

# La demanda de telefonía fija y móvil: Una aplicación de redes neuronales artificiales

## Demand for fixed and mobile telephony: An application of artificial neural networks

ANDRÉS MILTON COCA CARASILA  
JUAN VILLAGÓMEZ MÉNDEZ

*Universidad Mayor de San Simón / Universidad Autónoma de Guerrero*

Recibido el 4 de diciembre de 2008. Aceptado el 12 de noviembre de 2009

Nº de clasificación JEL: C45

### Resumen:

*El catalogar a un determinado bien o servicio como una de las «extensiones de los sentidos y las funciones humanas de la vista, el oído y el tacto», muestra la importancia del papel que desempeñan en nuestras vidas, muestra el desarrollo que alcanzaron impulsadas por las mismas necesidades de los seres humanos, muestra un mercado dinámico e importante. El servicio de telefonía móvil o celular es el desencadenador de estas expresiones y además tema de comentario, investigación y preocupación de comunidades científicas y organismos internacionales como el World Economic Forum de Davos.*

*Con esta investigación nos adentramos en este mercado, en el que intervienen activamente la demanda y la oferta de servicios y equipos que no terminan de innovar, buscando satisfacer las, cada vez más, exigentes necesidades y deseos de los usuarios. Buscamos analizar, específicamente la demanda de telefonía fija y móvil, pretendiendo dilucidar una coyuntura particular y un futuro inmediato e incierto, sobre todo para el participante que sobrelleva las consecuencias, la telefonía fija. Para cuyo efecto proponemos aplicar técnicas novedosas que nos ayuda a este propósito, como son las Redes Neuronales Artificiales.*

### Palabras clave:

*Redes neuronales artificiales, demanda, telefonía fija, telefonía móvil.*

### Abstract:

*Cataloging goods or services as «extensions of human senses like vision, hearing or touch» shows the importance of the role they play in our lives; as well as the development they have reached driven by human needs; it shows a dynamic and important market. Mobile or cell phone services is the trigger of these expressions, in addition to further topic of commentary, research and concern of the scientific community and international agencies such as The World Economic Forum at Davos.*

---

La dirección de contacto es: Andrés Milton Coca Carasila, Doctorado en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad de Sevilla, España. Profesor Investigador del Departamento de Posgrado. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Mayor de San Simón. Calle Jordán y Oquendo, s/n. e-mail: milton.coca@gmail.com. Cochabamba - Bolivia.

Juan Villagómez Méndez, Doctorado en Estadística Aplicada por la Universidad de la Habana, Cuba. Profesor Investigador de la Unidad Académica de Matemáticas. Universidad Autónoma de Guerrero. Calle Carlos E. Adame # 23, Colonia La Laja, C.P. 39640. e-mail: juanvillagomez2006@yahoo.com. Acapulco, Guerrero, México.

*With this investigation we analyzed this market, wherein demand and supply of services and equipment take an active part, striving to meet the users' growing needs and desires. We sought to analyze, specifically, the demand for fixed and mobile telephony, trying to elucidate a particular situation and an immediate and uncertain future, especially for the participant who bears the consequences, fixed telephony. To this end, we propose the application of innovative techniques, such as the Artificial Neural Networks, which will assist us in this regard.*

**Key words:**

*Artificial neural networks, demand, fixed telephony, mobile telephony. JEL. C45*

## 1. INTRODUCCIÓN

El dinamismo del mercado, pero más el de las Tecnologías de Información y las Comunicaciones (TICs), dejan estupefactos a propios y extraños. No es para menos, su evolución y desarrollo, en los últimos años, ha alcanzado niveles insospechados. Dentro de ello, la telefonía, constituye un sector que no deja de sorprender por, la adopción y exclusión acelerada de los servicios por parte de los usuarios, los cambios en los precios, la introducción de servicios complementarios, el desarrollo y complementación tecnológica con el soporte del servicio, etc. Estos cambios, generan un alto beneficio a los usuarios. Pero ¿qué es lo que nos depara en un futuro inmediato?, la tendencia creciente de la demanda de telefonía celular ¿continuará? y, la preocupación inevitable, ¿qué pasará con la telefonía fija?

En esta línea, la preocupación central de economistas y expertos en marketing fue, y es aún, analizar, medir y pronosticar la demanda de los bienes y servicios. Estas preocupaciones son propias de académicos y ejecutivos, de hecho es tarea fundamental, para crear una nueva empresa, introducir y desarrollar nuevos productos o servicios, para modificar la estrategia de marketing, en definitiva para conocer el futuro de los negocios y detectar las oportunidades que presenta el mercado. Esta preocupación por realizar pronósticos con mayor precisión, han llevado a los investigadores a incursionar en áreas no muy exploradas, entre ellas el ámbito de la Inteligencia Artificial, particularmente, las Redes Neuronales Artificiales (RNAs).

El análisis del mercado, y el de la demanda, es un tema estratégico fundamental, ya que sin éste toda estrategia deja de tener sentido alguno, sobre todo si la organización se precia de encontrarse orientada al mercado. Los autores, consideran que es de capital importancia poner mayor énfasis en su tratamiento, para hacer que académicos y organizaciones nos habituemos a analizar la demanda y, en consecuencia, actuar de forma más efectiva, y no dejarse llevar por las impresiones y los golpes de suerte para saber si un mercado es atractivo o no (Coca, 2006).

Bajo este preámbulo, el objetivo central de este trabajo es analizar y predecir la demanda de telefonía fija y telefonía móvil en México a través de RNAs, como una alternativa a las formas estadísticas tradicionales. Para alcanzar dicho objetivo, el trabajo se ha organizado en seis epígrafes, que inicia con la presente introducción, el segundo presenta el marco contextual, que describen el ámbito de la investigación empírica, la telefonía fija y móvil en México; el tercero, introduce los aspectos metodológicos aplicados; el cuarto trata los aspectos teóricos sobre la demanda y las RNAs; el quinto presenta los resultados de la investigación; y en el sexto, se exponen las conclusiones del estudio.

## 2. MARCO CONTEXTUAL

La evolución de las telecomunicaciones, acelerada y con cambios importantes, incluye varias etapas que afectan a la vida del ser humano (Otero, 2007; Rodríguez, 2000). En los últimos años, las TICs, han transformado el mundo, su potencial para reducir la pobreza y fomentar el crecimiento de los países en desarrollo se ha incrementado. Investigaciones en los años 60 y 70 mostraron cómo fortalecen la economía, producción, distribución, prestación de servicios, y la administración gubernamental. Los países en desarrollo representaban más del 60 por ciento de las líneas telefónicas del mundo en el 2005, frente a menos del 20 por ciento en 1980. Durante este período, el número de usuarios de teléfonos aumentó 28 veces. La mayor parte del crecimiento reciente es de teléfonos móviles, que superan a los fijos, los que tienen un fuerte impacto en los países en desarrollo para la sustitución de las conexiones fijas, el aumento de la movilidad, la reducción de los costos, la ampliación de las redes comerciales, y la facilidad para la búsqueda de empleo, son entre algunos de sus beneficios. Con los servicios de prepago, tarjetas o fichas, las familias pobres han podido beneficiarse del acceso telefónico. Para el 2005 en la mitad de los hogares del mundo había teléfonos, entre las regiones en desarrollo la tasa de suscripción es más alta en Europa y Asia Central, donde entre el 2000 y 2004 se duplica. Sin embargo, el crecimiento fue más alto en el África Subsahariana, con la triplicación de la tasa, aunque aún con un bajo nivel, 103 suscriptores por cada mil personas (The World Bank, 2006).

