- LALONDE, C., Crisis Management and Organizational Development: Towards the Conception of a Learning Model in Crisis Management. *Organization Development Journal*. 25(1): pp. 17-26, 2007.
- MADERO, S., Factores de atracción y retención del mercado laboral, para empleados potenciales. *Economía, Gestión y Desarrollo*. 7: pp. 131-147, 2009.
- MADERO, S.; FLORES, R., Predictores no financieros del compromiso de continuidad: Un estudio cuasi-experimental. *Revista Investigación Administrativa*. 103: pp. 7-20, 2009.
- Ng, T.; FELDMAN, D., The Relationships of Age with Job Attitudes: a Meta-Analysis. *Personnel Psychology*. 63(3): pp. 677-718, 2010.
- PURSER, R., Developing Awareness of Time in Organizational Change. *Organization Development Journal*. 29(1): pp. 45-62, 2011.
- SALAZAR, J.; GUERRERO, J.; MACHADO, Y.; CAÑEDO, R., Clima y cultura organizacional: dos componentes esenciales en la productividad laboral. *ACIMED*. 20(4): 2009. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352009001000004&lng=en&nrm=iso&ignore=.html, revisado el 27 de abril de 2011.
- SCHOENBERG, A., Do Crisis Plans Matter? A New Perspective on Leading During a Crisis. *Public Relations Quarterly*. 50(1), pp. 2-6, 2005.
- VALENTINE, S.; GODKIN, I.; FLEISCHMAN, G.M.; KIDWELL, R., Corporate Ethical Values, Group Creativity, Job Satisfaction and Turnover Intention: The Impact of Work Context on Work Response. *Journal of Business Ethics*. 98(3): pp. 353-37, 2011.

Sobre una versión categórica de un criterio de proyectividad generalizada para módulos sobre dominios

On a categorical version of a generalized projectivity criterion for modules over domains

Jorge Eduardo Macías Díaz¹

Artículo de revisión

Macías Díaz, J. E., Sobre una versión categórica de un criterio de proyectividad generalizada para módulos sobre dominios, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 56-60, 2011.

RESUMEN

En el presente trabajo se establece una generalización del Criterio de Hill a categorías M de módulos sin torsión, que son cerradas con respecto a sumas directas, y en las que cada objeto puede ser descompuesto como la suma directa de módulos en M de rango menor o igual a un número cardinal límite fijo κ . El resultado principal de esta nota estipula que un módulo M pertenece a la categoría M si es la unión de una cadena ascendente, bien ordenada y continua de longitud κ , que consiste de objetos de M , que son puros en M .

ABSTRACT

In this work, we establish a generalization of Hill's Criterion of freeness of abelian group theory, to categories M of torsion-free modules over integral domains, which are closed with respect to the formation of direct sums, and in which every member can be decomposed into direct sums of modules of M of rank at most a fix limit cardinal number κ . Our main result states that a module

Palabras claves: categorías de módulos, cadenas ascendentes de módulos, módulos sin torsión, Criterio de Hill, submódulos puros, dominios enteros.

Key words: module categories, ascending chains of modules, torsion-free modules, Hill's Criterion, pure submodules, integral domains.

Recibido: 10 de Diciembre de 2010, aceptado: 14 de Junio de 2011

¹ Departamento de Matemáticas y Física, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, jemacias@correo.uaa.mx.

belongs to M if it is the union of a continuous, well-ordered, ascending chain of length κ , consisting of pure submodules which belong in .

INTRODUCCIÓN

El punto de partida de la presente nota es el Teorema de Hill para la identificación de grupos abelianos libres, el cual enuncia que un grupo conmutativo G es libre si es la unión de una sucesión ascendente de subgrupos de G , en la que cada uno de los subgrupos es libre y puro en G (ver Fuchs, 1973 o Hill, 1970 para mayores detalles); aquí, decimos que un subgrupo de un grupo es *puro* si todo sistema de ecuaciones en el subgrupo con coeficientes en los enteros es soluble en el subgrupo cuando sea soluble en el grupo. Históricamente, el Criterio de Hill generaliza el Teorema de Pontryagin –el cual es válido para grupos de cardinalidad contable (Pontryagin, 1934)– y proporciona una herramienta muy útil para determinar si un grupo abeliano posee la estructura simple de un grupo libre. Naturalmente, surge la pregunta de si dicho resultado puede ser extendido a la condición de libertad de módulos sobre dominios.

Hay que afirmar que, en fechas recientes, los avances en materia de Álgebra abstracta y Teoría de Conjuntos han permitido extender el Criterio de Hill a varias propiedades de módulos que generalizan la condición de libertad. Más precisamente, la Teoría de Módulos sobre dominios enteros ha sido el escenario principal en donde se han presentado las generalizaciones más relevantes del Teorema de Hill. Por ejemplo, dicho resultado ha encontrado extensiones para mó-

dulos proyectivos (Macías Díaz, 2010), módulos completamente factorizables y módulos separables (Fuchs y Macías Díaz, 2010), módulos proyectivos balanceados (Macías Díaz, 2011a), módulos que son isomorfos a sumas directas de ideales de dominios de Prüfer h -locales (Macías Díaz, 2011b) y módulos de Butler (Rangaswamy, 1998).

En vista de la amplia gama de generalizaciones del Criterio de Hill a condiciones generalizadas de libertad de módulos, una nueva pregunta surge respecto a la Teoría de Categorías: ¿es posible proporcionar una generalización ulterior del Criterio de Hill que englobe, digamos, aquellos teoremas concernientes a las condiciones de libertad, proyectividad, factorizabilidad completa y separabilidad de módulos? Más precisamente, ¿es posible encontrar condiciones categóricas para subcategorías completas de la categoría de todos los módulos, en donde se satisfaga la cerradura bajo uniones de sucesiones ascendentes de submódulos puros?

La respuesta a esta interrogante será proporcionada en este trabajo, el cual está seccionado de la siguiente forma: primero se presentarán algunos conceptos y resultados preliminares sobre el tema central de nuestra discusión, es decir, las κ -categorías; también se introducirán los conceptos de pureza de módulos y de categorías proyectivas, y se enunciará el resultado principal. Después citaremos algunos resultados técnicos de suma utilidad en esta investigación, mientras que el penúltimo apartado proporcionará un bosquejo de la demostración del resultado principal de este trabajo; asimismo, se facilitarán algunas consecuencias relevantes para nuestros propósitos. Finalmente, se añade una sección de conclusiones y discusiones sobre el tema de investigación.

Preliminares

En esta breve nota, supondremos siempre que R representa un dominio entero (esto es, un anillo conmutativo, con identidad para la multiplicación y sin divisores de cero), y supondremos que κ es un número cardinal infinito arbitrario. En todo momento, el lector puede remitirse a Fuchs y Salce (2001) para aclaraciones sobre la terminología estándar, así como los resultados elementales sobre la Teoría de Módulos que serán empleados.

En este contexto, una κ -categoría es una categoría completa M de módulos sin torsión, la cual es cerrada con respecto a la formación de sumas directas, y en la que cada objeto puede ser expresado como la suma directa de módulos en M de rango menor o igual a κ . Un famoso resultado de I. Kaplansky (1968) –a saber, que todo sumando directo de un módulo que es la suma directa de módulos de rango contable, es también una suma directa de módulos de rango contable– proporciona una amplia gama de \aleph_0 -categorías, como lo demuestra el siguiente ejemplo.

Ejemplo 1. *Todas las siguientes clases de R -módulos forman \aleph_0 -categorías en virtud de la versión del Teorema de Kaplansky para el rango (ver Theorem 1 en Kaplansky, 1968): los módulos libres, los módulos proyectivos, los módulos completamente factorizables, los módulos proyectivos balanceados y las sumas directas de ideales de R .*

Sea N un submódulo del R -módulo M . Recuérdese que N es puro en M si cada sistema de ecuaciones en N con coeficientes en R tiene solución en N siempre que tenga solución en M . Esta definición es, evidentemente, una generalización del concepto de pureza de la Teoría de Grupos Abelianos; además, todo submódulo N de M es relativamente divisible en M , es decir, toda ecuación de la forma $rx = a$, con a perteneciente a N y r en R , es soluble en N siempre que es soluble en M . Como ejemplo, todo sumando directo es tanto un submódulo puro como un submódulo relativamente divisible. El lector podrá encontrar más propiedades sobre pureza y divisibilidad relativa en las Secciones 1.7 e 1.8 de Fuchs y Salce (2001).

El siguiente es el resultado más relevante de esta nota:

Teorema 1. *Sea M una κ -categoría. Un módulo sin torsión M pertenece a M si existe una cadena ascendente, bien ordenada y continua.*

(1) $0 = M_0 < M_1 < \dots < M_\nu < \dots (\nu < \kappa)$
de submódulos de M , tales que:

- a) cada M_ν es puro en $M_{\nu+1}$,
- b) cada M_ν pertenece a M , y
- c) M es la unión de los módulos de la cadena (1).

Aquí es menester recordar que una cadena (1) es continua si M_ν es la unión de sus predecesores, para cada ordinal límite $\nu < \kappa$.

