



Análisis Económico

ISSN: 0185-3937

analeco@correo.azc.uam.mx

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad
Azcapotzalco
México

Coca Carasila, Andrés Milton; Villagómez Méndez, Juan
Telefonía fija y telefonía celular: el dilema de la demanda, 1995-2006
Análisis Económico, vol. XXV, núm. 58, 2010, pp. 159-183
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41313083008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Telefonía fija y telefonía celular: el dilema de la demanda, 1995-2006

(Recibido: abril/09–aprobado: diciembre/09)

*Andrés Milton Coca Carasila**
*Juan Villagómez Méndez***

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, así como 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 cual 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. Para cuyo efecto proponemos aplicar técnicas novedosas que nos ayuda a este propósito, como lo son las Redes Neuronales Artificiales.

Palabras clave: redes neuronales artificiales, demanda, telefonía fija, telefonía móvil.

Clasificación JEL: L96, M21, C45.

*Profesor-Investigador del Departamento de Posgrado de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Mayor de San Simón (cocamilton@yahoo.com.mx).

**Profesor-Investigador de la Unidad Académica de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Guerrero (juanvillagomez2006@yahoo.com).

Introducción

El dinamismo del mercado, en particular el de las Tecnologías de Información y las Comunicaciones (TIC), ha impactado fuertemente en la vida del ser humano. No es para menos, su evolución y desarrollo en los últimos años, ha alcanzado niveles insospechados, los cambios disruptivos¹ generados en el sector constituyen una excelente oportunidad para desarrollar investigaciones desde diferentes áreas del conocimiento. Dentro de ello, la telefonía constituye un sector atractivo como objeto de investigación, por los importantes cambios en los que se ve inmerso, la adopción y exclusión acelerada de los servicios por parte de los usuarios, los cambios en los precios, la introducción de servicios complementarios, la inclusión de nuevas tecnologías con el soporte del servicio, entre otros. 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 obvia, ¿qué pasará con la telefonía fija?

En esta línea, las ciencias económicas se han valido de otras ciencias para realizar sus análisis, reflexiones, mediciones y estudios, entre ellas las matemáticas y la estadística. Por mucho tiempo la preocupación central de economistas y expertos en mercadotecnia fue, y lo es aún, analizar, medir y realizar pronósticos sobre la demanda de 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 mercadotecnia, en definitiva para conocer el futuro de los negocios y detectar las oportunidades que presenta el mercado. La estadística, ha contribuido y proporcionado el arsenal necesario para operar en los frentes señalados. Las comunidades científicas han prestado particular interés por el campo de aplicación en el área organizacional y de mercado, una muestra de ello es que la *American Statistical Association* dispone de capítulos especializados para tal propósito. 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, y en especial las Redes Neuronales Artificiales (RNA). La disponibilidad de grandes contingentes de información, incluyendo el desarrollo computacional hacen que las RNA constituyan una alternativa muy seria, para satisfacer las exigencias que plantean los problemas de análisis, medición y predicción.

¹ En este trabajo se entiende por “disruptivo” como aquello que produce una ruptura brusca (RAE, 2007).

El análisis del mercado y el de la demanda en particular, es un tema estratégico fundamental, porque toda estrategia deja de tener sentido alguno si se obvia un análisis profundo y detallado del mercado, sobre todo si la organización pretende orientarse al cliente. 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 estudio es analizar y predecir la demanda de telefonía fija y telefonía móvil en México, mediante RNA, comparados con modelos de regresión curvilíneos. Para alcanzar dicho objetivo, el trabajo se ha organizado en cuatro apartados: el primero presenta el marco contextual, en él se describen el ámbito en que se realiza la investigación empírica, la telefonía fija y móvil en México; el segundo, introduce los aspectos metodológicos aplicados; el tercer punto trata los aspectos teóricos sobre la demanda y las RNA; el cuarto muestra los resultados de la investigación; y finalmente presentamos las conclusiones del estudio.

1. Marco contextual

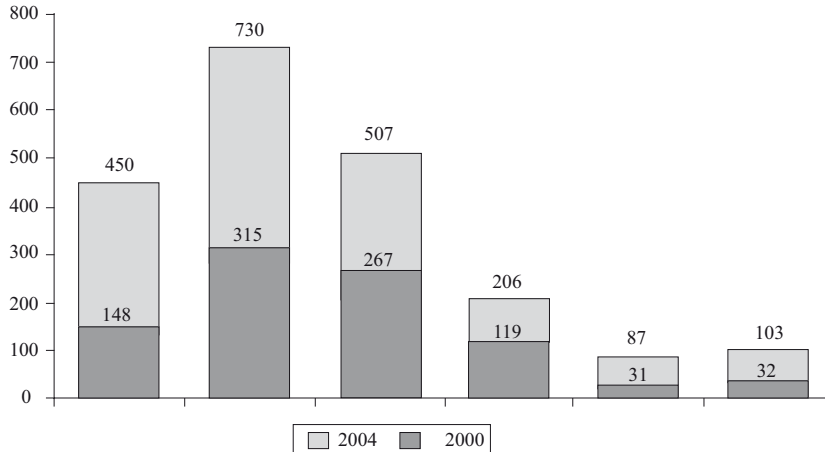
En la evolución de las telecomunicaciones la telegrafía eléctrica constituyó el principio de una revolución, que cambió y moldeó el mundo del siglo XIX, la telegrafía sin hilos y la telefonía lo hicieron en el siglo XX, sentando las bases para la radio-difusión y la televisión. Un poco más adelante, la televisión y las comunicaciones por satélite abrieron un nuevo mundo, que transformó la sociedad de la segunda mitad del siglo XX. El hilo telefónico se convirtió en el instrumento por el que se canalizaron las innovaciones de las telecomunicaciones, naciendo la sociedad de la información, cuya innegable culminación se tradujo en la expansión de internet (Otero, 2007). Actualmente, los satélites utilizados para la comunicación telefónica y la transmisión de datos digitales e imágenes de televisión, son los más numerosos e importantes. El término telecomunicación incluye las diferentes formas de comunicación a distancia, radio, telegrafía, televisión, telefonía, transmisión de datos e interconexión de computadoras (Rodríguez, 2000). Por su parte, la Unión Internacional de Telecomunicaciones define la telecomunicación como toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos (Figueiras, 2002). Sin embargo, de una forma mucho más amplia se puede comprender con sencillez que la telecomunicación es

