

Tesis para optar por el título de la Maestría en Economía

“Difusión de la Telefonía Móvil en Colombia”

Proyecto de Investigación: Tesis

Línea de investigación: Organización Industrial

Programa Académico: Maestría en Economía

Facultad de Economía

Universidad del Rosario

Estudiante: Magaly Faride Herrera Giraldo

Tutor de Tesis: Luís H. Gutiérrez

Enero de 2012

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la telefonía móvil es uno de los mercados más atractivos para su análisis, esto se debe a sus altas tasas de crecimiento, los constantes cambios tecnológicos que enfrenta y la normatividad regulatoria a la que se encuentra sujeta a nivel mundial.

Gruber (2005) ha señalado que el número de suscriptores a la red móvil en el mundo ha crecido aceleradamente, destaca que la telefonía móvil durante los años noventa experimentó un crecimiento en el número de suscriptores a una tasa anual del 50%. En el año 2002, se dio por primera vez que los suscriptores de la red móvil, en total 1.2 billones, sobrepasaron el número de suscriptores de la telefonía fija que eran alrededor de 1.1 billones. A partir de este año, se ha observado un importante crecimiento de la red, convirtiéndose en una de las principales herramientas de comunicación tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo.

La telefonía móvil es un mercado que transformó la forma de comunicarse de los seres humanos, particularmente en los países en los cuales la telefonía fija no lograba llegar a todos los ciudadanos, ésta se convirtió en la principal herramienta de comunicación. Lo anterior ha conducido a un proceso revolucionario de las comunicaciones en donde actualmente los países cuentan no sólo con la telefonía móvil como instrumento de comunicación de voz, sino que adicionalmente es utilizada para transmitir datos, visualizar videos, escuchar música y manejar todo tipo de información multimedia.

Colombia no ha sido ajena a esta revolución tecnológica y ha experimentado un proceso de expansión de esta tecnología de la información y de las comunicaciones, en el cual se ha observado la entrada al país de diferentes tecnologías de la red móvil, así como la entrada de los terminales móviles más innovadores que se lanzan al mercado. Adicionalmente, el gobierno nacional en búsqueda de la consolidación de una sociedad de la información y el

conocimiento, ha realizado esfuerzos en el avance de una Ley de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) que tiene como pilares el acceso y uso de las TIC como política de estado, el despliegue y uso eficiente de la infraestructura, el desarrollo de contenidos y aplicaciones, la protección de los derechos de los usuarios y la capacitación del recurso humano en las tecnologías¹, que conducen a fomentar entre la población colombiana el uso de las mismas.

De esta manera, el fuerte cambio tecnológico que experimenta la telefonía móvil, las políticas de gobierno enfocadas a la promoción del acceso y uso de las TIC, y los cambios en la regulación del sector, hacen que el estudio del crecimiento de la adopción de la telefonía móvil sea un materia importante como objeto de investigación, especialmente en los países en desarrollo como Colombia.

El comportamiento de la adopción de la tecnología o el proceso de difusión de la telefonía móvil responde a un proceso de innovación, el cual es experimentado por diferentes tecnologías que siguen una curva en forma de S, donde se observa que la curva inicialmente crece lentamente y luego acelera cuando el servicio es ampliamente adoptado. Este proceso de difusión inicialmente produce un crecimiento significativo, posteriormente este crecimiento se estabiliza en algún punto que se denomina como punto de inflexión, en el cual se origina un cambio de la tendencia de crecimiento del proceso y luego el crecimiento sufre nuevamente un incremento, pero mucho más lento a medida que se aproxima al nivel de saturación.

Diferentes autores han investigado el comportamiento de la adopción de la telefonía móvil y han aplicado la modelación de este tipo de curvas para determinar el proceso de difusión de la telefonía móvil en el mundo, algunos de ellos se dedican a encontrar el modelo que mejor ajusta el proceso de difusión para cierto país o para un grupo de países, mientras que otros adicionalmente buscan identificar los efectos de ciertas variables macroeconómicas y microeconómicas como factores determinantes del proceso.

¹ Ver, CRC. Informe Sectorial de Telecomunicaciones, Septiembre de 2009.

La mayoría de investigaciones señalan que dentro de los principales determinantes de la difusión de la telefonía móvil se encuentran el progreso tecnológico y la regulación. Por ejemplo, se ha observado que a partir del cambio de la telefonía análoga a la digital, la red se expandió y mejoró la calidad de la comunicación brindada, así como también las nuevas normas regulatorias han podido fomentar la mejor utilización de las redes móviles y la competencia en el sector. Otras variables que se han identificado como determinantes de la red móvil son el ingreso, la educación, el nivel de urbanización y la penetración de la telefonía fija.