Como consecuencia, las κ -categorías son cerradas bajo la formación de uniones de cadenas ascendentes, bien ordenadas y continuas de longitud menor o igual a κ , en las que cada objeto es puro en su sucesor. Como se verá oportunamente, esta propiedad de las κ -categorías es válida en las categorías denominadas 'categorías proyectivas', las cuales se introducirán a continuación.

Si M es una κ -categoría, su categoría proyectiva asociada es la subcategoría completa M^p de la categoría de R -módulos, cuyos objetos son todos los sumandos directos de módulos en M . Evidentemente, la categoría proyectiva de una κ -categoría M es cerrada bajo la formación de sumas directas, y es una supercategoría de M . Ambos conceptos, el de κ -categoría y el de categoría proyectiva, son términos nuevos, empleados en este trabajo para propósitos de simplificación y comodidad.

Lemas

En esta breve sección se tomarán algunos resultados técnicos de la literatura especializada, los cuales serán útiles en la demostración del resultado principal. Los conceptos teóricos de la Teoría de Conjuntos pueden ser revisados en cualquier libro de texto de la materia, como por ejemplo, Jech (2003).

Lema 3. *Un módulo M pertenece a la κ -categoría M si existe una cadena ascendente, bien ordenada y continua.*

(2) $0 = N_0 < N_1 < \dots < N_\rho < N_{\rho+1} < \dots$ ($\rho < \sigma$)
de submódulos de M , tal que:

- a) cada N_ρ es un sumando directo de $N_{\rho+1}$,
- b) cada módulo factor $N_{\rho+1}/N_\rho$ pertenece a M , y
- c) M es la unión de los módulos de la cadena (2).

Demostración. El módulo M es la suma directa de todos los módulos factores $N_{\rho+1}/N_\rho$. En consecuencia, M es un objeto de M .

Recuerde que una $G(\kappa)^*$ -familia de un módulo M es un conjunto B de submódulos de M con las siguientes propiedades:

1. 0 y M pertenecen a B ,
2. B es cerrado con respecto a la unión de cadenas ascendentes, y
3. para cada subconjunto H de M de cardinalidad a lo más κ y para cada miembro A_0 de B existe un miembro A de B que contiene tanto a H como a A_0 , tal que A/A_0 tiene rango menor o igual a κ .

Todo módulo M en una κ -categoría M tiene una $G(\kappa)^*$ -familia que consiste de submódulos puros que pertenecen a M , a saber, la colección de sumas directas parciales en una descomposición fija de M como una suma directa de objetos de M de rango menor o igual a κ .

Los siguientes lemas son cruciales en este estudio. Remítase a la Sección XVI de Fuchs y Salce (2001) para las demostraciones.

Lema 4. *Sea M un R -módulo sin torsión, para el cual existe una cadena ascendente, bien ordenada y continua (1) de submódulos que satisfacen las siguientes propiedades:*

- a) cada M_ν es puro en $M_{\nu+1}$,
- b) cada M_ν posee una $G(\kappa)^*$ -familia B_ν que consiste de submódulos puros, y
- c) M es la unión de los módulos de la cadena (1).

Entonces, existe una cadena ascendente, bien ordenada y continua

(3) $0 = A_0 < A_1 < \dots < A_\alpha < \dots$ ($\alpha < \tau$)
de submódulos de M , tal que

- a) para cada $\alpha < \tau$, A_α es puro en $A_{\alpha+1}$,
- b) para cada $\alpha < \tau$ y cada $\nu < \kappa$, $A_\alpha \cap M_\nu$ pertenece a B_ν ,
- c) para cada $\alpha < \tau$, el módulo factor $A_{\alpha+1}/A_\alpha$ tiene rango menor o igual a κ ,
- d) para cada $\alpha < \tau$ y cada $\nu < \kappa$, $(A_\alpha \cap M_{\nu+1}) + (A_{\alpha+1} \cap M_\nu)$ pertenece a $B_{\nu+1}$, y
- e) M es la unión de los módulos de la cadena (3).

Siguiendo la notación de este lema, la colección bien ordenada bajo inclusión, de los módulos $A_\alpha + (A_{\alpha+1} \cap M_\nu)$, con $\alpha < \tau$ y $\nu < \kappa$, son los módulos N_ρ en el siguiente resultado.

Lema 5. *Sea M un R -módulo sin torsión, para el que existe una cadena ascendente, bien ordenada y continua (1) de submódulos, que satisfacen las*

propiedades (a), (b) y (c) del Lema 4. Entonces, existe una cadena ascendente, bien ordenada y continua (2) de submódulos de M , tal que:

- cada N_ρ es puro en $N_{\rho+1}$,
- cada módulo factor $N_{\rho+1}/N_\rho$ tiene rango menor o igual a κ ,
- cada módulo factor $N_{\rho+1}/N_\rho$ es isomorfo a un módulo factor A/B , donde A y B pertenecen a alguna familia B_v , y B es submódulo de A , y
- M es la unión de los módulos en la cadena (2).

Demostración y consecuencias

Por comodidad, se reproduce a continuación el resultado principal de este trabajo.

Teorema. Sea M una κ -categoría. Un módulo sin torsión M pertenece a M si existe una cadena ascendente, bien ordenada y continua.

$0 = M_0 < M_1 < \dots < M_v < \dots$ ($v < \kappa$)
de submódulos de M , tales que:

- cada M_v es puro en M_{v+1} ,
- cada M_v pertenece a M , y
- M es la unión de los módulos de la cadena (1).

Demostración. Para cada $v < \kappa$, sea B_v la $G(\kappa)$ -familia de todas las sumas directas parciales en una descomposición fija de M_v como una suma directa de módulos en M , de rango menor o igual a κ . Cada B_v es una familia de submódulos puros de M_v . Por los Lemas 4 y 5 existe una cadena ascendente, bien ordenada y continua (3) de submódulos de M , que satisfacen las siguientes propiedades, para cada $\alpha < \tau$ y cada $v < \kappa$:

- $A_\alpha \cap M_v$ pertenece a B_v ,
- $(A_\alpha \cap M_{v+1}) + (A_{\alpha+1} \cap M_v)$ pertenece a B_{v+1} , y
- $[A_\alpha + (A_{\alpha+1} \cap M_{v+1})] / [A_\alpha + (A_{\alpha+1} \cap M_v)]$ es isomorfo a $(A_{\alpha+1} \cap M_{v+1}) / [(A_\alpha \cap M_{v+1}) + (A_{\alpha+1} \cap M_v)]$.
- Adicionalmente, M es la unión de los módulos A_α , con $\alpha < \tau$.

Como consecuencia, el módulo $A_\alpha + (A_{\alpha+1} \cap M_{v+1})$ es isomorfo a la suma directa de los módulos $A_\alpha + (A_{\alpha+1} \cap M_v)$ y $[A_\alpha + (A_{\alpha+1} \cap M_{v+1})] / [A_\alpha + (A_{\alpha+1} \cap M_v)]$. De la observación que precede al Lema 5, los módulos $A_\alpha + (A_{\alpha+1} \cap M_v)$, bien ordenados bajo la relación de inclusión, forman una cadena ascendente

y continua (2) que satisface las propiedades del Lema 5. Particularmente, (2) es una cadena de submódulos de M que satisface las hipótesis del Lema 3, de donde se sigue la conclusión del teorema.

Nuestro siguiente resultado es válido si \wp denota cualquiera de las siguientes categorías completas de R -módulos: módulos libres, módulos completamente factorizables, y módulos que son (salvo isomorfismo) sumas directas de ideales de R . Su demostración es una consecuencia inmediata del teorema anterior.

Corolario 7. Un R -módulo P pertenece a \wp si existe una sucesión ascendente

(4) $0 = P_0 < P_1 < \dots < P_n < \dots$ ($n < \omega$)
de submódulos de P , tal que

- cada P_n es puro en P_{n+1} ,
- cada P_n pertenece a \wp , y
- P es la unión de los módulos de la sucesión (4).

Nuestro último resultado es una generalización de la versión del rango del Teorema de Kaplansky. Su demostración también es inmediata.

Corolario 8. La categoría proyectiva asociada a una κ -categoría es una κ -categoría.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El Teorema 1 de esta nota generaliza las versiones conocidas hasta el momento del Teorema de Hill para condiciones de proyectividad generalizada de módulos sobre dominios enteros. Evidentemente, la pregunta de si dicho resultado, así como los resultados particulares que motivaron este estudio –es decir, Fuchs y Macías Díaz (2010), Macías Díaz (2010, 2011a, 2011b)– pueden ser generalizados para módulos sobre anillos no necesariamente conmutativos, es un tema de investigación que queda abierto aún. La idea de explotar tal brecha de estudio es atractiva; sin embargo, el reto es por demás interesante, en vista de que las técnicas que se tendrían que emplear serían completamente distintas para el caso no conmutativo.

Finalmente, es interesante hacer notar que el resultado principal presentado en este trabajo, efectivamente, generaliza todos los trabajos anteriores. Particularmente, es interesante men-

cionar que el presente trabajo prescinde de hipótesis irrelevantes usadas, por ejemplo, en Fuchs y Macías Díaz (2010), Macías Díaz (2010, 2011b) y Rangaswamy (1998). Adicionalmente, el teorema principal de este trabajo es una generalización

genuina del resultado principal propuesto en Macías Díaz (2011), en el cual se emplea una técnica similar para el estudio de la propiedad de proyectividad balanceada.