una tecnología que elimina la distancia entre los continentes, entre los países y entre las personas (Huurdean, 2003). Finalmente, las telecomunicaciones en el contexto de la transmisión se definen, de forma concisa, como la tecnología del transporte de la información (Huurdean, 1997).

En los últimos años, las TIC, 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 sesenta y setenta mostraron cómo fortalecen la economía, producción y distribución, prestación de servicios y la administración gubernamental. Los países en desarrollo representaban más de 60% de las líneas telefónicas del mundo en 2005, frente a menos de 20% en 1980. Durante este periodo, la población aumentó en la mitad y el PIB real creció el doble, mientras que el número de usuarios de teléfonos se incrementó 28 veces. La mayor parte del crecimiento reciente es de teléfonos móviles, que superan a los fijos. En general, los teléfonos móviles 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 algunos de sus beneficios. Con los servicios de prepago, tarjetas o fichas, las familias pobres se han beneficiado del acceso telefónico. Para 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 2000 y 2004 se duplica (véase Gráfica 1). Sin embargo, el crecimiento fue más alto en el África Subsahariana, con la triplicación de la tasa, aunque todavía con un bajo nivel, 103 suscriptores por cada mil personas (World Bank y NetLibrary, 2006).

En México, el crecimiento de las telecomunicaciones en los últimos años se ha acelerado, de 1988 a 2004 su Valor Agregado Bruto (VAB) sectorial, se ha multiplicado más de siete veces, con un crecimiento anual promedio de 13.4%. En ese lapso, el VAB de las telecomunicaciones pasó de representar 1% del VAB total del país a 4.8%. 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 Alba, 2006: 6). Sin embargo, durante el tercer trimestre de 2006, el sector registró un crecimiento de 16.7% con relación al mismo periodo de 2005, lo que representa una ligera reducción con respecto a la tasa observada el trimestre inmediato anterior. Incremento favorable con respecto al experimentado por la economía en su conjunto, que fue de 4.6% durante el trimestre en cuestión. En general, la industria de las telecomunicaciones creció 17.1% durante los primeros nueve meses de 2006, cifra menor a la alcanzada un año antes, que fue de 22.9% (Comisión Federal de Telecomunicaciones, 2006).

Gráfica 1
Abonados en telefonía fija y móvil 2000 y 2004
(por cada mil personas)



Fuente: World Bank y NetLibrary (2006: 6).

La penetración del servicio de telefonía fija continúa siendo el indicador simple más representativo de la evolución general 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 Alba, 2006 y Gruber y Verboven, 2001). Una característica de la telefonía fija, es su importante inversión en redes extendidas y sus centrales telefónicas, este hecho hace que se la califique como monopolio natural (Newbery, 1999). En la práctica, todos los operadores, deben utilizar las redes de telefonía fija, sin la cual sería difícil atender a sus usuarios, Telmex hasta nuestros mantiene una importante participación de mercado, 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 6% respecto al mismo periodo de 2005, lo que se traduce en un leve retroceso en relación con el trimestre anterior. La intensa competencia de operadores móviles explican, en parte, el proceso de desaceleración que este sector ha mostrado desde el cierre de 2004 (Comisión Federal de Telecomunicaciones, 2006). En términos de teledensidad, México registra 19.1 líneas fijas por cada 100 habitantes hasta 2006.

En el caso de la telefonía celular o móvil, el número de minutos cursados en las redes de los concesionarios, al 2006, presentó un aumento de 26% en relación al tercer trimestre de 2005, la cifra más baja desde hace cuatro 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% respecto al mismo periodo de 2005. Con este valor, la teledensidad en telefonía celular se ubica en aproximadamente 48.8 líneas por cada 100 habitantes, para el cierre de 2006.

2. Aspectos metodológicos

Para realizar las predicciones de la demanda de telefonía fija y de telefonía móvil se recurren a las regresiones basadas en mínimos cuadrados, en una primera instancia y asimismo a las RNA. En ésta línea, el desarrollo de una aplicación de RNA debe seguir una secuencia metodológica, considerando los pasos que proponen Martín del Brío y Sanz (2006). Estos pasos, consideran los siguientes puntos: planteamiento del problema, requerimientos del sistema, revisión bibliográfica, elección del modelo de RNA, datos disponibles y selección de variables relevantes, elección de los conjuntos de aprendizaje y test, preprocesamiento, proceso de entrenamiento y evaluación de los resultados. Estos puntos fueron considerados en el desarrollo del presente trabajo.

La pregunta de investigación que guía el trabajo se formula en los siguientes términos ¿cuáles son las predicciones de la demanda de telefonía fija y telefonía móvil? Asimismo, se formulan los siguientes objetivos específicos: a) determinar el modelo curvilíneo más adecuado para predecir la demanda de telefonía fija y móvil en México; b) determinar el modelo de RNA más adecuado para predecir la demanda de telefonía fija y móvil en México; c) determinar el modelo estadístico más eficiente para predecir la demanda de telefonía fija y móvil en México; d) analizar y predecir la demanda de telefonía fija frente a la demanda de la telefonía móvil en México.