En México, el crecimiento de las telecomunicaciones, en los últimos años fue acelerado, de 1988 al 2004 su Valor Agregado Bruto (VAB) sectorial, se ha multiplicado por más de 7 veces, con un crecimiento anual promedio del 13,4 por ciento. En ese lapso, el VAB de las telecomunicaciones pasó de representar el uno por ciento del VAB total del país, al 4,8 por ciento. Esta evolución es especialmente notable a partir de la privatización de la telefonía en 1990, y en especial del inicio de la competencia en 1996 (García, 2006). Sin embargo, durante el tercer trimestre del 2006 el sector, registró un crecimiento de 16,7 por ciento con relación al mismo período del 2005, lo que representa una ligera reducción con respecto al trimestre inmediato anterior. Incremento favorable con respecto al experimentado por la economía en su conjunto, que fue de 4,6 por ciento durante el trimestre en cuestión. En general, la industria de las telecomunicaciones creció un 17,1 por ciento durante los primeros nueve meses del 2006, cifra menor a la alcanzada un año antes, que fue del 22,9 por ciento (Cofetel, 2006).

En general, la penetración del servicio de telefonía fija sigue siendo el indicador simple más representativo de la evolución de las telecomunicaciones en distintos países. Incluso, se sostiene que los países con una extensa red fija tienden a ser los más avanzados en la adopción de teléfonos móviles (García, 2006; Gruber y Verboven, 2001). Una característica de la telefonía fija, es su importante inversión en redes y sus centrales telefónicas, este hecho hace que se la califique como monopolio natural (Newbery, 1999). Telmex hasta nuestros días puede ser calificado aún como monopolio, aunque sus competidores, sobre todo de telefonía móvil, vienen librando duras batallas para despojarlo de esa posición (Lugo y Zurita, 2004). La evolución de la telefonía fija en México, al igual que en muchos otros países, desde hace algunos años ha venido descendiendo paulatinamente. Durante el tercer trimestre del año 2006 se instalaron aproximadamente 163 mil líneas fijas, alcanzando a más de 20 millones en total. Esta cifra, significa un incremento de seis por ciento

respecto al mismo periodo de 2005, lo que se traduce en un leve retroceso en relación con el trimestre anterior. La teledensidad en México registra 19,1 líneas fijas por cada 100 habitantes hasta el 2006 (Cofetel, 2006).

Una de las características particulares de la telefonía fija en México son sus tarifas altas, al extremo que se ubica como el tercer país con las tarifas más elevadas del mundo (OCDE, 2007) esto, debido técnicamente a la misma estructura del mercado. El punto de partir, de las telecomunicaciones modernas, se articulan a partir de 1990, año en el que se privatiza Telemex, cuyo propósito inicial era el de contribuir al desarrollo económico mexicano, cuyas buenas intenciones de mejora quedaron postergadas por algunos defectos en los recursos normativos. Así, en 1995 se logra estructurar y poner en funcionamiento a la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL), quienes deberían desarrollar la tarea central de la regulación de tarifas de interconexión y mecanismos de promoción del acceso universal, hechos que no pudieron ser subsanados a lo largo de varios años (Piedras, Bonina & Verut, 2006).

Una segunda fase de la evolución de las telecomunicaciones en México, viene dada por la telefonía celular o móvil, siendo Iusasell y Telecel sus precursores, desde entonces el dinamismo de este mercado no ha dejado de sorprender a sus usuarios, aun con tarifas elevadas respecto de otros países, su presencia se hizo muy notoria. En el sector, el número de minutos cursados en las redes de los concesionarios, al 2006, presentó un aumento de 26 por ciento con relación al tercer trimestre de 2005, la cifra más baja de los últimos años. Por otro lado, el número de usuarios al cierre de septiembre de 2006 registró 52,99 millones, lo que significa un incremento de 19,9 por ciento respecto al mismo periodo de 2005. Con este valor, la teledensidad en telefonía celular alcanzó a 48,8 líneas por cada 100 habitantes, para el cierre del 2006 (Cofetel, 2006). A diferencia de la telefonía fija, en este mercado, existen otros competidores entre ellos: Telemex con un 72 por ciento de participación, Movistar 20 por ciento, Iusasell/Unefon 4 por ciento y Nextel con el restante 4 por ciento (CIU, 2009).

### **3. ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Para efectuar el análisis y predicción de la demanda de TF y TM se recurre a las RNAs, cuya aplicación sigue una secuencia metodológica que sugieren Martín del Brío y Sanz (2006): planteamiento del problema, requerimientos del sistema, revisión bibliográfica, elección del modelo de RNA, datos disponibles y selección de variables, elección de los conjuntos de aprendizaje y test, preprocesamiento, entrenamiento y evaluación de los resultados.

La pregunta de investigación del trabajo se formula como ¿Cuál es la predicción de la demanda de telefonía fija y telefonía móvil en México?, del que se desprenden los siguientes objetivos:

- Determinar el modelo de RNA más adecuado para predecir la demanda de TF y TM.
- Determinar la eficiencia del modelo RNA para predecir la demanda de TF y TM.
- Analizar y predecir la demanda de TF frente a la demanda de la TM.

La justificación teórica del estudio se centra en las debilidades de las técnicas tradicionales y las ventajas que ofrecen las RNAs para efectuar pronósticos. Entre las desventajas de

las técnicas de regresión (Duliba, 1991; Joseph, Wang y Shieh, 1992; Walter y Levy, 1979) se encuentran la generación de un número no manejable de ecuaciones de regresión candidatas, ignora el signo, la magnitud y la significancia de los coeficientes de regresión individuales; además es especialmente inepta para tratar con los *outliers* en el conjunto de datos; finalmente, las ecuaciones de regresión pueden estar distorsionadas cuando se tienen datos *missing* y con entornos complejos o contaminados (Johnson, 1989; Denton, 1995; Márquez, Hill, Worthley y Remus, 1991). Entre las ventajas de las RNAs, se encuentran justamente las debilidades de las técnicas tradicionales, así por ejemplo una RNA puede operar fácilmente con datos faltantes, de hecho es una de sus características, una considerable cantidad de investigaciones así lo atestiguan (Bell, De Tienne y Joshi, 2003; Kuo y Reitsch, 1996; Law, 2000; Nguyen y Cripps, 2001; Pérez, 2005; Pérez y Martín, 2003; Whang, 2008; White, 1988; Wilson y Keating, 2007), cuyos resultados comparados demuestran la superioridad de las RNAs en la mayoría de los casos (Kuo y Reitsch, 1996; Mena y Montecinos, 2006; Palmer y Montaña, 2002; West, Brockett y Golden, 1997). La justificación empírica de la investigación se traduce en la importancia de dilucidar el futuro que le depara tanto a la telefonía fija, como la móvil, ya que se encuentran en una situación muy particular por el desarrollo y penetración acelerada de la telefonía móvil, cuyas tendencias hacen prever que en un mediano plazo su efecto sea devastador para la telefonía fija.