LITERATURA CITADA

- FUCHS, L., *Infinite Abelian Groups Vol 2*. Estados Unidos de América: Academic Press, 1973.
- FUCHS, L.; MACÍAS DÍAZ, J.E., On completely decomposable and separable modules over Prüfer domains. *Journal of Commutative Algebra*. 2: 159-176, 2010.
- FUCHS, L.; SALCE, L., *Modules over Non-Noetherian Domains*. Estados Unidos de América: American Mathematical Society, 2001.
- HILL, P., On the freeness of abelian groups. *Bulletin of the American Mathematical Society*. 76: 1118-1120, 1970.
- JECH, T., *Set Theory*. Alemania: Springer-Verlag, 2003.
- KAPLANSKY, I., Projective modules. *Annals of Mathematics*. 68: 372-377, 1968.
- MACÍAS DÍAZ, J.E., A generalization of the Pontryagin-Hill theorems to projective modules over Prüfer domains. *Pacific Journal of Mathematics*. 246: 391-405, 2010.
- MACÍAS DÍAZ, J.E., On some criteria for the balanced-projectivity of modules over integral domains. *International Journal of Algebra*. 5: 57-64, 2011a.
- MACÍAS DÍAZ, J.E., On the union of ascending chains of direct sums of ideals of h -local Prüfer domains, *Algebra Colloquium*. 18: 1-8, 2011b.
- PONTRYAGIN, L., The theory of topological commutative groups. *Annals of Mathematics*. 35: 361-388, 1934.
- RANGASWAMY, K.M., A criterion for complete decomposability and Butler modules over valuation domains. *Journal of Algebra*. 205: 105-118, 1998.

Física, cultura y sociedad en el contexto europeo de principios del siglo XX

Physics, culture and society in the early 20th century European context

Ricardo Guzmán Díaz,¹ José Antonio Cervera Jiménez²

Artículo de revisión

Guzmán Díaz, R.; Cervera Jiménez, J. A., Física, cultura y sociedad en el contexto europeo de principios del siglo XX, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 53, 61-68, 2011.

RESUMEN

El objetivo del presente artículo es mostrar el carácter dinámico y complejo de la física en un momento de enorme trascendencia histórica para esta disciplina científica, que podemos identificar con los inicios del siglo XX. A lo largo del artículo ofreceremos diversos elementos de análisis que nos hablan del cambio revolucionario de una disciplina científica, como la física, con sus propias crisis internas, pero también inmersa en un determinado clima cultural e intelectual y una serie de restricciones socioeconómicas que le imponían nuevos derroteros.

ABSTRACT

The aim of this article is to show the complex and dynamic nature of physics, in a moment of huge historical significance for the scientific discipline that can be identified with the beginning of the twentieth century. Throughout the article, we offer different elements of analysis which talk about the revolutionary change of a scientific discipline, such as physics, with its own internal crises,

Palabras clave: física, mecánica cuántica, revolución científica, cambio cultural, civilización, historia de la física.

Key words: physics, quantum mechanics, scientific revolution, cultural change, civilization, history of physics.

Recibido: 11 de Octubre de 2010, aceptado: 1 de Junio de 2011

¹ Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computacional, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey, rguzman@itesm.mx.

² Departamento de Filosofía y Ética, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey, j.a.cervera@itesm.mx.

but also immersed in a cultural and intellectual climate and a number of socio-economic restrictions that imposed new directions.

INTRODUCCIÓN

A caballo, entre los siglos XIX y XX, nuevos y sorprendentes desafíos estaban surgiendo en la física. Encontramos, entre otros, el problema de la interacción entre materia y radiación –particularmente el asunto de la radiación de cuerpo negro–, el rompecabezas de los espectros atómicos y moleculares, la teoría del electrón, los rayos X, los fenómenos de radiactividad natural, etc. Estos nuevos fenómenos, aunados al contexto intelectual, cultural, social y político del momento, fueron el caldo de cultivo de una revolución donde la física sufriría una transformación tan o más radical y significativa que la que había ocurrido con científicos como Galileo y Newton, y con la que se develaría una nueva forma de entender el mundo y de actuar sobre él, inaugurando nuevas formas de relación más estrechas entre la ciencia y la tecnología.

A principios del siglo XX se habían desarrollado diversos esquemas conceptuales, entre los cuales existían una serie de tensiones, oposiciones e incompatibilidades. Podemos identificar tres formas explicativas en la física que se desarrollaron a lo largo del siglo XIX: la mecánica, el electromagnetismo y la termodinámica; cada uno de ellas contó con sus promotores y sus detractores. Probablemente, el paradigma más fundamental fue el de la mecánica. Para algunos científicos, siendo el caso más conocido el de William Thom-

son (lord Kelvin), la inteligibilidad de un fenómeno dependía de la posibilidad de describirlo en términos mecánicos (Harman, 1990: 179-181; Lindley, 2001). Sin embargo, a finales de la centuria decimonónica, eso se tradujo en una limitación que tuvo que superarse para poder lograr nuevos resultados y nuevos esquemas de comprensión. Obviamente, esa superación no se dio de la noche a la mañana, sino que se produjo lentamente en el transcurso de las tres últimas décadas de ese siglo.

El fundamento del programa de explicación mecánica de la física partía de considerar la existencia de partículas de materia en movimiento, como el substrato que yacía bajo la realidad física. Habría un espacio y tiempo absolutos a manera de escenario donde estarían depositadas las partículas materiales, las cuales interactuarían entre sí de acuerdo con ciertas leyes que el hombre ha ido descubriendo. Esas leyes, descritas fundamentalmente en términos de ecuaciones diferenciales, y las condiciones iniciales de las partículas, permitían predecir su posición y velocidad futuras; el mundo era determinista y continuo. Por supuesto que es necesario hacer algunas distinciones, pues los físicos usaban la explicación mecánica de diversas maneras. En un primer sentido, los fenómenos físicos se explicaban, como dijimos, en términos de partículas a las cuales se les podía rastrear su movimiento continuo en el espacio conociendo las fuerzas que interactuaban entre ellas. Por otro lado, la explicación mecánica podía implicar la descripción de modelos hipotéticos que incluían ruedas,

resortes, engranes y demás componentes mecánicos para la representación de los fenómenos. Por último, se recurría al formalismo matemático abstracto de la dinámica (Harman, 1990: 22-23).

Otro criterio de inteligibilidad muy socorrido era el de la causalidad. Laplace, a finales del siglo XVIII, se vanagloriaba de poder predecir el futuro del mundo conociendo las condiciones actuales y las leyes físicas.³ En principio, dejando a un lado las dificultades de cálculo matemático, el mundo físico estaría completamente predeterminado.⁴ Este sentido fuerte de causalidad se iría diluyendo, primero con la introducción del análisis estadístico (Sklar, 1993: 128-153) y, posteriormente, con el abandono del paradigma mecánico clásico en la nueva física.

Si consideramos como 'física clásica' aquella que describe al mundo inanimado regido por las leyes mecánicas de Newton, las del electromagnetismo de Maxwell y las de la termodinámica, veremos que es una imagen suficientemente adecuada para la comprensión de muchos de los fenómenos físicos encontrados en la vida diaria y que además permitió el desarrollo de una incipiente industria tecnológica. Sin embargo, una inspección más cercana mostraría las incapacidades de la física clásica. No explica, por ejemplo, por qué brilla el sol, por qué algunas sustancias son buenas conductoras de la electricidad en tanto que otras son aislantes, etc. (Pais, 1991: 66). Sin embargo, la mayoría de los físicos de finales del siglo XIX albergaban la esperanza de que a la explicación física del mundo, basada en la mecánica, la termodinámica y el electromagnetismo, sólo le faltasen retoques y detalles menores y se llegara así a la culminación de la ciencia en donde se agotaría el conocimiento de la naturaleza, donde ya no habría nada más que conocer. Quienes así pensaban, se encontraban verdaderamente lejos de la verdad y no imaginaban la revolución que se avecinaba. Lejos de que esto sucediera, se empezó a acumular el conocimiento de nuevos fenómenos que no cabían en el contexto de los esquemas teóricos de la física conocida y que fueron haciendo evidente el hecho de que el edificio de la física clásica se tambaleaba.

Los últimos años del siglo XIX se vieron marcados por nuevos y sorprendentes descubrimientos experimentales que representarían un gran desafío para lograr hacerlos encajar en un marco teórico. En 1895, en el contexto de la experi-

³ Esta concepción laplaciana está asociada, por supuesto, a una idea de causa y efecto en el tiempo. Dado un corte transversal de todo cuanto existe en un instante de tiempo, se tendría la posibilidad de conocer las condiciones de un estado posterior (el efecto) o anterior (la causa). Es la eliminación de todas las causas aristotélicas, con excepción de la causa eficiente, siendo ésta la sobreviviente de una forma racional de mirar al mundo que utiliza dichos esquemas causales como "guía de observación y experimentación" (Ferreiros y Ordóñez, 2002: 56-57). Se trata de una forma utilitaria del conocimiento, pues en ella se basa la posibilidad de predecir y, por lo tanto, de controlar.