La justificación teórica del estudio se centra en las debilidades de las técnicas tradicionales y las ventajas que ofrecen las RNA 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 no puede operar con los llamados *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 RNA se encuentran justamente las debilidades de las técnicas tradicionales (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 en diferentes estudios demuestran la superioridad de las RNA (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.

Los datos que permitieron realizar las predicciones se obtuvieron de 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 periodo 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 de la mercadotecnia y las ciencias sociales. El MLP, además de ser un aproximador universal de funciones, ha demostrado suficiencia para la predicción de series de tiempo, con excelentes 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; Martín-Merino, 2005; Pérez y Martín, 2003). De igual manera, y luego de varios ensayos, tomando en cuenta una regresión logística y series temporales, aplicando programas como el SPSS y STATISTICA, se derivó en la aplicación de los modelos de regresión curvilíneos. Los modelos de regresión curvilíneos utilizados, parten de considerar el tiempo (meses) como la variable independiente. En realidad el comportamiento de la demanda a través del tiempo pudiera considerarse como una serie de tiempo, sin embargo lo que sobresale de ella es únicamente la tendencia; por ello los modelos curvilíneos serían los adecuados.

3. Elementos teóricos

Si bien en este apartado se intentan precisar los elementos teóricos claves de la investigación, estamos conscientes de que no es sino un intento de “resumen” sobre

temas ampliamente tratados y que sólo los condensamos con la idea de precisar lo más importante para nuestro estudio. 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 un cuadro (Seo, 1991: 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 periodo, al mantenerse constantes otros factores distintos al precio (Keat y Young, 2004: 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 mercado, constituye la base del 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 (Sabino, 1991: 200). Aunque en castellano la palabra mercado designa frecuentemente 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 de la mercadotecnia, se entiende que: “mercado”, es el conjunto de todos los compradores reales y potenciales de un producto; “mercado potencial”, conjunto de clientes que manifiestan un grado suficiente de interés en una determinada oferta de mercado; el “tamaño de mercado” depende del número de compradores que pudieran existir para una oferta de mercado en particular (está en función del interés y los ingresos para la adquisición de las ofertas de mercado); “mercado disponible”, definido por el conjunto de consumidores que tienen interés, ingresos y acceso a una oferta de mercado específica; “mercado disponible calificado”, conjunto de consumidores que tienen interés, ingresos, acceso y cualidades que concuerdan con la oferta de mercado en particular; “mercado meta” o “mercado al que se sirve”, es la parte del mercado disponible calificado que la empresa decide captar; “mercado penetrado”, llamado “mercado en el que se incursiona” es el conjunto de consumidores que ya ha comprado el producto (Kotler, 1993; Kotler, 1996; Kotler, Armstrong, Saunders y Wong, 2000; Kotler y Armstrong, 2001; Kotler, 2000; Kotler, 2002).

Partiendo de lo señalado, Kotler y Keller (2006) establecen que existen 90 clases o niveles de análisis de la demanda, considerando tres niveles o dimensiones

generales: nivel de producto (seis), nivel espacial (cinco) y nivel temporal (tres). Este enfoque ha predominado en el accionar de la mercadotecnia en los últimos años. Por consiguiente, centrando nuestra 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: 125), es que se puede hablar de un análisis y/o medición de la demanda de mercado o de empresa. Por su parte, específicamente, 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, Kinneary y Taylor (2000) presentan un excelente resumen al respecto. Sin embargo cabe puntualizar la agrupación que Gordon (1992) realizó, señalando que los métodos de modelización estadística incluyen: análisis de series de tiempo, análisis de regresión, modelos multiecuación y simulación. 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, siendo conscientes de las implicaciones que conlleva el trabajar con una serie de tiempo, apuntadas claramente por Glenn (1999).

La demanda de telefonía está sujeta a una característica muy importante, el consumo en red, condicionando su uso y acceso. Así, existen al menos dos externalidades, la necesidad de una segunda parte involucrada en el servicio (receptor de la comunicación) y la necesidad de operación en red, al incorporarse una tercera parte en el servicio (dos personas que se comunican y la red establecida con las demás personas que disponen del servicio). Debe quedar claro que se pueden hablar de dos tipos de demanda en el entorno de la telefonía, la demanda de acceso al servicio y la demanda de uso del servicio. La primera que se identifica con claridad a partir de la adquisición de una línea telefónica y la segunda asociada al consumo traducido en minutos o tráfico, entrante o saliente, generado por cada usuario (Taylor, 1994). En el presente trabajo se opera con la primera opción, es decir la demanda de acceso telefónico, al respecto muchos estudios anteriores han presentado propuestas de análisis con diferentes metodologías, una escueta revisión de los modelos aplicados, de estimación de la demanda, empleados en el sector, de acuerdo con la experiencia de las empresas de telecomunicaciones en diferentes partes del mundo, muestra que en el tema de la demanda de telefonía móvil 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). Se debe subrayar que la adopción de un nuevo producto o tecnología en el tiempo, normalmente sigue un patrón de crecimiento de una curva logística (Griliches, 1957), en ella se pueden identificar periodos de inicio de bajo crecimiento, con pocos usuarios, son seguidos por una aceleración importante en el crecimiento (efecto imitación) que se van moderando en el tiempo hasta llegar a una masa crítica de usuarios en que el mercado ha alcanzado su penetración máxima o nivel de saturación potencial. Varios trabajos en el tema han utilizado una curva logística para modelar la introducción de la telefonía móvil 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. Sin embargo modelos mucho más elaborados, han sido aplicados a la demanda de telefonía y telecomunicaciones recurriendo a funciones de utilidad, precios y elasticidades, estableciendo relaciones de orden causal (Taylor, 1994, 2000), modelos que no forman parte de los propósitos de este trabajo, sin embargo son tomados en cuenta por su profundidad de análisis, marco teórico estructurado y aplicaciones realizadas.