Para realizar las predicciones, se recurrieron a fuentes de información secundarias entre ellas, la Comisión Federal de Telecomunicaciones y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, cuyas bases de datos fueron las proveedoras de la información mensual de las líneas telefónicas fijas instaladas y los usuarios de telefonía móvil, en ambos casos para el período comprendido entre enero de 1995 y enero de 2007. Por consiguiente, se operó con las cantidades demandadas de los servicios en cuestión, en función del tiempo. Asimismo, y luego de una exhaustiva revisión de los estudios anteriores se determinó aplicar el Perceptron Multicapa (MLP), con aprendizaje por retropropagación, para cuyo efecto, evaluando los programas informáticos disponibles en el mercado, comerciales y no comerciales, elegimos Dyane (Santesmases, 2005) en su tercera versión, exclusivo para la investigación dentro del área del marketing y las ciencias sociales. El MLP, además de ser un aproximador universal de funciones, ha demostrado suficiencia para la predicción de series de tiempo y regresiones, con excelente resultados en la medición de la demanda de gas y electricidad (Hobbs, Helman, Jitrapaikulsarn, Konda y Maratukulam, 1998; Hornik, Stinchcombe y White, 1989; Lendasse, Lee, Wertz y Verleysen, 2002; Mallo, 2004; Martin-Merino, 2005; Pérez y Martín, 2003).

Si bien en los últimos años se utilizaron diferentes tipos de RNAs para realizar predicciones, la arquitectura MLP con aprendizaje por retropropagación, demostró ser más eficiente, sobre todo por la simplicidad y flexibilidad que adquiere la arquitectura, dado que es posible operar con diferentes capas y diferentes nodos en cada capa, las «conexiones completas» de la arquitectura permiten realizar experimentos y pruebas con mayor facilidad, así la capa de salida puede estar conformada por uno o varios nodos, dependiendo del tipo de problema que se trate (Zhang, 2004). Como se apunta, para este trabajo, se realizaron algunas pruebas con diferentes arquitecturas, a través del «módulo inteligente» del software *Statistica Neural Networks* y *Automated Neural Networks*. Por defecto, el software realiza las pruebas necesarias con las siguientes arquitecturas: *Multilayer Perceptrons*, *Radial Basis Function Networks*, *Self-Organizing Feature Maps*, *Linear Networks*,

señalando la más óptima para el proceso solicitado, procedimiento que se explica en el manual del software (Statsoft, 2009).

#### 4. ELEMENTOS TEÓRICOS

Si bien en este apartado intentamos precisar los elementos teóricos de la investigación, no es sino un intento de resumen, sobre temas ampliamente tratados. Así, la demanda, puede ser definida como el número de unidades de un bien o servicio en particular que los consumidores esperan y pueden comprar bajo condiciones explícitas de tiempo, lugar y precio, entre otras. Esto significa que «es una función de un número de variables independientes, que puede ser expresada como una ecuación algebraica, una gráfica o una tabla» (Seo, 1991, p. 147). Sin embargo, también se puede definir como «las cantidades de un bien o servicio que la gente se encuentra dispuesta a comprar a distintos precios dentro de un cierto período, al mantenerse constantes otros factores distintos al precio» (Keat y Young, 2004, p. 79). Estas definiciones, suponen un salto implícito de una demanda individual o del consumidor hacia una demanda de mercado, ésta última, entendida como el agregado de las diferentes demandas individuales (Tansini, 2003), teniendo en cuenta la teoría económica de la conducta del consumidor desde el enfoque microeconómico (Frank, 2001).

El concepto de mercado, por su parte, viene a ser crucial para el análisis de la demanda, sobre el que se desarrollaron teorías económicas muy importantes. En términos generales, el mercado es el contexto dentro del cual toma lugar la compra y venta de mercancías, o donde se encuentran quienes demandan bienes y servicios con quienes los ofrecen (EU-MED, 2004). Aunque la palabra mercado designa el lugar físico donde se dan tales transacciones, el concepto económico es mucho más abstracto: se refiere al conjunto de interacciones humanas que, si bien tienen algún punto espacial de referencia, no deben por fuerza limitarse a un lugar determinado. Según Kotler y Keller (2006), desde el punto de vista del marketing, se entiende que mercado, es el conjunto de todos los compradores reales y potenciales de un producto, autores que además incluyen términos como los de: mercado potencial, tamaño de mercado, mercado disponible, mercado disponible calificado, mercado meta y mercado penetrado. Mayor amplitud véase en las publicaciones de Kotler (Kotler, 1993, 1996; Kotler, Armstrong, Saunders y Wong, 2000; Kotler y Armstrong, 2001; Kotler, 2000 y Kotler 2002).

En consecuencia, Kotler y Keller (2006) proponen 90 niveles de análisis de la demanda, agrupados en: nivel de producto (seis), nivel espacial (cinco) y nivel temporal (tres). Enfoque que ha predominado en el accionar del marketing a lo largo de los últimos años. Centrando la atención en el mercado y entendiéndola como un «conjunto de personas, individuales u organizadas, que necesitan un producto o servicios determinado, que desean o pueden desear comprar y que además tienen capacidad, económica y legal, para comprar» (Santesmases, Sánchez y Valderrey, 2003, p. 125), es que se puede hablar de un análisis y/o medición de la demanda. El pronosticar la demanda implicará el conocimiento del comportamiento actual y pasado de la demanda, así como de las variables que influyen en dicho comportamiento; entonces se podrá realizar una previsión del nivel de la demanda en el futuro (Santesmases, Sánchez y Valderrey, 2003). Por tanto, para medir la demanda, existen diferentes instrumentos y herramientas estadísticas desarrolladas a la fecha,

Kinncar y Taylor (2000) presentan un excelente resumen al respecto. Sin embargo cabe puntualizar la agrupación que Gordon (1992) realizó. En la investigación, si bien trabajamos con una serie de tiempo, lo que implica dos variables en cada caso, se recurren a las técnicas señaladas en el apartado metodológico, considerando las implicaciones apuntadas por Glenn (1999).