⁴ En realidad esta forma de causalidad usada por las ciencias físicas –a que hacemos referencia aquí– es la que lleva al determinismo estricto, pero dentro de la visión científica del mundo han existido concepciones distintas de causalidad. Por un lado, hay versiones más débiles, por ejemplo, aquella que entiende la causalidad simplemente como noción de obediencia a leyes. Pero por otro lado se llegaron a usar, incluso, sentidos más fuertes de la causalidad, por ejemplo, la conformidad a leyes mecánicas, a la visualización espacio-temporal, a la acción por contacto, a la descripción por medio de ecuaciones diferenciales, etc. (Forman, 1984: 107-108).

mentación con descargas eléctricas en tubos al vacío, se había reportado la existencia de una nueva forma de radiación muy penetrante, los rayos X, cuya naturaleza resultaba problemática (Röntgen, 1895). Por otro lado, se confirmaba en 1897 el carácter corpuscular de los rayos catódicos (Thomson, 1897). En 1896, se mostraba la existencia de otras formas de radiación emitidas por sales de uranio (Becquerel, 1896). En fin, se abría para los científicos un abanico de nuevos efectos que tarde o temprano tendrían que ser explicados teóricamente, lo cual ciertamente no sucedería dentro de las fronteras de la física clásica, pues exigiría la necesidad de un rompimiento con sus esquemas.

La física como fuerza civilizadora

La ciencia, y en particular la física, ha sido a través de los tiempos una gran aventura intelectual por sí misma, pero a la vez ha influido y se ha alimentado de su entorno cultural, filosófico, económico, político y social. Esto es particularmente cierto en relación con la transición que experimentó la física a finales del siglo XIX y principios del XX, siendo este proceso de cambio sólo parte de una revolución más general en el pensamiento humano y en la cultura que incluyó todo tipo de esfuerzo intelectual. Esta amplia revolución intelectual caracterizó a esta época de cambio de siglo y significó toda una nueva actitud hacia la vida y el conocimiento. Así, el desarrollo de la nueva física, en sus planteamientos conceptuales, en sus métodos y hasta en sus objetivos mismos, se vio influenciado por las nuevas necesidades y exigencias del entorno social, y los logros científicos resultantes mostraron su importancia al trascender hacia otras esferas, "condicionando universos como los de la política, la industria y la economía" (Sánchez, 2001: 9), convirtiéndose así esta ciencia en verdadera fuerza civilizadora.

Fin de siglo: una revolución intelectual

El racionalismo que había regido la mayor parte del siglo XIX llegó a un momento de crisis al finalizar la centuria. Los avances científicos habían contribuido a la defensa del determinismo, el positivismo y el mecanicismo,⁵ pero nuevas posiciones a favor de un nuevo espíritu que reconociera la intuición, la libertad, el pensamiento especulativo y la espontaneidad surgían por doquier. En medio de este clima cultural e intelectual, aunado a sus propias crisis internas, la física sufrió sacudidas donde su identificación con una u otra posición filosófica fueron parte de su propia evolución. Los físicos que vivieron en carne propia esos procesos de cambio tuvieron que vivir en medio de la incertidumbre que eso implicaba.

Esta crisis intelectual generalizada adquirió mayor notoriedad en los años noventa, y para describirla se han utilizado diferentes denominaciones que la caracterizan sólo de modo parcial. 'Irracionalismo', 'neorromanticismo', 'neomisticismo', 'antiintelectualismo' son términos que, como señala Stuart Hughes (1977: 33-66), representan sólo parcialmente esos nuevos movimientos, y se utilizan para intentar expresar el desprecio que esas corrientes mostraron por la mentalidad racionalista y objetivista y su deseo de volver a la senda de la imaginación y el subjetivismo. Sin embargo, dichas denominaciones no son del todo acertadas en cuanto que sugieren un alejamiento del pensamiento ilustrado, siendo que eso no corresponde a los esfuerzos intelectuales, pues los impulsores del nuevo pensamiento en realidad buscaban no una retirada de la racionalidad, sino, en todo caso, nuevas sendas de la misma.⁶

Particularmente, Carl Schorske (1981) analiza el clima cultural que prevalecía en la Viena de cambio de siglo. Según este autor, el sueño de la sociedad racional guiada por la ciencia se venía desmoronando y surgían nuevas motivaciones hacia lo oculto y un rechazo de los valores y significados del pasado. Esta coyuntura intelectual llevaría, según Schorske, a una transformación del 'hombre racional', como dueño de sí mismo y con el dominio científico y moral de la naturaleza y de la sociedad, hacia el 'hombre psicológico', mucho más limitado y sujeto a fuerzas fuera de su

⁵ Anteriormente, nos hemos referido a la mecánica como uno de los paradigmas explicativos de la física clásica. Aquí usamos la expresión "mecanicismo" como una extensión en el sentido de aquella doctrina según la cual toda realidad natural tiene una estructura semejante a la de una máquina y puede explicarse mecánicamente.

⁶ Hughes menciona a pensadores de la talla de Nietzsche, Durkheim y Freud.

control.⁷ Esto conduciría a expresiones artísticas peculiares que se alejarían de una descripción directa e intuitiva de la realidad, reflejando el nuevo papel de la imaginación y la subjetividad. Y dado que la ciencia es tanto un producto de la época en que se produce, como un conformador de la misma (Purrington, 1997: 173), no sería muy arriesgado decir que muy probablemente no sea casualidad que en la ciencia, y en la física más específicamente, se siguieran caminos que también se alejarían de ese tipo de percepción objetiva y material y que llevarían hacia un camino progresivo de abstracción física, sobre todo cuando los nuevos objetos de estudio de esa ciencia se encontraban en la escala microscópica, alejándose así cada vez más de la experiencia sensible e inmediata. De esta manera, se entraba en la representación de un mundo de entidades que no se ven, llevando esto a que el factor 'imaginación' tomara una nueva dimensión e importancia.

Ahora bien, lo dicho anteriormente está planteado sólo a manera de contexto general en el ámbito cultural e intelectual. Pero para

estudiar con mayor precisión los contactos de este contexto hacia y desde la física deberemos referirnos más específicamente, aunque sea de manera sucinta, a la lucha entre planteamientos filosóficos y epistemológicos que caracterizaron a esta ciencia en el periodo de transición a que hemos hecho alusión, pues, hay que decirlo, en esta época la inclinación filosófica de los científicos tenía mucha mayor influencia que en la actualidad, debido a la forma en que estas personas eran educadas, especialmente en Alemania, pero también en otras latitudes (Holton, 1998: 164).⁸

En 1884, William Thomson (lord Kelvin) dictó una serie de conferencias en la Universidad Johns Hopkins en Baltimore que resumían la imagen mecánica del Universo. En una de ellas explicaba que la pregunta '¿entendemos o no un tema particular en física?' era equivalente a la pregunta '¿podemos construir un modelo mecánico de eso?' (citado en Thompson, 1976: 830). Otros, entre ellos Helmholtz y Poincaré, apuntaban a esa posibilidad de comprensión física haciendo referencia a la eventualidad de describir el fenómeno en términos de ecuaciones diferenciales, a manera de representación matemática de dicha concepción mecánica (Purrington, 1997: 21).⁹ Paralelamente a esta concepción mecánica, se extendió la tendencia a buscar explicaciones de todo nuevo fenómeno natural en términos de nuevas formas de materia, concepción que podemos caracterizar como 'materialismo' (Brush, 1994: 39). A lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, se fue reforzando la idea de que la ciencia pronto proporcionaría una explicación mecánica de todos los fenómenos del Universo en términos del movimiento de las diferentes formas de materia. Los exponentes más connotados de esta visión del mundo físico fueron William Thomson, Ludwig Boltzmann y Heinrich Hertz. El componente filosófico de esta idea es lo que podemos caracterizar como 'realismo' (Brush, 1994: 56-57).

El tipo de expresiones 'neorrománticas' a que nos referimos en párrafos anteriores como movimiento cultural que surge a finales del siglo XIX, se manifestó contra este materialismo científico, como resultado de la insatisfacción que había crecido en torno a la física clásica. Este movimiento tuvo gran influencia en la interpretación filosófica de las nuevas corrientes de la física, como se puede observar en la energética,¹⁰ el

⁷ Por supuesto, Schorske (1981) se refiere aquí fundamentalmente a la obra de Sigmund Freud que trajo a la luz una preocupación por el problema de la conciencia y el papel del inconsciente (pp. 192-214). Se dice que el mismo Freud identificaba tres discontinuidades conceptuales que habían marcado el desarrollo del pensamiento occidental moderno y que habían producido sobresalto y angustia. La primera sería la visión de Copérnico de que la Tierra y, por lo tanto, el ser humano, no era el centro del Universo. La siguiente fue la de Darwin, quien despojó al hombre de su estatus privilegiado en la creación. Y por último, estaría su propio trabajo que mostró que el hombre ni siquiera es dueño de sí mismo, sino que depende y está dominado por el nivel inconsciente de su propia mente.