Por muchos años, el análisis y la medición de la demanda estuvieron, y están, fuertemente asentadas en la aplicación de las tradicionales herramientas de la estadística frecuentista. En este trabajo se aplican las RNA como una opción para tratar problemas tan habituales como el que ahora nos preocupa. Así, una Red Neuronal Artificial, 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. Entonces, siguiendo el enfoque de Isasi y Galván (2004), una red neuronal, gráficamente identificada se representa por neuronas interconectadas, simulando a las células biológicas, denominándose patrón de conectividad o arquitectura de la red.

El perceptrón, es uno de los modelos de RNA ampliamente utilizados en el ámbito de ciencias económicas. Cuando incluye capas ocultas, se denomina Perceptron Multicapa o Multinivel (MLP por sus siglas en inglés). Se le define como red unidireccional hacia adelante, *feedforward*, compuesto por una o varias capas de neuronas ocultas entre las de entrada y salida. En la capa de entrada, cada neurona corresponde a un conjunto de datos de entrada, procedentes del exterior, en el resto de las capas los datos procederán de las neuronas de la capa previa. Generalmente, todas las neuronas de una capa están conectadas a todas las neuronas de la siguiente capa. 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

proviene de la capa anterior por los pesos; donde la activación de cada una de las neuronas se determina aplicando su función de activación respectiva. En este caso, las neuronas de las capas ocultas llevan 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, o regla Delta Generalizada, es decir un algoritmo de descenso por el gradiente, el que requiere funciones de activación derivables (Pérez y Martín, 2003). Entonces, el entrenamiento habitual de una red MLP es mediante la retropropagación (BP por sus siglas en inglés), aunque también se puede recurrir al gradiente conjugado, algoritmos cuasi-newton o algoritmos genéticos.

En la estructura de un MLP con una sola capa oculta (para nuestro estudio, es la que nos interesa), 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:

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

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:

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

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 $-v_{0j}$.

Entonces, de esta estructura se deduce que el número de parámetros de un MLP con una capa oculta es $h(m + n + 1) + n$.

A modo de síntesis, con una nomenclatura matricial (Isasi y Galván, 2004), se puede señalar que 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.

El modelo MLP se caracteriza por su algoritmo de aprendizaje, el cual se realiza a través de la retropropagación de los errores. Este algoritmo está basado en la generalización de la regla delta, de tipo supervisado por corrección de los errores aplicando una función de error en la salida y luego en la oculta y así sucesivamente hacia atrás. Se sabe que la función correctora de errores es similar a la del problema de mínimos cuadrados, y que las funciones de transferencia de las neuronas deben ser derivables. El modelo matemático con sus detalles particulares y la secuencia respectiva de manera muy ilustrativa la encontramos en el trabajo de Hernández (2004).

4. Resultados de la investigación

Los resultados de la investigación se organizan en tres partes: revisión y análisis inicial de la información de partida, las predicciones a través de modelos curvilíneos y las predicciones a través de RNA.

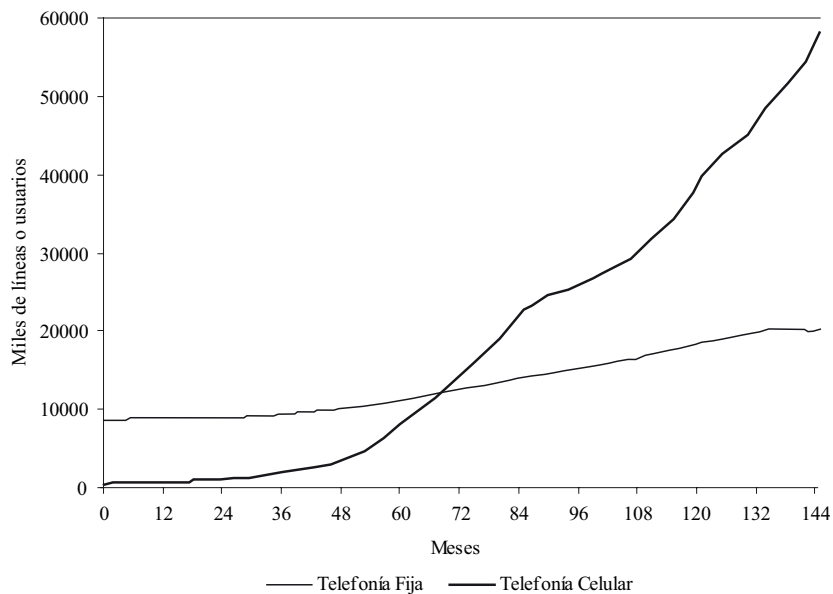
4.1 Análisis de la información de entrada

La información utilizada para el estudio es la siguiente: número de líneas telefónicas fijas en servicio, por meses, de enero 1995 a enero 2007, y cantidad de usuarios de telefonía móvil (TM), por meses, de enero de 1995 a enero de 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. De manera similar en los modelos curvilíneos se procedió con la aplicación de logaritmos y antilogaritmos, para transformar la información original.