La demanda de telefonía, en particular, está sujeta a la característica general más importante de la demanda de telecomunicaciones, su consumo en red. Genera al menos dos externalidades, la necesidad de existencia de una segunda parte, involucrada en el servicio y la necesidad de operación en red, al incorporarse una tercera parte en el servicio. Entonces, emergen dos tipos de demanda en la telefonía, la demanda de acceso al servicio y la demanda de uso del servicio. La primera que se identifica a partir de la adquisición de una línea telefónica y la segunda a partir del consumo traducido en minutos o tráfico, entrante o saliente, generado por cada usuario (Taylor, 1994). En este trabajo, tal como se expuso se adopta la primera opción, la demanda de líneas telefónicas. Varios estudios han propuesto diferentes metodologías, así en el tema de la demanda de TM es posible identificar al menos dos enfoques, el primero relacionado con estimaciones de corte transversal y el segundo con estimaciones de la demanda incorporando series temporales (Larraín y Quiroz 2003). La adopción de un nuevo producto o tecnología en el tiempo, normalmente, sigue un patrón de crecimiento de una curva logística (Griliches, 1957), en la que se pueden identificar períodos de inicio de bajo crecimiento, con pocos usuarios, seguidos por períodos con una aceleración importante en el crecimiento (efecto imitación). Otros trabajos en el tema han utilizado una curva logística para modelar la introducción de la TM en mercados específicos, entre ellos Dineen (2000) en el Reino Unido, Tishler, Ventura y Watters (2001) en Israel, mientras que Gruber y Verboven (2001) la utilizan para un análisis de 140 países. Otros modelos, han venido siendo aplicados a la demanda de telefonía y telecomunicaciones recurriendo a funciones de utilidad, precios y elasticidades, estableciendo relaciones de orden causal (Taylor, 1994 y 2000).

El análisis y la medición de la demanda estuvieron, y están, fuertemente asentadas en la aplicación de las tradicionales herramientas de la estadística frecuentista<sup>1</sup>. En este trabajo, se aplican las RNAs como una opción para tratar problemas tan habituales como el que ahora nos preocupa. Así una RNA, partiendo de aquella similitud con las neuronas biológicas que trabajan en conjunto, conforman redes altamente especializadas, generando un elevado poder sinérgico para la resolución de problemas concretos.

El Perceptrón Multicapa o Multinivel (MLP por sus siglas en inglés), es el modelo de RNA ampliamente utilizado, que incluye capas ocultas. Se la define como red unidireccional hacia adelante, *feedforward*, compuesto por una o varias capas de neuronas ocultas entre las de entrada y salida. Cada neurona conlleva su umbral correspondiente, que en el caso del MLP suele tratarse como una conexión más a la neurona, cuya entrada es constante e igual a 1 (Isasi y Galván, 2004). Asimismo, las neuronas de las capas ocultas y la capa de salida calculan sus entradas como la suma ponderada de los valores, que provienen de la capa anterior por los pesos; donde la activación de cada una de las neuronas se determina aplicando su función de activación. En este caso, las neuronas de las capas ocultas llevan

---

<sup>1</sup> Nótese que la estadística tradicionalmente es dividida en dos grandes escuelas, la escuela «Bayesiana» y la llamada escuela «Frecuentista» (Liese y Miescke, 2008; Stauffer, 2007; Ghosh, 2009)

una función de tipo sigmoide, esto con el propósito de minimizar la función de error asociada al modelo, a través de la retropropagación del error (Pérez y Martín, 2003). El entrenamiento habitual de una red MLP es a través de la retropropagación (BP por sus siglas en inglés). En la estructura de un MLP con una sola capa oculta (es la que aplicamos), la capa de entrada estará constituida por « $m$ » neuronas, la capa oculta por « $h$ » neuronas, y la capa de salida por « $n$ » neuronas. Entonces, un MLP formado por tres capas, matemáticamente, se estructura de la siguiente manera:

- a. Los valores de entrada  $x_1, x_2, \dots, x_m$  con sus pesos,  $w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1h}; w_{21}, w_{22}, \dots, w_{2h}; \dots, w_{m1}, w_{m2}, \dots, w_{mh}$ , asociados a sus conexiones con las « $h$ » neuronas de la capa oculta, y  $v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}; v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2n}; \dots, v_{h1}, v_{h2}, \dots, v_{hn}$ , los pesos sinápticos asociados a las conexiones entre las neuronas de la capa oculta con las  $n$  neuronas de salida.
- b. Los valores  $z_1, z_2, \dots, z_h$  que salen de las neuronas de la capa oculta se expresan:

$$z_k = g\left(\sum_{i=0}^m w_{ik} x_i\right), k = 1, 2, \dots, h$$

Siendo « $g$ » la función de activación de la capa oculta, donde se introduce una neurona ficticia de entrada,  $x_0$ , con valor igual a 1, denotándose los valores umbrales de las neuronas de esta capa por  $-w_{0k}$ .

- c. Finalmente, los valores de salida  $y_1, y_2, \dots, y_n$  que se obtienen de la red y vienen dados por.

$$y_j = f\left(\sum_{k=0}^h w_{kj} z_k\right) = f\left(\sum_{k=0}^h v_{kj} g\left(\sum_{i=0}^m w_{ik} x_i\right)\right) j = 1, 2, \dots, n,$$

$f$  es la función de activación de la capa de salida, donde se introduce una neurona oculta ficticia,  $z_0$ , con valor igual a 1, denotándose los valores umbrales de las neuronas de esta capa por  $-v_{0j}$ .

A modo de síntesis, el MLP define, a través de sus conexiones y neuronas, una función continua no lineal del espacio  $R^n_1$  (espacio de los patrones de entrada) al espacio  $R^n_c$  (espacio de los patrones de salida). Que se puede expresar como:  $Y = F(X, W)$  Donde  $Y$  es el vector formado por las salidas de la red,  $X$  el vector de entrada,  $W$  el conjunto de todos los parámetros de la red (pesos y umbrales) y  $F$  es una función continua no lineal.

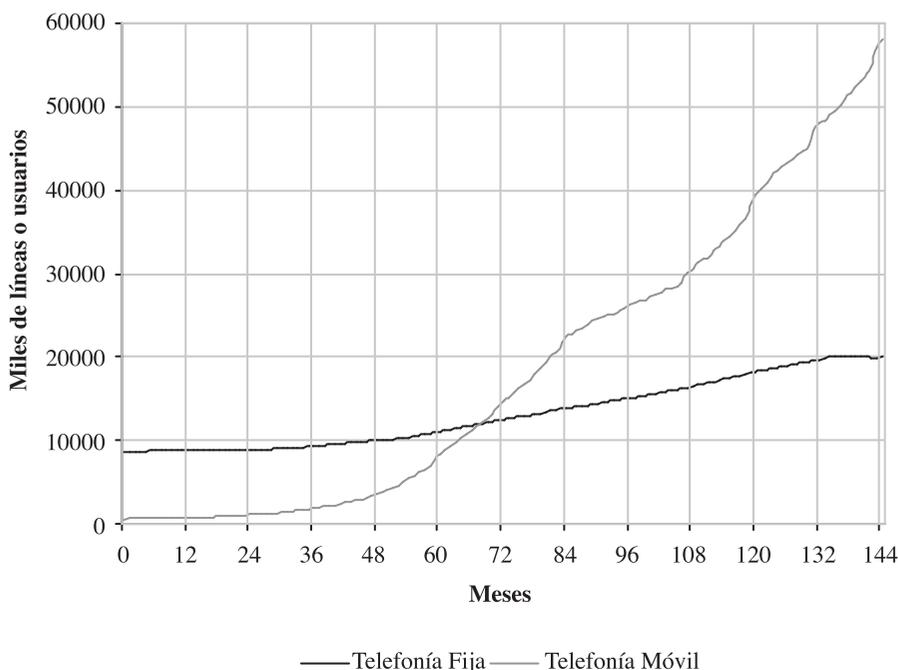
## 5. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. La información de entrada