⁸ También habría que decir que la influencia de carácter filosófico raramente guía al científico de una manera abierta y consciente, pero que indudablemente está presente y operando a un nivel más sutil de lo que pueda parecer a primera vista (Purrington, 1997: 19-20).

⁹ A Poincaré, particularmente, le preocupaba que si prevalecía la discontinuidad cuántica introducida por Planck, entonces "los fenómenos físicos dejarían de obedecer a leyes que se expresan por ecuaciones diferenciales" (citado en Sánchez, 2001: 210). A *posteriori* sabemos que estaba equivocado, como lo demuestra la ecuación de Schrödinger, que es una ecuación diferencial donde la discontinuidad cuántica aparece a través de otros elementos de la teoría.

¹⁰ Siendo uno de sus principales representantes el químico W. Ostwald, la energética se desarrolló como una teoría que partía de la idea de que todo se reduce a flujos y transformaciones de las diferentes formas de energía. En términos generales, se la puede considerar como una generalización de la termodinámica, cuya pretensión era ofrecer una descripción fenomenológica unificada de todos los procesos físicos. Uno de los pioneros de la energética la consideraba como un conjunto de axiomas libre de la incertidumbre propia de las hipótesis sobre la naturaleza de la materia (Rankine, 1855).

empiriocriticismo¹¹ y el positivismo,¹² que jugaron un papel muy importante en el debate científico de finales del siglo XIX y principios del XX que, con toda seguridad, no pudieron ser ignoradas por todos los físicos inmersos en ese proceso de cambio. Esta influencia se extendió, incluso, de manera más decidida en la República de Weimar, ya avanzado el siglo XX, en la Alemania de entre guerras, convirtiéndose en verdadera fuerza cultural dominante.

Uno de los estudios más influyentes sobre el papel que juega el ambiente cultural en las elecciones de los físicos en torno a su propia disciplina es un ensayo (Forman, 1984) que trata sobre el abandono de la causalidad por parte de los científicos alemanes en la pos guerra (1918-1927). Su argumentación se divide en tres partes. En la primera de ellas intenta demostrar que el ambiente intelectual de Weimar era particularmente hostil hacia los físicos y especialmente hacia la causalidad. Enseguida, Forman intenta demostrar que hubo una 'adaptación' de los físicos y los matemáticos a ese ambiente intelectual; estos científicos alemanes habrían rearticulado su propia ideología para que fuera congruente con los nuevos valores de su sociedad. Por último, este investigador argumenta a favor de la existencia de un movimiento ampliamente difundido tendiente

a evadir la necesidad de la causalidad en física, afirmando que dicho movimiento no puede relacionarse con ningún desarrollo interno de la física y que por lo tanto se le debe atribuir a las influencias culturales externas.

Sin embargo, no todos están de acuerdo con estas conclusiones. John Hendry, por ejemplo, ha hecho uno de los análisis más completos de las tesis de Forman poniendo en duda algunos de sus argumentos (Hendry, 1980). Para empezar, Hendry considera que los ataques de que fueron objeto los físicos y los matemáticos fueron, en todo caso, ataques sobre el 'valor' de la física, más que sobre sus 'contenidos'; la física tenía que ser causal y lo que se criticaba era su valor social y cultural, o bien su utilidad inmediata en la Alemania devastada por la guerra. Por otro lado, Hendry opinaba, contrariamente a Forman, que si se fue gestando un amplio rechazo de la causalidad en física, no fue por razones externas a la disciplina, sino por razones internas a la misma, o al menos por razones más complejas que las indicadas por Forman, pues:

Quando se toman en cuenta también consideraciones internas, resulta inmediatamente claro que ningún conjunto de influencias –internas, sociales, filosóficas, psicológicas, etc.– se pueden tomar en forma independiente unas de otras, y que la reacción de cada físico a un problema dado estará determinada por un complejo de motivaciones, muchas de ellas inmunes a la objetivación histórica (Hendry, 1980: 317).

Sin embargo, aunque no se puede establecer una conexión directa entre los movimientos culturales y la innovación en física, es improbable que los físicos que vivieron en un mundo de gran efervescencia intelectual no fueran influenciados profundamente por sus tiempos. Seguramente, los grandes cambios conceptuales y epistemológicos en que se vio envuelta la física durante esa transición de siglo tuvieron que ver tanto con ese ambiente cultural como con las nuevas realidades o nuevos niveles de fenómenos físicos que los científicos tuvieron que afrontar, ya sea como una demanda directamente de su disciplina o también de las nuevas exigencias sociales. Muchos físicos no estuvieron preparados para una transformación conceptual total de su disciplina, pero contribuyeron críticamente a su construcción. Al final, es difícil decir en qué sentido estricto se abandonó la visión mecáni-

¹¹ El empiriocriticismo tuvo como uno de sus principales defensores a E. Mach. Esta corriente apareció como una crítica hacia toda hipótesis científica que no se obtuviera directamente de la observación o la experimentación y tenía que ver más con el método que con el contenido de las ciencias. Mach afirmaba, de una manera similar al filósofo George Berkeley (1685-1753), que dicha experiencia sólo se podía basar en las sensaciones. Por eso Mach siempre negó la realidad de los átomos e incluso de la misma materia, pues los verdaderos elementos del mundo serían los colores, los sonidos, las duraciones, los olores, los espacios y no las 'cosas'. Lo que imaginamos como mundo 'real' detrás de las apariencias y de las sensaciones sólo existe en nuestra mente (Brush, 1994: 61, 280). Esta corriente de pensamiento tiene un origen más filosófico como una *Crítica de la experiencia pura* (Avenarius, 1908).

¹² El término 'positivismo' puede llevar a confusión, pues se ha utilizado con diversos significados. Uno de ellos se refiere a la idea de que los métodos de la ciencia experimental pueden aplicarse a otras disciplinas como la sociología y la historia; en este sentido, el término hace clara referencia a la influencia de la ciencia en la cultura, marcando su huella como cosmovisión, método de conocimiento y fuerza civilizadora. Sin embargo, en términos más filosóficos, el positivismo aparece como opuesto al materialismo y se acerca al idealismo y al empirismo o empiriocriticismo, reclamando que el materialismo va más allá de los límites de la observación haciendo hipótesis sobre lo desconocido que no pueden llevar a ningún lado. Véase, por ejemplo, Mandelbaum (1980), Chant y Fauvel (1980: 6-18), Levinas (2001: 319-329). Los orígenes del positivismo como tal los encontramos en la primera mitad del siglo XIX (Comte, 1990).

ca del mundo. Los nuevos esfuerzos no llevaron a una aceptación total de puntos de vista como los que planteaba la energética o el empiriocriticismo, sino que, sin abandonar del todo las ideas mecánicas y haciendo malabares en torno a las hipótesis mecánicas sobre la interacción entre la materia y la radiación, se fue desprendiendo lo que después de una formalización matemática se convertiría en la nueva física, la física cuántica, a la que curiosamente, y parecería que casi de manera irónica, algunos llaman 'mecánica cuántica', lo que en algún sentido nos habla, al final, de una permanencia de la idea mecánica pero de una forma renovada.

Institucionalización y nuevos compromisos y objetivos de la física

En el apartado anterior explicamos sucintamente la relación entre el desarrollo de la física y su contexto cultural. Vimos claramente cómo se pueden establecer puentes entre la ciencia, o particularmente la física, y otras manifestaciones culturales como la filosofía, el arte, y otras preocupaciones humanas y sociales. De hecho, ver los diferentes esfuerzos intelectuales de manera aislada nos daría una visión distorsionada de la realidad de la época. Finalmente, la ciencia es parte del metabolismo cultural y los diferentes esfuerzos intelectuales se influyen mutuamente y en su dinámica conjunta dan por resultado una cierta cosmovisión. Por eso hemos sugerido hablar de la física como fuerza civilizadora importante. Sin embargo, la civilización no es sólo un conjunto de ideas o una visión del mundo, sino también la disposición y posibilidad de transformar ese mundo, y en este sentido la física, junto con la química, ya había venido jugando un papel importante en el siglo XIX y llegaría a ser aún más importante en el XX.

A finales del siglo XIX la física se empezaba a convertir, como ya lo venía haciendo la química tiempo antes, en una ciencia fuertemente asociada con la industria y el comercio, causando la admiración de propios y extraños por sus gran-

des logros (Jungnickel & McCormach, 1990: 2). Aunque Francia había conservado el liderazgo científico, sobre todo en el campo de la física, hasta ya bien avanzado el siglo XIX, lo perdió a lo largo de la segunda mitad de ese siglo, siendo superada por otras naciones, particularmente por Alemania,¹³ país que ostentó de manera indiscutible dicho liderazgo a finales del siglo XIX y principios del XX. Fue en este país principalmente donde, desde principios de los setenta, la física tuvo la capacidad para ofrecer conocimientos teóricos y prácticos en campos como la electricidad, la óptica y la termodinámica, que eran de suma importancia para la industria. El caso de la electricidad es especial y su relación con la institucionalización de la física obviamente no se limita a Alemania. En general, las muy diversas aplicaciones de la electricidad empezaron a ofrecer un gran servicio a la industria y a la sociedad desde antes de mediados del siglo, pero de manera mucho más espectacular durante la segunda mitad del mismo. La telegrafía, las ondas hertzianas, algunos sistemas de transportes, el alumbrado, el teléfono, el motor eléctrico, son tan sólo algunos ejemplos de la diversidad y el impacto de la ciencia en la sociedad del siglo XIX al provocar cambios profundos en el modo de vida y en la mentalidad de la gente; la ciencia y la tecnología se presentaban como algo sumamente poderoso.