La información de partida muestra que el número de líneas de telefonía fija (TF) dejó de incrementarse a partir del mes de junio de 2006, mientras que la TM registra un crecimiento brusco y acelerado. Según la tendencia observada (véase

Gráfica 2) 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 mediante el 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, en promedio, mientras que la TM lo hizo a un ritmo 5.6 millones, en muchos casos logrando duplicarse el número de TM de un año a otro. Nótese la diferencia astronómica existente entre ambos, aunque en los dos últimos periodos los crecimientos fueron mucho más reducidos. Sin embargo, llama la atención la caída del crecimiento de la TF que alcanzó 1.8%, la más baja de los últimos diez años. Este comportamiento es habitual cuando emergen nuevas tecnologías, la TM que empezó a afectar en la TF.

Gráfica 2
Telefonía fija y móvil 1995 - 2006
(por meses)

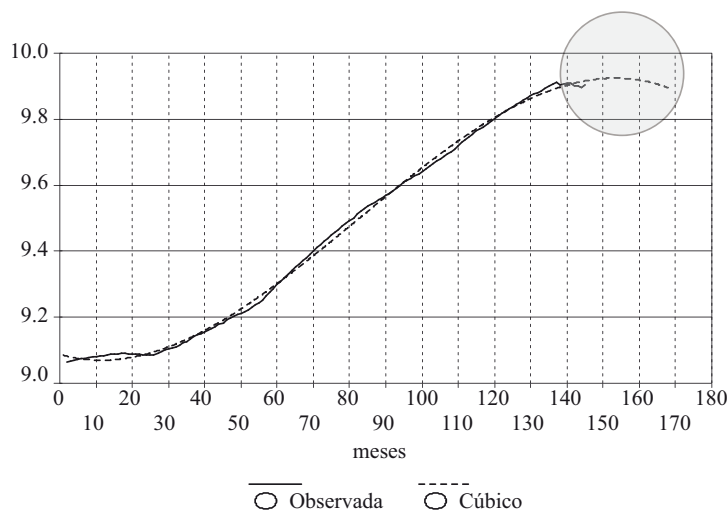


Fuente: Elaboración propia con base en COFETEL (2007).

4.2 Predicciones por regresiones curvilíneas

El ajuste de un polinomio de quinto grado a la demanda de TF, puede usarse para predecir la demanda futura. Sin embargo, la tendencia del modelo teórico es creciente y los datos observados se estabilizan en el mes 136 (abril de 2006) por tanto el modelo no es adecuado. Ello obliga a utilizar modelos no lineales como el logístico y otros, pero no se obtienen buenos ajustes. Para poder preparar los datos y ajustar un modelo más apropiado se acude a una transformación logarítmica, así se tiene un rango de variación entre 9.0 y 10.0, mientras que los datos originales van entre 8 y 20 millones aproximadamente. Al utilizar este modelo se obtienen buenos resultados (véase Gráfica 3). Un coeficiente de determinación de 0.999, un nivel de significancia muy por debajo de 1% y errores estándares de los estimadores de los coeficientes tan bajos que los intervalos de confianza no contienen al cero.

Gráfica 3
Ajuste polinomio de tercer grado TF



Fuente: Elaboración propia.

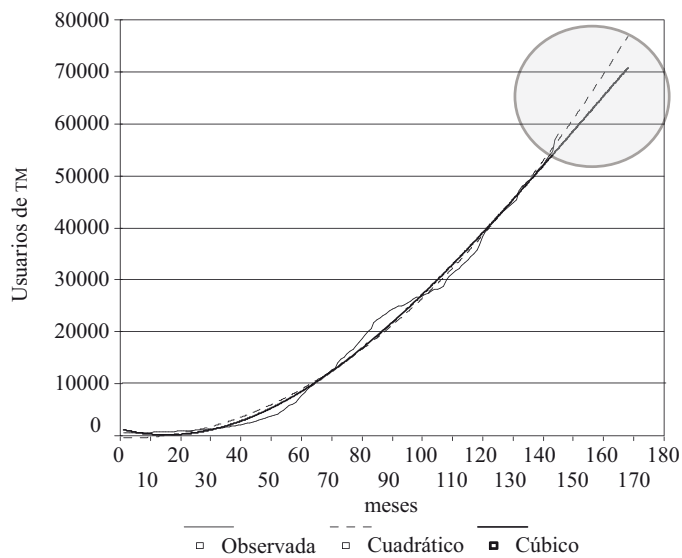
Así, el modelo de predicción para la TF será:

$$\ln(TF_t) = 9.0873 - 0.0031t + 0.001t^2 + 0.0000006t^3 + u_t$$

Donde, t son los valores de las cantidades mensuales de líneas de TF. A partir de este modelo se efectúan las predicciones para $\ln(TF_t)$ como variable dependiente, teniendo las predicciones se aplica el antilogaritmo para regresar a los datos originales de TF.

Para el caso de la TM, considerando que su crecimiento tiene una tendencia curvilínea, se ajustan dos modelos de crecimiento no lineales, uno de tendencia cuadrática y otro de tendencia cúbica. Se puede ver que la ecuación cuadrática tiende a continuar, con mayor apego, la trayectoria que lleva la demanda de usuarios de TM (véase Gráfica 4).

Gráfica 4
Ajuste cuadrático y cúbico TM



Fuente: Elaboración propia.