La información utilizada, en la investigación, es la siguiente: número de líneas telefónicas fijas en servicio, por meses, de enero 1995 a enero 2007, y cantidad de usuarios de TM,

por meses, de enero 1995 a enero 2007. El modelo neuronal, requirió una transformación escalar de la información, esto supuso estandarizarla, es decir, a cada valor de la variable, se le restó su media y se dividió su resultado por la desviación típica, así se obtuvo una nueva variable tipificada o normalizada. La información previamente analizada, nos permite señalar que, la telefonía fija (TF) dejó de crecer a partir del mes de junio del 2006, mientras que la TM muestra un crecimiento brusco y acelerado. Según la tendencia observada (véase la Figura N° 1) se puede inferir que la TF ha llegado a su etapa de maduración tecnológica por lo que se impone un salto tecnológico que le permita crecer, por ejemplo a través del uso del teléfono dual o el videoteléfono de alta definición. En los últimos diez años la TF creció a un ritmo de un millón de líneas anuales (8,5%), en promedio, mientras que la TM lo hizo a un ritmo 5,6 millones (53,7%). Nótese la diferencia astronómica existente entre ambos, aunque en los dos últimos períodos los crecimientos fueron mucho más reducidos. Sin embargo, llama la atención la caída del crecimiento de la TF que alcanzó un 1,8 por ciento, la más baja de los últimos diez años. Al final, los autores concluyen, es un comportamiento natural en el que derivan las tecnologías por la aparición de una nueva, la TM, que empezó a afectar en la TF. En adelante veremos qué es lo que sucederá, al menos en el corto plazo, con el comportamiento de ambos servicios.

Figura 1  
**Telefonía fija y móvil 1995 - 2006**  
(por meses)



Fuente: Elaboración propia con base en COFETEL (2007).

## 5.2. Predicciones a través de RNAs

Siendo las RNAs, técnicas relativamente nuevas en su aplicación al área de las ciencias económicas y empresariales, en una primera instancia se presenta el entrenamiento de la red y sus valores respectivos, y seguidamente, las predicciones propiamente dichas.

### A. Entrenamiento de la red

El aprendizaje o entrenamiento de una RNA es el proceso por el cual las neuronas ajustan sus respuestas, es decir se cambian los pesos y el umbral, para que los resultados de la red se ajusten a los esperados (Santesmases, 2005). Entonces, partiendo de esta consideración a continuación el proceso del aprendizaje ejecutado con el Dyane 3. Asimismo, véase un resumen en el Cuadro N° 1.

Cuadro 1  
Valores óptimos del entrenamiento

Detalle	Telefonía Fija	Telefonía Móvil
Datos históricos (todas las variables)	145 casos	145 casos
Conjunto de entrenamiento	145 casos	145 casos
Conjunto de evaluación	156 casos	156 casos
Tasa de entrenamiento	0,7	0,7
Momento	0,3	0,3
Error cuadrático medio (ECM) mínimo:	0,0053629577	0,0089905149
Iteraciones (en la que se obtuvo el ECM mínimo)	50.094	9.538

Fuente: Adaptaciones propias y los resultados emitidos del software (2008).

- a. *Conjunto de entrenamiento y evaluación*: se disponen de un total de 145 datos históricos, por meses, de enero de 1995 a enero del 2007, se opta por tomar todos los casos como conjunto de entrenamiento. Sin embargo, para el conjunto de evaluación, se consideran 156 casos, es decir los 145 originales y 12 adicionales que serían las predicciones que realizaría el MLP. Para una correcta evaluación se generan 12 datos ausentes, los que el modelo estimaría.
- b. *Tasa de entrenamiento y momento*: teniendo en cuenta que la tasa de entrenamiento y el momento afectan a la velocidad y tiempo de entrenamiento, así como a los pesos, se ensayaron con varios valores, los que no afectaron sustancialmente a los resultados finales del propio entrenamiento. Se optó por dejar los valores por defecto del software: tasa de entrenamiento inicial de uno y final de 0,7. Para el caso del momento decidimos por la misma opción: momento inicial de 0 y final de 0,3.

- c. *Neuronas ocultas e iteraciones*: se eligió trabajar con un MLP de una sola capa oculta, en esta capa se decidió introducir 2 neuronas (tanto para la TF como la TM), luego de algunas pruebas y modificaciones. Con las iteraciones sucedió lo mismo se probaron diversas iteraciones, ya que el software así lo permitía, al final se obtuvo los valores óptimos en la iteración 50094 para la TF y en la iteración 9538 para la TM.

Cuadro 2

**Estadísticas de la variable *Output***

Detalle	Telefonía Fija	Telefonía Móvil
Media*	0,0000	0,0000
Desviación estándar*	0,9641	0,9641
Media de los errores de estimación	0,1245	0,1523
Desviación estándar de los errores	0,4523	0,5635
Ratio D.E. errores/output	0,4692	0,5844
Correlación estim/output	0,9053	0,8624

Fuente: Adaptaciones propias y los resultados emitidos del software (2008).

\* Nótese que los valores, tanto para la TF como la TM, son los mismos. Esto se debe a que los valores originales fueron estandarizados.

**B. Predicciones de la demanda**

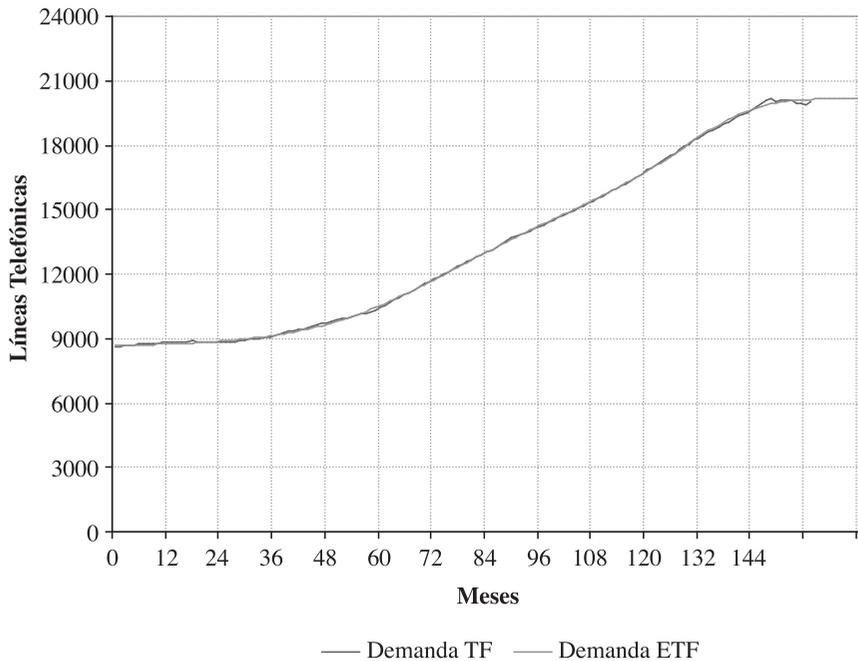
Las predicciones se realizaron teniendo en cuenta una serie estadísticas que manifiestan la aceptación de los resultados emitidos por la RNA aplicada, utilizando el Dyane 3. Estas estadísticas, son sobre los valores *output*, es decir sobre las predicciones, véase el Cuadro N° 2.