Regresando al caso de Alemania, un ejemplo muy claro de la importante relación entre la ciencia y la industria fue la creación del Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Instituto Imperial de Física y Tecnología), que comenzó a operar en 1887, impulsado por el científico, inventor y empresario Werner Siemens (Sánchez, 1992: 40-43). El objetivo del Instituto era primordialmente fomentar la investigación físico-natural, una gran empresa que respondía a las necesidades de la época. En un principio el Instituto se dedicó primordialmente a problemas de metrología, tema de gran importancia para la industria por la necesidad de establecer estándares que favorecieran la importación.

A pesar de los objetivos aparentemente pragmáticos del Instituto, respondiendo a necesidades externas, es decir, a reclamos de la sociedad y de la industria, también llevó a cabo estudios que resultaron de gran importancia para la física fundamental, jugando un papel muy importante en la historia del cambio conceptual dentro de esta disciplina en torno a la figura del cuanto de energía en su relación con la radiación del cuerpo

¹³ Las razones de este cambio de liderazgo son múltiples. Sánchez (1992) señala que, entre otras posibles explicaciones, un papel importante lo jugó el centralismo administrativo francés, que era especialmente notorio en el sistema educativo superior, relegando a las provincias, que tardaron mucho en incorporarse de manera efectiva al desarrollo científico-tecnológico (pp. 22-24). Además, la investigación había tenido un papel muy reducido en las universidades francesas, en tanto que en Alemania ocurrió el fenómeno contrario.



Figura 1. Primer conferencia Solvay, Bruselas, 1911. Fuente: wikipedia.org/wiki/File:1911_solvay_conference.jpg

negro. Sólo mencionaremos aquí el punto culminante en este sentido, ocurrido en 1900, cuando los análisis de los físicos teóricos en torno a la radiación del cuerpo negro se encontraban en un callejón sin salida.¹⁴

Las mediciones, de gran precisión, obtenidas por Lummer y Pringsheim en este Instituto, apuntaban a que los últimos resultados teóricos al respecto, particularmente la Ley de Wien, no se verificaban experimentalmente; este resultado fue corroborado luego por Rubens y Kurlbaum. Los resultados experimentales fueron utilizados por Planck, quien llegó a formular la expresión correcta para la radiación del cuerpo negro utilizando la Ley de la entropía de Boltzmann e introduciendo el concepto del cuanto de energía que cambiaría radicalmente el rumbo de la física.¹⁵

Mencionábamos en apartados anteriores cómo a finales del siglo XIX prevalecía en la ciencia un enfoque mecanicista, y explicábamos, siguiendo las tesis de Paul Forman, cómo es posible argumentar que el ambiente intelectual de esa época fue desarrollando un sentimiento en contra de ese mecanicismo y materialismo imperantes y que, más adelante, ese estado de cosas produjo, consecuentemente, una adaptación de los físicos que los hizo encaminarse a abando-

nar el principio de causalidad. De manera similar, y como complemento de este tipo de explicaciones, es posible decir que las exigencias externas (de la sociedad, de la industria) en el sentido de proveer soluciones a problemas concretos, sin importar mucho si éstas se sujetaban a las viejas reglas, contribuyó a que se abandonaran los modelos físicos más visuales y se optara por nuevos instrumentos técnicos y conceptuales más flexibles, aunque eso significara un mayor grado de abstracción. Los nuevos objetos de estudio y la necesidad de un mayor poder de innovación técnica llevó a reconsiderar y a flexibilizar los métodos empleados y el repertorio conceptual de los físicos, quienes se dieron mayor libertad para la elección de hipótesis abriendo así el camino hacia la nueva física cuántica. Esta nueva física ya no tendría la tarea de dar una explicación y una imagen espacio-temporal de los fenómenos, sino sólo de correlacionar por medio de una formalización matemática los resultados experimentales.

CONCLUSIONES

Las novedades que se introdujeron en la física a finales del siglo XIX, pero más aún las del nuevo siglo, sólo se pueden entender integralmente haciendo referencia a las necesidades internas de la disciplina, y también al conjunto de situaciones culturales, sociales y económicas prevalecientes que, en cierta medida, condicionan las elecciones que los científicos van tomando en relación con la forma más conveniente de hacer avanzar su disciplina. Si bien es cierto que no se pueden establecer conexiones directas entre los movimientos culturales e intelectuales y las innovacio-

¹⁴ El Instituto Imperial de Física y Tecnología se involucró en el tema precisamente porque el grupo de óptica de la sección científica se encontraba buscando un estándar para la intensidad luminosa y las bases científicas para el estudio de los efectos de la radiación (Jungnickel y McCormach, 1990: 256).

¹⁵ Para mayores detalles de esta historia, véase Sánchez (1992: 41-43).

nes en física, también resulta innegable que no podemos entender a un Einstein al margen del devenir de sus tiempos. Las notables innovaciones teóricas de la física que se desarrollan a principios del siglo XX no pueden ser comprendidas a cabalidad si se les separa de su contexto intelectual, de los grandes debates que surgían sobre

la concepción del mundo. Es posible hacer una historia cultural de la física, como de cualquier otra disciplina científica. Sin embargo, este reconocimiento debe de hacerse en su justa medida y mostrar la interconexión de fuerzas internas y externas en el desarrollo de la misma.

LITERATURA CITADA

- AVENARIUS, R., *Kritik der reinen erfahrung*. Leipzig: O. R. Reiland, 1908.
- BECQUEREL, H., Emission de radiations nouvelles par l'uranium métallique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 122: 1086-1088, 1896.
- BRUSH, S., *The kind of motion we call heat*. Amsterdam: North Holland-Personal Library, 1994.
- CHANT, C.; FAUVEL, J. (eds). *Darwin to Einstein: Historical Studies on Science and Belief*. Nueva York: Longman Inc., 1980.
- COMTE, A., *La filosofía positiva*. México: Editorial Porrúa, 1990.
- FERREIROS, J.; ORDÓÑEZ, J., Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica*, 34(102): 47-86, 2002.
- FORMAN, P., *Cultura en Weimar, causalidad y teoría cuántica, 1918-1927*. Madrid: Alianza Universidad, 1984.
- HARMAN, P., *Energía, fuerza y materia: el desarrollo conceptual de la física del siglo XIX*. Madrid: Alianza Editorial, 1990.
- HENDRY, J., Weimar Culture, Causality and Quantum Theory, 1918-1927. En: Chant, C.; Fauvel, J. (eds.), *Darwin to Einstein: Historical Studies on Science and Belief*. New York: Longman Inc., pp. 303-326, 1980.
- HOLTON, G., *The advancement of science, and its burdens*. Cambridge: Harvard University Press, 1998.
- HUGHES, S., *Consciousness and Society*. New York: Vintage Books (A Division of Random House), 1977.
- JUNGNIKEL, C.; MCCOMMACH, R., *Intellectual Mastery of Nature*, Vol. II: The Now Mighty Theoretical Physics 1870-1925. Chicago: The University of Chicago Press, 1990.
- LEVINAS, M., *Filosofía y ciencias de la naturaleza en el siglo XIX*. En: Villacañas, J. (ed.), *La filosofía del siglo XIX*. Madrid: Trotta, pp. 303-336, 2001.
- LINDLEY, D., *Degrees Kelvin: a tale of genius, invention and tragedy*. Washington: Joseph Henry Press, 2001.
- MANDELBUAM, M., Philosophic Movements in the Nineteenth Century. En: Chant, C.; Fauvel, J. (eds.), *Darwin to Einstein: Historical Studies on Science and Belief*. New York: Longman Inc., pp. 2-44, 1980.
- PAIS, A., *Niels Bohr's Times, in physics, philosophy, and polity*. New York: Oxford University Press, 1991.
- PURRINGTON, R., *Physics in the Nineteenth Century*. London: Rutgers University Press, 1997.
- RANKINE, W., Outlines of the science of energetic. *Proceedings of the Royal Philosophical Society of Glasgow*, 3: 121-141, 1855.
- RÖNTGEN, W.C., Über eine neue Art von Strahlen. *Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft zu Würzburg*, 9: 132-141, 1895.
- SÁNCHEZ RON, J., *El Poder de la Ciencia: historia socio-económica de la física (siglo XX)*. Madrid: Alianza Editorial, 1992.
- SÁNCHEZ RON, J., *Historia de la Física Cuántica*. Barcelona: Editorial Crítica, 2001.
- SCHORSKE, C., *Viena Fin-de-Siècle: Política y Cultura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A, 1981.
- Sklar, L., *Physics and Chance: Philosophical Issues in the Foundations of Statistical Mechanics*. London: Cambridge University Press, 1993.
- THOMPSON, S.P., *The life of Lord Kelvin*. New York: AMS Chelsea Publishing, 1976.
- THOMSON, J.J., Chatode rays. *Philosophical Magazine*, 44: 293-316, 1897.