Los modelos de predicción serían:

$$TM = b_0 + b_1t + b_2t^2 + u_t \quad \text{ó} \quad TM = b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3 + u_t$$

Los coeficientes de determinación son 0.99667 y 0.99733, respectivamente, por su reducida diferencia se puede adoptar cualquiera de los modelos para las predicciones, en nuestro caso se eligió el modelo cuadrático, que gráficamente

parecería que orienta mejor las predicciones. Introduciendo los coeficientes correspondientes en el modelo seleccionado se tendría:

$$TM = -401.264(MES) - 12.467(MES) + 2.81146(MES)^2$$

4.3 Predicciones a través de Redes Neuronales Artificiales

Las RNA son técnicas relativamente nuevas en su aplicación al área de las ciencias económicas y empresariales, en este apartado presentamos los resultados y los análisis previos que exigen su aplicación. Para cuyo efecto, en una primera instancia se presenta el entrenamiento de la red, es decir las iteraciones que permiten operar con las capas ocultas determinando los pesos ideales y sus valores respectivos y seguidas las predicciones propiamente dichas.

4.3.1 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, de tal forma que los resultados de la red se ajusten a los resultados esperados (Santesmases, 2005). Partiendo de esta consideración el proceso del aprendizaje es ejecutado con el *Dyane* en su versión 3 (véase Cuadro 1).

Cuadro 1
Valores óptimos del entrenamiento

<i>Detalle</i>	<i>Telefonía fija</i>	<i>Telefonía móvil</i>
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*.

Conjunto de entrenamiento y evaluación

Se disponen de un total de 145 datos históricos por meses, de enero de 1995 a enero de 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.

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 distintos valores, los que no afectaron sustancialmente a los resultados finales del propio entrenamiento. Se inclinó por dejar los valores por defecto del *software* que son: tasa de entrenamiento inicial de uno y final de 0.7. Para el caso del momento decidimos por la misma opción, dejando los valores por defecto del *software*: momento inicial de 0 y final de 0.3.

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 50,094 para la TF y en la iteración 9,538 para la TM.

4.3.2 Predicciones de la demanda

Las predicciones se realizaron considerando una serie estadísticas que manifiestan la aceptación de los resultados emitidos por la RNA aplicada, utilizando el *Dyane*. Estas estadísticas, son sobre los valores *output*, es decir sobre las predicciones (véase Cuadro 2).

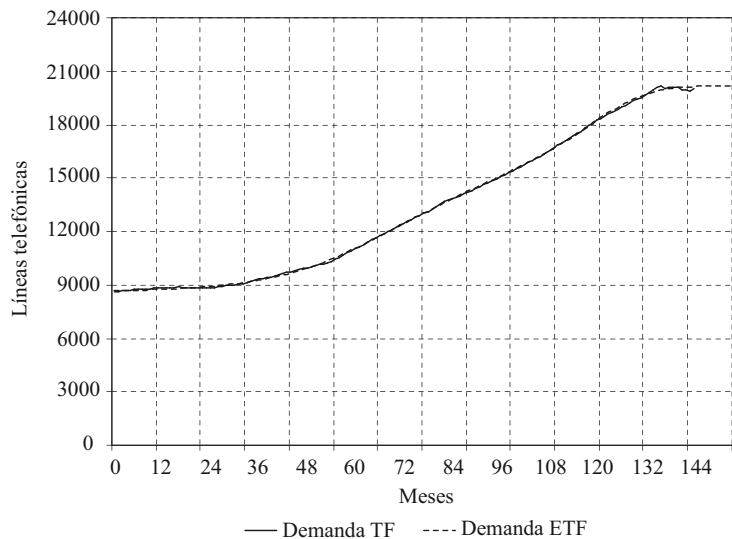
Cuadro 2
Estadísticas de la variable *output*

<i>Detalle</i>	<i>Telefonía fija</i>	<i>Telefonía móvil</i>
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*.

La Gráfica 5 muestra que las predicciones de la TF son tan precisas, que la superposición de los valores, con los originales es evidente, notándose el comportamiento estimado que seguirá la demanda en los próximos 12 meses, que alcanzaría una estabilidad, si no un decrecimiento muy lento, esto puede explicarse por el comportamiento del entorno y otros aspectos que hacen a la TF, como una propiedad obligada. Es decir, para acceder a un teléfono fijo se deben cubrir ciertos montos iniciales, relativamente altos, ésta inversión 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 TF, 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 TF, de alguna manera se mantenga estable, con una ligera tendencia hacia la baja.

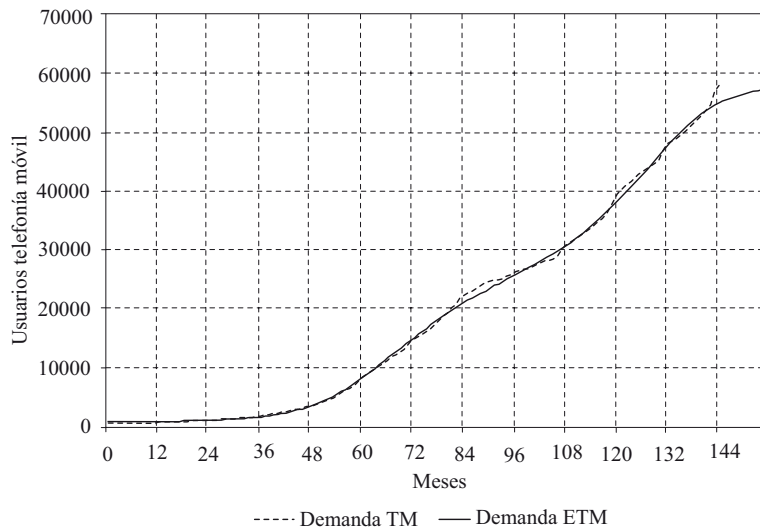
Gráfica 5
Demanda de TF observada y predicciones de la red neuronal



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

Por su parte, la TM tiene un comportamiento totalmente diferente al de la TF. Este lo podemos apreciar con mucha claridad en la Gráfica 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 su crecimiento en los últimos años fue más sostenido, aunque en los tres últimos años sus tasas de crecimiento fueron decrecientes. En este punto cabe remarcar que las predicciones a futuro, por las RNA, pueden no ser de las mejores contrastándolas con la realidad, porque constituyen un mercado sumamente dinámico, cuyas tasas de decrecimiento pueden en cualquier momento ser revertidas bruscamente.