Observando la Figura N° 1, notaremos que las predicciones de la TF son tan precisas, que la superposición de los valores, con los originales, es casi total, y luego se nota el comportamiento estimado que seguirá la demanda en el futuro, que en cierta medida alcanzaría una estabilidad, si no un decrecimiento muy lento, esto puede explicarse por el comportamiento del entorno y otros aspectos que hacen a la telefonía fija, como una propiedad obligada. Es decir, para acceder a un teléfono fijo se deben cubrir ciertos montos iniciales, relativamente altos, ésta inversión es la que hace que los clientes actuales no renuncien a dichos montos y desde luego al teléfono fijo y sus servicios. Por otro lado, la convergencia de las telecomunicaciones puede lograr cierta reconversión del producto telefonía fija, incluyendo nuevos servicios, entre los que se cuentan aparatos telefónicos tecnológicamente mejorados, servicios de valor agregado como correo de voz, contestador automático, etc. Pero, quizás la posibilidad de que los pares de cobre, conectados a la fibra óptica, se potencialicen para brindar no solo servicios de voz, si no también, como ya se

lo hace, servicios de banda ancha, televisión a la carta, y videoteléfono; sea la razón más importante para mantener su demanda. Estos aspectos, pueden hacer que en un mediano plazo la demanda de telefonía fija, de alguna manera se mantenga estable, con una ligera tendencia hacia la baja.

Figura 5

**Demanda de TF observada y predicciones de la red neuronal**

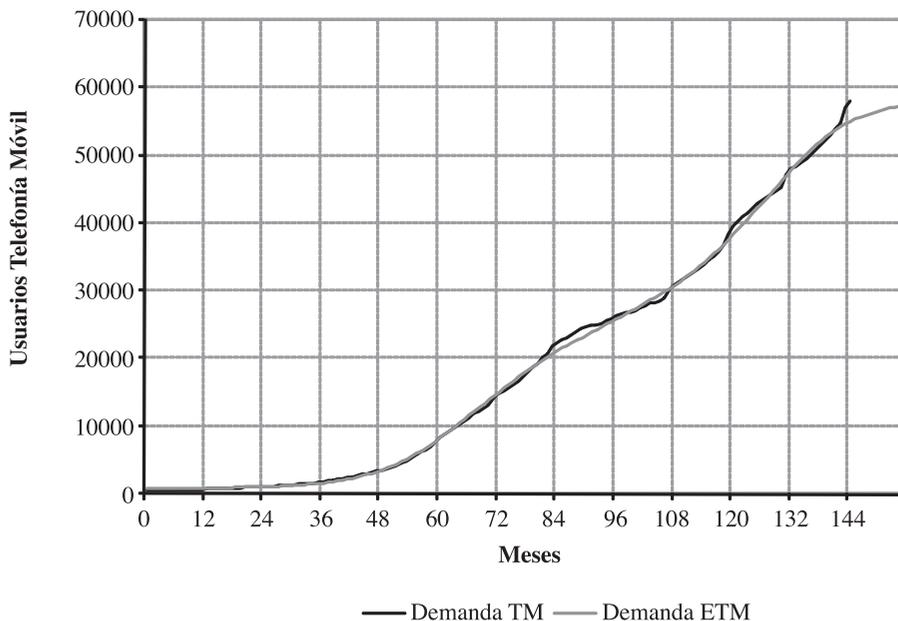


Fuente: Elaboración propia con los resultados de las predicciones (2008).

Por su parte, la telefonía móvil tiene un comportamiento totalmente diferente al de la TF, ya que constituye un mercado mucho más dinámico y con cambios mucho más drásticos, tecnológicamente hablando. Este comportamiento lo podemos apreciar con mucha claridad en la Figura N° 6. Nótese, de igual manera que en el caso de la TF, en la TM las predicciones se encuentran muy próximas a los valores originales, además notaremos que su crecimiento a lo largo de los últimos años fue mucho más sostenido, aunque en los tres últimos años sus tasas de crecimiento se fueron haciendo decrecientes. En este punto cabe remarcar que las predicciones a futuro, por las RNAs, pueden no ser de las mejores contrastándolas con la realidad, ya que constituyen un mercado sumamente dinámico, cuyas tasas de crecimiento pueden en cualquier momento ser revertidas bruscamente.

Figura 6

**Demanda de TM observada y predicciones de la red neuronal**



Fuente: Elaboración propia con los resultados de las predicciones (2008).

Con el solo propósito de ilustrar la eficiencia con la que actúan las RNAs, en este caso el MLP, sobre otra alternativa de predicción como lo son las regresiones curvilíneas, utilizando los procedimientos correspondientes, nos permitimos trabajar con los valores estimados de las variables analizadas, sometiéndolas a la prueba del Error Cuadrático Medio cuyos resultados son muy alentadores para el MLP, para cuyo efecto utilizamos la relación que propone Diebold (2001), utilizando el Error Cuadrático Medio de la Predicción (ECMP). Los resultados, de esta prueba, nos señalan que las RNAs aplicadas a la TF tienen un ECMP = 4052,3, y la TM alcanza un ECMP = 337828,4. Mientras que los valores de las regresiones curvilíneas para la TF alcanzan un ECM = 22875 y la TM logra un ECMP = 1987841. Entonces, notaremos la gran diferencia entre ambas técnicas aplicadas y lo beneficioso que puede ser recurrir a las RNAs, para realizar predicciones en este caso de la demanda de TF como TM.