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes agradece sinceramente a los siguientes especialistas su colaboración con el Comité Editorial al participar como Árbitros de los artículos dictaminados durante el año 2011.

Dra. Ada Margarita Álvarez Socarras
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Dr. Adrián de Garay Sánchez
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, AZCAPOTZALCO

Dra. Aída Alvarado Borrego
UNIVERSIDAD DE OCCIDENTE

Dr. Alejandro Morón Ríos
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

Dr. Alejandro Mungaray Lagarda
SECRETARÍA DE DESARROLLO ECONÓMICO

Dr. Alejandro Zermeno González
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Dr. Alfonso Vargas Sánchez
UNIVERSIDAD DE HUELVA

Dra. Anabella del Rosario Dávila Martínez
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Biól. Ana Rebeca Barragán
COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Dr. Andrés Lozano Medina
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

Dra. Angélica Buendía Espinosa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, CUAJIMALPA

Dr. Armando Ortiz Prado
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Carlos Álvarez Silva
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA,

Dr. Carlos Atienza Sanuquillo
UNIVERSIDAD DE CASTILLA

Dr. Carlos Brambila Paz
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Dr. Carlos Manuel Urzúa Macías
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Dr. Carlos Muñoz Izquierdo
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

Dr. Carlos Ruy Martínez Martínez
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Dra. Carmen Bocanegra Gastelum
UNIVERSIDAD DE SONORA

Dra. Clarita Olvera Carranza
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Claudio Antonio Rama Vitale
UNIVERSIDAD DE LA EMPRESA

Dra. Consuelo García de la Torres
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Dr. Delfino Madrigal Uribe
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

Dr. Enrique Manuel Luengo González
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Dr. Ernest Abadal Falgueras
UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Dr. Ernesto A. Chávez
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Dr. Felipe Vázquez Palacios
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SUPERIORES EN ANTROPOLOGÍA SOCIAL

Dr. Francisco Javier Martínez García
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Dra. Gabriela Correa López
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, IZTAPALAPA

Dr. Genaro Sánchez Barajas
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Gonzalo Aquiles Serna
EL COLEGIO DEL ESTADO DE HIDALGO

Dr. Humberto Cantú Delgado
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Dr. Iram Mondaca Fernández
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

Dr. Jaime Castro Pérez
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Dr. Jaime Hinojosa Torres
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Jaime López Cervantes
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

Dr. Jesús González Espino Barros
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS

Dr. Jesús López Estrada
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Jesús Madrigal Melchor
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS

Dr. Jesús Manuel Barrón Hoyos
UNIVERSIDAD DE SONORA

Dr. Jesús María Siqueiros Beltrones
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Joel Bonales Valencia
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Dr. Jorge Abraham Tamayo Cortéz
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

Dr. Jorge Ernesto Bartolucci Incico
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Jorge Leonel León Cortés
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

Dr. Jorge X. Velasco Hernández
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

Dr. José Arturo Berrones Santos
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Dr. José Guadalupe Steele Garza
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Dr. José Guadalupe Vargas Hernández
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Dr. José Luis Gallego Ortega
UNIVERSIDAD DE GRANADA

Dr. José Luis Raymond Bara
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA

Dr. José Ramírez Pulido
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, IZTAPALAPA

Dr. José Sánchez Gutiérrez
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Dr. Juan Florencio Gómez Leyva
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TLAJOMULCO

Dr. Juan Gabriel Rivera Martínez
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, IZTAPALAPA

Dr. Julio Fernando Goicochea Moreno
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, IZTAPALAPA

Dra. Laura Delia Ortega Arenas
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Dr. Laureano Reyes Gómez
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

Dra. Lilia Domínguez Villalobos
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Luis Amilcar Varguez Pasos
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

Dr. Luis Cayuela Delgado
UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS

Dr. Luis Huesca Reynoso
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.

Dr. Luis Olivares Quiroz
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Dra. Luz María Salazar Cruz
EL COLEGIO MEXIQUENSE, A.C.

Dra. Ma. Luisa Saavedra García
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Manuel Alfonso Garzón Castrillón
FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EDUCATIVO Y EMPRESARIAL

Dr. Manuel Elías Gutiérrez
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

Dr. Manuel Fortis Hernández
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TORREÓN

Dr. Manuel Jiménez Dorantes
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

Dr. Manuel Moisés Miranda Velasco
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Dra. María Dolores Prieto Sánchez
UNIVERSIDAD DE MURCIA

Dra. María Elena Ortiz Salinas
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dra. María Teresa González Ramírez
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Dr. Martín Aubert Hernández Calzada
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Dr. Miguel Ángel Casillas Alvarado
UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Dr. Miguel Ángel Gutiérrez Andrade
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, IZTAPALAPA

Dr. Miguel Ángel Morón Ríos
INSTITUTO DE ECOLOGÍA

Dr. Miguel Pérez Ramírez
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS

Dra. Natalia Ivanovna Kalasshny Kova
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Dr. Neptalí Ramírez Marcial
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR

Dr. Néstor Bautista Martínez
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Dr. Nimrod Vázquez Nava
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CELAYA

Dr. Óscar Alberto Fernández Constantino
EL COLEGIO DE MÉXICO

Dr. Óscar Daniel Salomón
CENTRO NACIONAL DE DIAGNÓSTICO E INVESTIGACIÓN EN ENDERMO EPIDEMIAS

Dr. Óscar David Robles Sánchez
UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS

Dr. Pablo Preciado Rangel
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TORREÓN

Dr. Rafael Colás Ortiz
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Dra. Raquel Castaño González
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Dr. Raúl V. Ramírez Velarde
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Dra. Rebeca de Gortari Rabiela
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Rigoberto Soria Romo
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Dra. Rosalinda Gámez Gastelum
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

Dr. Samuel Alberto Mantilla Blanco
UNIVERSIDAD JAVERIANA

Dra. Sara Gricelda Martínez Covarrubias
UNIVERSIDAD DE COLIMA

Dr. Sergio Javier Jasso Villazul
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dra. Thalia Castro Barrera
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, XOCHIMILCO

Dr. Víctor Manuel Núñez Hernández
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICAS

Política editorial de *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Guía para Autores

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, es una revista arbitrada, científica y multidisciplinaria con periodicidad cuatrimestral, editada por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Tiene como objetivo principal promover el desarrollo de la investigación y la producción científica con estándares de calidad en el ámbito local, nacional e internacional.

El primer número se publicó en el año de 1990 y hasta el momento se han editado más de 50. Su distribución está dirigida a instituciones de educación superior, centros de investigación, bibliotecas y dependencias de gobierno, además tiene convenios de intercambio bibliotecario, como: México-USA, COMPAB, REBCO y REMBA. A nivel internacional la revista se difunde por medio de los índices en los que está citada: Actualidad Iberoamericana, DIALNET, DOAJ, HELA, LATINDEX, PERIÓDICA y REDALYC.

En su estructura considera dos secciones: 1) *Editorial*, que incluye el Directorio, un Consejo Editor y un Comité Editorial de distinguida trayectoria, y 2) *Artículos científicos*, inéditos y originales relacionados con las Ciencias Agropecuarias, Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias de la Salud, Ingenierías y Tecnologías, así como con las Ciencias Económicas, Sociales y Humanidades.

La revista participa en la Declaración del Movimiento Internacional *Open Acces* con el fin de contribuir al aumento de la visibilidad, el acceso y la difusión de la producción científica, por ello, los autores y colaboradores de los artículos ceden los derechos autorales a la revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, de manera que la misma podrá publicarlos en formato impreso y/o electrónico, incluyendo *internet*.

Criterios para publicar

Los manuscritos propuestos a publicación, deberán ser textos científicos que no hayan sido publicados ni enviados simultáneamente a otra revista

para su publicación y de esta manera, sean una contribución inédita a la literatura científica. Sólo se aceptan artículos escritos en idioma español y deberán contener todas las secciones estipuladas en esta Guía, formateados correctamente. Deben seguir las reglas gramaticales y ortográficas. Todos los manuscritos serán evaluados por al menos dos especialistas o investigadores expertos de las diferentes áreas, pertenecientes a diversas instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional.

I. Tipos de publicaciones

Investigación y Ciencia acepta tres tipos de contribuciones: artículos científicos de investigación, revisiones y notas científicas o comunicaciones cortas, sin embargo, se da prioridad a los primeros de tal manera que cada número debe contener un máximo de dos artículos de revisión o notas científicas. El autor debe indicar en qué sección desea que su manuscrito sea incluido.

Artículos de investigación: son artículos que informan resultados de investigaciones, cuyos temas queden comprendidos en las áreas del conocimiento anteriormente indicadas y que sean de interés científico por su relevancia.

Artículos de revisión: son artículos que resumen y analizan un tema científico de importancia, pueden ser revisiones del estado actual de un campo de investigación o estudios de caso.

Notas científicas o comunicaciones cortas: son artículos cortos de temas relevantes de ciencia y tecnología que describen o explican un hallazgo y que por su mérito científico ameritan una rápida publicación. Pueden incluirse resultados relevantes que se quieren difundir de forma rápida y no detallada, con información concluyente, pero insuficiente para su análisis en extenso.