Gráfica 6
Demanda de TM observada y predicciones de la red neuronal



Fuente: Elaboración propia con los resultados de las predicciones.

Con el solo propósito de ilustrar la eficiencia con la que actúan las RNA, en este caso el MLP, sobre otra alternativa de predicción como lo son las regresiones curvilíneas, 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 tal efecto utilizamos la siguiente relación, que propone Diebold (2001):

$$ECMP = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}$$

Donde:

ECMP = Error cuadrático medio de la predicción.

y_i = es el i ésimo valor observado.

\hat{y}_i = es el i ésimo valor pronosticado.

n = es el número de valores analizados.

Los resultados nos señalan que las RNA aplicadas a la TF tienen un ECMP = 4052.3, y la TM alcanza un ECMP = 337828.4. Mientras que los valores de la 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 es recurrir a las RNA, para realizar predicciones en este caso de la demanda de TF como TM.

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 considerados “fríamente” ya que el sector, por su naturaleza propia es sumamente dinámico.

El comportamiento de la demanda de TF, en los últimos periodos de análisis, 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, porque desde principios de 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 en este trabajo proporcionan buenos ajustes, la suma de cuadrados de los residuos alcanzan valores muy próximos a cero, que en su caso pueden ser utilizados para realizar análisis posteriores, poniendo especial atención en los modelos cúbicos, con el cuidado de la transformación logarítmica para un ajuste adecuado.

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 RNA, efectuadas por medio de la aplicación del ECMP, al margen de los resultados presentados en las graficas 3, 4, 5 y 6; muestran fehacientemente que las RNA a través del MLP constituyen un mejor predictor.

Referencias bibliográficas

- Bell, D. K., D. H. De Tienne y S. A. Joshi (2003). "Neural networks as statistical tools for business researchers", *Organizational Research Methods*, vol. 6, num. 2, pp. 236-265.
- Comisión Federal de Telecomunicaciones (2006). *Índice de producción del sector de telecomunicaciones*, México: Cofetel.
- (2007). *Dirección de Información Estadística de Mercados*, México: Cofetel.
- Coca Carasila, A. M. (2006). "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, octubre.
- 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, num.2, pp. 17-21.
- Diebold, F. (2001). *Elementos de pronósticos*, México: Thomson Learning.