## 6. CONCLUSIONES

Considerando nuestro problema de investigación y los objetivos planteados, presentados en el apartado metodológico, se concluye que:

- La demanda de TF y TM siguen un comportamiento diferenciado, fundamentalmente por el efecto generado de la TM sobre la TF. Es decir que el desarrollo y crecimiento sostenido de la TM viene afectando de manera significativa a la demanda de TF. Las predicciones de ambos servicios, si bien se aproximan a la realidad, no deben ser consideradas «fírramente» ya que el sector, por su naturaleza propia es sumamente dinámico.
- El comportamiento de la demanda de TF, en los meses más recientes, sigue un patrón de saturación o estabilidad. Desde el punto de vista del ciclo de vida de un producto o servicio, se puede asegurar que alcanzó la plena madurez y se encuentra en una etapa de declinación, confirmada con información recientemente emitida por la misma Cofetel. Esto significa que nos aproximamos a una etapa de cambios importantes en términos de TF, cuyos operadores extremaran esfuerzos para evitar una caída acelerada, por el momento no significativa.
- El comportamiento de la demanda de TM sigue un patrón creciente, aunque con ciertas reducciones en sus tasas de crecimiento anuales, fundamentalmente entre los años 2004, 2005 y 2006. Sin embargo, este crecimiento desacelerado no es significativo, ya que desde principios del 2007 el sector mostró un fuerte crecimiento, generado fundamentalmente por las reducciones de precios y el incremento de competitividad impulsado por las empresas participantes del sector.
- Los modelos curvilíneos aplicados, sólo con propósitos compartativos (no presentados, pero comentados en este trabajo) proporcionan buenos ajustes, que en su caso pueden ser utilizados para realizar análisis posteriores, poniendo especial atención en los modelos cúbicos, y su transformación logarítmica.
- Si bien se realizaron pruebas con algunas arquitecturas diferentes a una MLP, la literatura y los estudios realizados, incluyendo múltiples iteraciones, se confirmó que el Perceptron Multicapa, con aprendizaje por retropropagación, de una sola capa oculta, es el modelo de Red Neuronal Artificial ideal para resolver el problema de predicción de la demanda, en nuestro caso la demanda de TF y TM.
- Las comparaciones entre las predicciones emitidas por los modelos curvilíneos y las RNAs, efectuadas a través de la aplicación del ECMP, muestran fehacientemente que las RNA a través del MLP constituyen un mejor predictor.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, D.K., DE TIENNE, D.H. Y JOSHI, S.A. (2003): «Neural networks as statistical tools for business researchers», *Organizational Research Methods*, Vol. 6, N° 2, pp. 236-265.
- CIU (2009): *Telefonía móvil*. México: The Competitive Intelligence Unit
- COFETEL (2006): *Índice de producción del sector de telecomunicaciones*. México: Cofetel.
- COFETEL (2007): *Dirección de Información Estadística de Mercados*. México: Cofetel.
- COCA, C.A.M. (2006, octubre): «Análisis de la demanda: Un enfoque de mercadotecnia». Ponencia presentada en el *XI Foro de Investigación - Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática*, México D.F.

- CTC (2004): *Estimación de demanda: Informe de modificaciones e insistencias*. Chile: Telefónica, Bayes Inference.
- DENTON, J.W. (1995): «How good are neural networks for causal forecasting?», *Journal of Business Forecasting Methods and Systems*, Vol.14, N° 2, pp. 17-21.
- DIEBOLD, F. (2001): *Elementos de pronósticos*. México: Thomson Learning.
- DINEEN, C. (2000, Julio): «Demand analysis and penetration forecasts for the mobile telephone market in the U.K.», *Telecommunications: The Bridge to Globalization in the Information Society*, XIII Conferencia de la Sociedad Internacional de Telecomunicaciones (ITS), Buenos Aires, Argentina.
- DULIBA, K.A. (1991): «Contrasting neural nets with regression in predicting performance in the transportation industry», *Proceedings of the 24<sup>th</sup> Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 4, 163-170.
- EUMED (2004): «Diccionario de economía y finanzas», Extraído el 18 mayo, 2005 de <http://www.eumed.net/cursecon/dic/M.htm>.
- FRANK, R.H. (2001): *Microeconomía y conducta* (4ª ed.). España: McGraw-Hill/Interamericana de España.
- GARCÍA, A.P. (2006): *La evolución de las telecomunicaciones en México*. México: Tecnológico de Monterrey, EGAP.
- GHOSH, S. Y RAO, C.R. (1996): *Handbook of statistics 13: Design and analysis of experiments*. The Netherlands: Elsevier Science B.V.
- GLENN, J.C. (1999): Statistical modeling: From time series to simulation. En J. Glenn (Ed.), *Futures Research Methodology Version 1.0*, (Chapter 13). Washington DC: Millennium Project, World Federation of UN Associations.
- GORDON, T.J. (1992): «The methods of futures research», *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, Vol. 522, N° 1, pp. 36-44.
- GRILICHES, Z. (1957): «Hybrid corn: An exploration in the economics of technical change», *Econometrica*, Vol. 25, N° 4, pp. 501-522.
- GRUBER, H. Y VERBOVEN, F. (2001): «The evolution of markets under entry standards and regulation: The case of Global Mobile Telecommunications», *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 19, N° 7, pp. 1189-1212.
- HOBBS, B.F., HELMAN, U., JITPRAPAIKULSARN, S., KONDA, S. Y MARATUKULAM, D. (1998): «Artificial neural networks for short-term energy forecasting: Accuracy and economic value», *Neurocomputing*, Vol. 23, N° 1-3, pp. 71-84.
- HORNIK, K., STINCHCOMBE, M. Y WHITE, H. (1989): Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators. *Neural Networks*, Vol. 2, N° 5, pp. 359-366.
- ISASI, V.P. Y GALVAN, L.I.M. (2004): *Redes de neuronas artificiales: Un enfoque práctico*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- JOHNSON, D.E. (1989): «Harnessing the power of multiple regression», *Chemical Engineering*, November, pp. 176-188.
- JOSEPH, B., WANG, F.H. Y SHIEH, S.S. (1992): «Exploratory data analysis: A comparison of statistical methods with artificial neural networks», *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 16, N° 4, pp. 413-423.
- KEAT, P.G. Y YOUNG, P.K. (2004): *Economía de empresa* (4ª ed.). México: Pearson Prentice Hall.
- KINNEAR, T. Y TAYLOR, J. (2000): *Investigación de mercados: Un enfoque aplicado* (5ª ed.). Colombia: McGraw-Hill.
- KOTLER, P. (1993): *Dirección de la mercadotecnia: análisis, planeación, implementación y control* (7ª ed.). México: Prentice Hall.
- KOTLER, P. (1996): *Dirección de la mercadotecnia: Análisis, planeación, implementación y control* (8ª ed.). México: Prentice Hall.