II. Estructura del contenido

Artículos de investigación

No deberá ser menor de cinco ni mayor de 15 cuartillas incluyendo las ilustraciones. En algunos casos se podrá acordar con el editor una extensión mayor, no sin antes valorar la importancia de dicha ampliación. Los manuscritos deberán incluir

los siguientes elementos (si de acuerdo a la temática no es posible cumplirlo se deberá justificar):

TÍTULO. Deberá ser breve y claro que refleje el contenido del trabajo. No exceder de 20 palabras, escrito en español y en renglón aparte, la versión del título en inglés.

NOMBRE(S) DEL/LOS AUTOR(ES). Presentar en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente los demás autores (sin grado académico), agregando al pie de página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e Institución) y correo electrónico.

RESUMEN. Deberá ser un sólo párrafo que sintetice el propósito del trabajo y reúna las principales aportaciones del artículo en un máximo de 150 palabras, sin subdivisiones y citas bibliográficas. Esta sección se iniciará con la palabra **RESUMEN** al margen izquierdo, con letras negritas y sin punto. Todo manuscrito debe incluir una versión en inglés del resumen (*abstract*).

PALABRAS CLAVE. Incluir seis palabras clave relacionadas con el contenido del trabajo, escritas en español y su versión en inglés (*key words*).

INTRODUCCIÓN. Señalar en qué consiste el trabajo completo, objetivos, antecedentes, estado actual del problema e hipótesis.

MATERIALES Y MÉTODOS. Describir en forma precisa el procedimiento realizado para comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

RESULTADOS. Describir los resultados de la investigación. Se podrán presentar datos de medición o cuantificación.

DISCUSIÓN. Presentar la interpretación de los resultados de acuerdo con estudios similares, es decir, correlacionando el estudio con otros realizados, enunciando sus ventajas y aportaciones, evitando adjetivos de elogio.

CONCLUSIONES. Precisar qué resultados se obtuvieron y si permitieron verificar la hipótesis; asimismo, plantear perspectivas del estudio y de su aplicación.

LITERATURA CITADA. Todas las referencias en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa. Es necesario notar que los títulos de las revistas no se

abrevian, que hay espacios entre las iniciales y que se deben nombrar todos los autores.

Se anotarán en orden alfabético utilizando el siguiente formato:

De libros:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título* (en cursivas). volumen, edición, país: editorial, páginas, año.

De publicaciones periódicas:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, título del artículo, *revista* (en cursivas). volumen, número, páginas consultadas, fecha de publicación.

De páginas electrónicas en sección aparte con el título de Dictiotopografía:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, título, *revista* (en cursivas). volumen, número, páginas consultadas. De: URL de la versión digital, fecha de consulta.

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, título, portal. De: URL, fecha de consulta.

En el texto se citará de la siguiente manera: (Aguilar, 2000: 15) o Aguilar (2000: 15); (Aguilar y Camacho, 2001: 15) o Aguilar y Camacho (2001: 15); (Aguilar *et al.*, 2002: 15) o Aguilar *et al.* (2002: 15). En orden cronológico (Juárez, 1954; Aguilar, 2000; Méndez, 2000). En orden cronológico y alfabético en el mismo año (Juárez, 1954, 1960, 1960a, 1960b).

TABLAS Y FIGURAS. Deberán colocarse en el lugar que les corresponde a lo largo del artículo, serán numeradas consecutivamente utilizando números arábigos y referidas al texto.

Las tablas deberán tener título breve en la parte superior utilizando mayúsculas y minúsculas con tipografía Arial 10 pts. tanto en letras como en números. Su orientación será vertical.

En las figuras utilizar mayúsculas y minúsculas con tipografía Arial 8-10 pts. El tamaño máximo de la figura incluyendo leyendas, será de 12 cm de longitud y 16 cm de ancho, el mínimo permitido será de 6 cm de longitud y 8 cm de ancho.

Se debe explicar claramente al pie de cada Tabla y/o Figura, el contenido de las mismas en cursivas.

Además de las tablas o figuras, el artículo se debe acompañar de al menos una ilustración con pie de foto explicativo breve, indicando si es de su autoría o citando la fuente. Los dibujos o esquemas deberán estar en original.

Las imágenes o ilustraciones deben tener una calidad mínima de 300 *dpi*. o al menos 5 megapíxeles con formato TIFF, EPS o JPG. En caso de que el artículo contenga varias ilustraciones, éstas se deberán presentar en otro archivo.

Artículos de revisión

Deben incluir título, nombres de los autores y sus datos, resumen (*abstract*) y palabras clave (*key words*) en español y en inglés, texto del artículo considerando: introducción al tema (incluyendo por qué el problema es de interés), desarrollo del trabajo con una discusión académica, conclusión y un apartado de referencias. El contenido del artículo puede estar subdividido cuidando que exista una conexión entre los apartados. La literatura citada, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación. No deberá ser menor de cinco ni mayor de 15 cuartillas.

Notas científicas

Deben incluir título, nombres de los autores y sus datos, resumen (*abstract*) y palabras clave (*key words*) en español y su versión en inglés. El texto deberá escribirse de continuo y sin espacio extra entre los párrafos. La literatura citada, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación. No deberá ser mayor de cinco cuartillas.

III. Características de la revisión de artículos

1. El editor se reserva el derecho de devolver a los autores los artículos que no cumplan con los criterios para su publicación.
2. Todos los trabajos son sometidos a un arbitraje de doble ciego a cargo de la Cartera de Árbitros que integra la revista, la cual está compuesta por miembros del SNI o investigadores expertos en el área pertenecientes a instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional. Cada trabajo es revisado por al menos dos evaluadores, especificando en el dictamen si se acepta el artículo intacto, con modificaciones o si definitivamente se rechaza. En caso de contar con resultados discrepantes, se enviará el trabajo a un tercer evaluador, cuyo resultado será definitivo.

3. El editor dará a conocer al autor contacto el resultado del arbitraje a través del formato "Observaciones"; si el trabajo es aceptado con modificaciones, el autor deberá atenderlas en un plazo no mayor a 10 días hábiles y enviará nuevamente al editor el original y el archivo electrónico del artículo junto con un **archivo de respuesta a dichas observaciones** en formato Word. El archivo consiste en una explicación detallada de las modificaciones realizadas tomando en cuenta todas y cada una de las observaciones señaladas por los evaluadores. Incluir el comentario del evaluador y la correspondiente acción o respuesta del autor. No es necesario incluir en este archivo las anotaciones realizadas por los evaluadores sobre el artículo.
4. Cuando el autor demore más de 30 días en responder a las sugerencias de los evaluadores, el artículo no será considerado para publicarse en el siguiente número de la revista.
5. El editor informará al autor contacto en su caso, el avance de su trabajo en el proceso de dictaminación, del rechazo, o la fecha de publicación del mismo.
6. La revista se reserva el derecho de adelantar o posponer los artículos aceptados con el fin de dar una mejor estructura a cada número de acuerdo a la política editorial.
7. Una vez que el artículo haya sido aceptado, pasará a una revisión de estilo y forma, para su versión definitiva. Se enviarán pruebas de impresión en formato PDF al autor contacto y serán devueltas al editor dos días después de haber sido recibidas. Si las pruebas no se entregan a tiempo, el artículo se publicará sin las correcciones correspondientes.
8. Los artículos presentados son responsabilidad total del autor (o los autores) y no reflejan necesariamente el criterio de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, a menos que se especifique lo contrario.

IV. Indicaciones para los autores

1. El escrito se enviará en formato Word 2003 o 2007 y en formato PDF, en hoja tamaño carta.
2. Tipografía: Arial en 12 pts.
3. Justificación: completa, no utilizar sangría al inicio de párrafos.
4. Márgenes: Superior e inferior 2.5 cm, izquierdo y derecho de 3 cm.
5. Espacio: doble.

6. Abreviaturas: Escribir el término completo la primera vez que se usa y seguirlo con la abreviatura entre paréntesis.
7. Las expresiones matemáticas deben estar escritas claramente y se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades. Asimismo, los conceptos y términos científicos y técnicos deberán escribirse de forma clara y precisa.

V. Especificaciones de envío

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido que anteriormente se han especificado.

El envío del artículo puede realizarse mediante dos vías:

- a) **Mensajería o entrega personal** en la Dirección General de Investigación y Posgrado, en un sobre cerrado dirigido a Rosa del Carmen Zapata, editora de la revista, el cual deberá contener artículo impreso, archivos del artículo e ilus-

traciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor contacto.

- b) **Correo electrónico** dirigido a la editora de la revista, a través de revistaiyc@correo.uaa.mx que contenga archivos adjuntos (*attachment*) con el artículo, las ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor contacto.

Es importante que el autor conserve una copia de los archivos y de la impresión enviada.

VI. Colaboración e informes

Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes

Dirección General de Investigación y Posgrado
Departamento de Apoyo a la Investigación
Av. Universidad núm. 940, C.U.
Edificio 1-B, segundo piso.
C.P. 20131, Aguascalientes, Ags.
Teléfono/Fax (449) 910-74-42
Correo electrónico:
revistaiyc@correo.uaa.mx
www.uaa.mx/investigacion/revista