- Dineen, C. (2000). "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, julio.
- Duliba, K. A. (1991). "Contrasting neural nets with regression in predicting performance in the transportation industry", *Proceedings of the 24th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 4, 163-170.
- Figueiras Vidal, A. R. (2002). *Una panorámica de las telecomunicaciones*. Madrid: Prentice Hall.
- Frank, R. H. (2001). *Microeconomía y conducta*, España: McGraw-Hill/Interamericana de España.
- García Alba, P. (2006). *La evolución de las telecomunicaciones en México*, México: Tecnológico de Monterrey, EGAP.
- Glenn, J. C. (1999). "Statistical modeling: From time series to simulation", en Glenn, J. (ed.), *Futures Research Methodology Version 1.0*, (Chapter 13), Washington D. C.: 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, num. 1, pp. 36-44.
- Griliches, Z. (1957). "Hybrid corn: An exploration in the economics of technical change", *Econometrica*, vol. 25, num. 4, pp. 501-522.
- Gruber, H. y F. Verboven (2001). "The evolution of markets under entry standards and regulation: The case of Global Mobile Telecommunications", *International Journal of Industrial Organization*, vol. 19, num. 7, pp. 1189-1212.
- Hernández Barrera, N. E. (2004). *Redes neuronales artificiales en oceanografía*, Tesis Doctoral, Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Facultad de Matemáticas, Universidad de Sevilla.
- Hobbs, B. F., U. Helman, S. Jitprapaikulsarn, S. Konda y D. Maratukulam (1998). "Artificial neural networks for short-term energy forecasting: Accuracy and economic value", *Neurocomputing*, vol. 23, num. 1-3, pp. 71-84.
- Hornik, K., M. Stinchcombe y H. White (1989). "Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators", *Neural Networks*, vol. 2, num. 5, pp. 359-366.
- Huurdeman, A. A. (2003). *The worldwide history of telecommunications*, New York: J. Wiley.
- (1997). *Guide to telecommunications transmission Systems*, The Artech House telecommunications library. Boston: Artech House.
- Isasi, V. P. y L. I. M. Galvan (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., F. H. Wang y S. S. Shieh (1992). "Exploratory data analysis: A comparison of statistical methods with artificial neural networks", *Computers and Chemical Engineering*, vol. 16, num. 4, pp. 413-423.
- Keat, P. G. y P. K. Young (2004). *Economía de empresa*, México: Pearson Prentice Hall.
- Kinnear, T. Y J. Taylor (2000). *Investigación de mercados: Un enfoque aplicado*, Colombia: McGraw-Hill.
- Kotler, P. (2002). *Dirección de marketing: conceptos esenciales*, México: Prentice Hall.
- (2000). *Dirección de marketing: Edición del milenio*, Madrid: Pearson Prentice Hall.
- (1996). *Dirección de la mercadotecnia: Análisis, planeación, implementación y control*, México: Prentice Hall.
- (1993). *Dirección de la mercadotecnia: análisis, planeación, implementación y control*, México: Prentice Hall.
- Kotler, P. y G. Armstrong (2001). *Marketing*, México: Prentice Hall.
- Kotler, P., G. Armstrong, J. Saunders y V. Wong (2000). *Introducción al marketing*, Madrid: Prentice Hall.
- y K. Keller (2006). *Marketing Management*, New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Kuo, C. y A. Reitsch (1996). "Neural networks vs. Conventional methods of forecasting", *The Journal of Business Forecasting*, winter, pp. 17-22.
- Larraín, B. F. y C. J. Quiroz (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, num. 4, pp. 331-340.
- Lendasse, A., J. Lee, V. Wertz y M. Verleysen (2002). "Forecasting electricity consumption using nonlinear projection and self-organizing maps", *Neurocomputing*, vol. 48, num. 1-4, pp. 299-311.
- Lugo López, J. y J. Zurita González (2004). "El costo social del monopolio de Telmex en la telefonía fija local", *Análisis Económico*, vol. XIX, núm. 42, 187-197.
- Mallo, G. C. (2004). "Predicción de la demanda eléctrica horaria mediante redes neuronales artificiales", *Recta*, vol. 5, núm. 1, pp. 5-28.
- Márquez, L., T. Hill, R. Worthley y W. Remus (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 A. Sanz Molina (2006). *Redes neuronales y sistemas difusos*, Colombia: Alfaomega.
- Martín-Merino, A. M. (2005). *Técnicas neuronales y estadísticas para la predicción de demanda eléctrica*, Salamanca: Amarú.
- Mena, F. C. y G. R. Montecinos (2006). “Comparación de redes neuronales y regresión lineal para estimar productividad de sitio en plantaciones forestales, utilizando geomática”, *Bosque*, vol. 27, núm. 1, pp. 35-43.
- Newbery, D. M. (1999). *Privatization, restructuring and regulation of network utilities*, EUA: MIT Press.
- Nguyen, N. y A. Cripps (2001). “Predicting housing value: A comparison of multiple regression analysis and artificial neural networks”, *Journal of Real Estate Research*, vol. 22, num. 3, pp. 313-336.
- Otero Carvajal, L. E. (2007). “Las telecomunicaciones en la España contemporánea, 1800-200”, *Cuadernos de Historia Contemporánea*, vol. 29, pp. 13-18.
- Palmer, P. A. y M. J. J. Montaña (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, num. 3, pp. 630-636.
- Pérez López, C. (2005). *Métodos estadísticos avanzados con SPSS*, España: Thomson.
- Pérez Delgado, M. L. y Q. Martín Martín (2003). *Aplicaciones de las redes neuronales artificiales a la estadística*, Madrid: La Muralla, S. A.
- Pita, B. P. y N. Cadima (2001). *The impact of mobile phone diffusion on the fixed-link Network*, Portugal: Universidade Nova de Lisboa & Portugal Telecom.
- Rodríguez Sarmiento, G. (2000). “Telecomunicación”, consultado el 10 mayo de 2007 en (<http://www.fortunecity.es/imaginapoder/artes/368/escuela/telecom/telecomunicacion.htm>).
- RAE (2007). *Diccionario de la Real Academia Española*, consultado el 19 enero de 2008 en (<http://www.rae.es/>).
- Rumelhart, D. E. y J. L. McClelland (1986). *Parallel distributed processing*, vol. 1, MIT Press.
- Sabino, C. A. (1991). *Diccionario de economía y finanzas: Contiene glosario inglés-español y traducción de los términos al inglés*, Caracas: Editorial Panapo.
- Santemases, M. M. (2005). *Dyane. Versión 3: Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados*, España: Ediciones Pirámide.
- Santemases, M., A. Sánchez y F. Valderrey (2003). *Mercadotecnia: conceptos y estrategias*, Madrid: Pirámide.
- Seo, K. K. (1991). *Managerial Economics. Text, Problems, and Short Cases*, Homewood, Boston: Irwin.

- 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. (2000). "Telecommunications demand analysis in transition: An overview of part I", en Loomis, D. y L. Taylor (eds.), *The Future of the Telecommunications Industry: Forecasting and demand analysis*, Germany: Springer-Verlag GmbH, Heidelberg.
- (1994). *Telecommunications demand in theory and practice*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Tishler, A., R. Ventura y J. Watters (2001). "Cellular telephones in the Israeli market: The demand, the choice of provider and potential revenues", *Applied Economics*, vol. 33, num. 11, pp. 1479–1492.
- Walker, O., H. Boyd, J. Mullins y J. Larréché (2003). *Marketing strategy: a decision-focused approach*, New York: McGraw-Hill.
- Walter, J. T. y E. Levy (1979). "Limitations in the logic of regression forecasting", *American Statistical Association, Proceedings of the Business and Economic Statistics Section*, 541-545.
- Weingarten, M. y J. J. Benito-Martín (1994). *U.S. Telecommunications Demand: A macroeconomic view*, EUA: Monitor Telecom Advisory Services.
- West, P. M., P. L. Brockett y L. L. Golden (1997). "A comparative analysis of neural networks and statistical methods for predicting consumer choice", *Marketing Science*, vol. 16, num. 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, pp. 451-458.
- Wilson, J. H. y B. Keating (2007). *Pronósticos en los negocios con ForecastX basado en Excel*, México: McGraw-Hill.
- World Bank y NetLibrary, Inc. (2006). *2006 Information and communications for development Global trends and policies*, Washington, D. C.: World Bank.
- Zhang, F. (2008). "A principal component analysis-based linear dynamic system for demand forecasting", K. Laurence and M. Geurts (eds.), *Advances in business and management forecasting*, vol. 5, Amsterdam: Elsevier JAI.