- KOTLER, P. (2000): *Dirección de marketing: Edición del milenio* (10ª ed.). Madrid: Pearson Prentice Hall.
- KOTLER, P. (2002): *Dirección de marketing: conceptos esenciales*. México: Prentice Hall.
- KOTLER, P. Y ARMSTRONG, G. (2001): *Marketing* (8ª ed.). México: Prentice Hall.
- KOTLER, P., ARMSTRONG, G., SAUNDERS, J. Y WONG, V. (2000): *Introducción al marketing* (2ª ed.). Madrid: Prentice Hall.
- KOTLER, P. Y KELLER, K. (2006): *Marketing management* (12th ed.): New Jersey: Pearson.
- KUO, C. Y REITSCH, A. (1996): «Neural networks vs. Conventional methods of forecasting», *The Journal of Business Forecasting*, Winter, pp. 17 – 22.
- LARRAÍN, B.F. Y QUIROZ, C.J. (2003): *Estimación de Demanda por servicios de telefonía móvil período 2004 – 2008*. Chile: Telefónica Móvil.
- LAW, R. (2000): «Back-propagation learning in improving the accuracy of neural network-based tourism demand forecasting», *Tourism Management*, Vol. 21, N° 4, pp. 331 – 340.
- LENDASSE, A., LEE, J., WERTZ, V. Y VERLEYSEN, M. (2002): «Forecasting electricity consumption using nonlinear projection and self-organizing maps», *Neurocomputing*, Vol. 48, N° 1-4, pp. 299-311.
- LIESE, F. Y MIESCKE, K.J. (2008): *Statistical decision theory: Estimation, testing, and selection*. New York: Springer.
- LUGO, L.J.G. Y ZURITA, G.J. (2004): «El costo social del monopolio de Telmex en la telefonía fija local», *Análisis Económico*, Vol. XIX, N° 42, pp. 187-197.
- MALLO, G.C. (2004): «Predicción de la demanda eléctrica horaria mediante redes neuronales artificiales», *Recta*, Vol. 5, N° 1, pp. 5-28.
- MÁRQUEZ, L., HILL, T., WORTHLEY, R. Y REMUS, W. (1991): «Neural network models as an alternative to regression». *Proceedings of the 24th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 4, 129-135.
- MARTÍN DEL BRÍO, B. Y SANZ, M.A. (2006): *Redes neuronales y sistemas difusos* (2ª ed.). Colombia: Alfaomega.
- MARTÍN-MERINO, A.M. (2005): *Técnicas neuronales y estadísticas para la predicción de demanda eléctrica*. Salamanca: Amarú.
- MENA, F.C. Y MONTECINOS, G.R. (2006): «Comparación de redes neuronales y regresión lineal para estimar productividad de sitio en plantaciones forestales, utilizando geomática», *Bosque*, Vol. 27, N° 1, pp. 35-43.
- NEWBERY, D.M. (1999): *Privatization, restructuring and regulation of network utilities*. EUA: MIT Press.
- NGUYEN, N. Y CRIPPS, A. (2001): «Predicting housing value: A comparison of multiple regression analysis and artificial neural networks», *Journal of Real Estate Research*, Vol. 22, N° 3, pp. 313-336.
- OCDE (2007): *OCDE communications Outlook 2007: Information and communications technologies*. OCDE Publishing
- OTERO, C.L.E. (2007): «Las telecomunicaciones en la España contemporánea, 1800-2000», *Cuadernos de Historia Contemporánea*, Vol. 29, pp. 119-152.
- PALMER, P.A. Y MONTAÑO, M.J.J. (2002): «Redes neuronales artificiales aplicadas al análisis de supervivencia: un estudio comparativo con el modelo de regresión de Cox en su aspecto predictivo», *Psicothema*, Vol. 14, N° 3, pp. 630-636.
- PÉREZ, L.C. (2005): *Métodos estadísticos avanzados con SPSS*. España: Thomson.
- PÉREZ, D.M.L. Y MARTÍN, M.Q. (2003): *Aplicaciones de las redes neuronales artificiales a la estadística*. Madrid: La Muralla, S.A.
- PIEDRAS, E., BONINA, C. Y VERUT, C. (2006): *Contribuciones sociales y económicas de la telefonía móvil en México*. México: CIDE.

- PITA, B.P. Y CADIMA, N. (2001): *The impact of mobile phone diffusion on the fixed-link Network*. Portugal: Universidade Nova de Lisboa y Portugal Telecom.
- RODRÍGUEZ, S.G. (2000): *Telecomunicación*. Extraído el 10 mayo, 2007 de <http://www.fortunecity.es/imaginapoder/artes/368/escuela/telecom/telecomunicacion.htm>.
- RUMELHART, D.E. Y MCCLELLAND, J.L. (1986): *Parallel distributed processing*. Vol.1, Cambridge, MA.: MIT Press.
- SANTEMASES, M.M. (2005): *Dyane. Versión 3: Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados*. España: Ediciones Pirámide.
- SANTEMASES, M. SÁNCHEZ, A. Y VALDERREY F. (2003): *Mercadotecnia: conceptos y estrategias*. Madrid: Pirámide.
- SEO, K.K. (1991): *Managerial Economics. Text, Problems, and Short Cases* (7ª ed.). Homewood, Boston: Irwin.
- STATSOFT (2009): *Statistica Automated Neural Networks*. Extraído el 15 mayo, 2009 de [http://www.statsoft.com/products/stat\\_nn.html](http://www.statsoft.com/products/stat_nn.html).
- STAUFFER, H.B. (2008): *Contemporary bayesian and frequentist statistical research methods for natural resource scientists*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- SUGOLOV, P. (2005): *Are mobil phones and fixed lines substitutes or complements? Evidence from transition economies*. Project submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Arts, Department of Economics, Simon Fraser University, Canada.
- TANSINI, R. (2003): *Guía para no economistas*. Uruguay: Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República.
- TAYLOR, L.D. (1994): *Telecommunications demand in theory and practice*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- TAYLOR, L.D. (2000): *Telecommunications demand analysis in transition: An overview of part I*. En D. Loomis, y L. Taylor (Eds.), *The Future of the Telecommunications Industry: Forecasting and demand analysis*, (pp. 7–19). Germany: Springer-Verlag GmbH, Heidelberg.
- THE WORLD BANK (2006): *Information and communications for development 2006. Global trends and policies*. Washington DC: The World Bank.
- TISHLER, A., VENTURA, R. Y WATTERS, J. (2001): «Cellular telephones in the Israeli market: The demand, the choice of provider and potential revenues», *Applied Economics*, Vol. 33, N° 11, pp. 1479 – 1492.
- WALKER, O., BOYD, H., MULLINS, J. Y LARRÉCHÉ, J. (2003): *Marketing strategy: a decision – focused approach* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- WALTER, J.T. Y LEVY, E. (1979): «Limitations in the logic of regression forecasting. *American Statistical Association*», *Proceedings of the Business and Economic Statistics Section*, 541-545.
- WANG, C.S.G. (2008): «A guide to Box-Jenkins modeling», *The Journal of Business Forecasting*. Spring, pp. 19 – 28.
- WEINGARTEN, M. Y BENITO-MARTÍN, J.J. (1994): *U.S. Telecommunications Demand: A macroeconomic view*. USA: Monitor Telecom Advisory Services.
- WEST, P.M., BROCKETT, P.L. Y GOLDEN, L.L. (1997): «A comparative analysis of neural networks and statistical methods for predicting consumer choice», *Marketing Science*, Vol. 16, N° 4, pp. 370-391.
- WHITE, H. (1988): «Economic Prediction Using Neural Networks: The Case of IBM Daily Stock Returns», *Proceedings of the Second Annual IEEE Conference on Neural Networks*, II, 451-458.
- WILSON, J.H. Y KEATING, B. (2007): *Pronósticos en los negocios con ForecastX basado en Excel* (5ª ed.). México: McGraw – Hill.
- ZHANG, G.P. (2004): «Business Forecasting with Artificial Neural Networks: An Overview». En P. Zhang (Ed.), *Neural Networks in Business Forecasting* (pp. 1-22). London: Idea Group Publishing.