De acuerdo con esta línea de estudio, este documento tiene como objetivo de investigación la estimación de la curva de difusión que mejor se ajuste y logre describir adecuadamente las características del proceso de la telefonía móvil en Colombia.

Como trabajo previo para el caso de Colombia se encuentra el desarrollado por Gamboa y Otero (2009), en el cual evalúan si la difusión del mercado de telefonía móvil se ajusta mejor a un modelo logístico o a un modelo Gompertz y obtienen que el proceso en Colombia sigue una modelación logística. Cabe señalar que este trabajo frente al documento Gamboa y Otero, que es aplicado también al caso colombiano, se diferencia en: i) Evaluar el ajuste del proceso de difusión en Colombia no sólo a través de las funciones logística y Gompertz, sino que adicionalmente utiliza las funciones de difusión usualmente empleadas para evaluar procesos de innovación como la telefonía móvil, tales como modelo logístico simple, modelo Gompertz, modelo logístico extendido, modelo logístico de respuesta no simétrica, modelo logístico local, modelo Bertalanffy, modelo Brody y Curva log-logística, dentro de los documentos que emplean estas funciones se encuentran Trapey y Wu (2008), Chu et al (2009), Kauffman et al (2009), Snoussi (2009), Wu et al (2009), entre otros y ii) el periodo de análisis se extiende 11 trimestres comprendiendo alrededor de 3 años adicionales hasta el primer trimestre del año 2011, cuando el trabajo de Gamboa y Otero va hasta el segundo trimestre del año 2008.

Este documento cuenta con seis secciones, la primera es la presente introducción, seguida de la sección de marco teórico en donde se realiza la revisión internacional de documentos que siguen la misma línea de investigación y a continuación se muestra la sección de los modelos de difusión, en donde se expone el marco teórico de los diferentes modelos utilizados para la estimación del comportamiento de la telefonía móvil. En la sección cuarta, se describe brevemente las tendencias de mercado de la telefonía móvil en Colombia y en la sección quinta se muestran las estimaciones realizadas para el caso colombiano junto con los resultados encontrados, finalmente en la última sección se ilustran las conclusiones más relevantes del documento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En esta sección se presenta en su mayoría, los trabajos investigativos que tienen como línea de estudio los procesos de difusión en el sector de las telecomunicaciones, en especial los dedicados al estudio de la curva de difusión de la telefonía móvil en el mundo. Los documentos revisados se dividen en dos grandes grupos, el primer grupo está compuesto por los documentos de investigación que estiman la curva que mejor se ajusta al proceso de difusión de la telefonía móvil teniendo en cuenta únicamente la evolución del número de suscriptores o abonados, y por su parte, el segundo grupo contiene los trabajos que buscan evaluar el efecto de algunas variables económicas y hallar los determinantes del proceso de difusión dado un modelo determinado de la curva.

➤ Primer Grupo

Dentro del primero grupo de investigaciones se encuentra Botelho et al (2004) que evalúa el ajuste del proceso de difusión de Portugal a través de varios modelos o curvas, entre las que se encuentra el modelo logístico y el modelo Gompertz. En este documento concluyen que el patrón de la telefonía móvil de este país es consistente con el modelo logístico de

difusión y de igual manera, afirman que la telefonía móvil en Portugal se encuentra en la etapa de difusión previa al punto de inflexión.

Por su parte, Kim, Lee y Ahn (2006) buscan determinar la relación entre los servicios de telefonía celular y los servicios PCS (Personal Communications Service) para Corea, a través de la estimación de la demanda de la telefonía móvil con el modelo de difusión Lotka-Volterra. Este modelo es comparado con el modelo de difusión logístico y concluyen que bajo fuertes condiciones de competencia en el mercado es mejor, el uso del modelo Lotka-Volterra al modelo logístico. Asimismo, respecto a la relación entre la telefonía celular y los servicios PCS establecen que hay una relación de comensalismo, donde los servicios PCS se benefician de la existencia del mercado de telefonía celular, mientras que el número de suscriptores de este último mercado, no se afecta por la presencia de los PCS.

Para Colombia, como se señaló previamente Gamboa y Otero (2009) evalúan si la difusión del mercado de telefonía móvil se ajusta mejor a un modelo logístico o a un modelo Gompertz, concluyendo que el proceso en Colombia sigue una modelación logística. Asimismo, a partir de este modelo pronostican la saturación del mercado de telefonía móvil e indican que ésta se alcanzará para el año 2013.

Singh (2008), compara el modelo logístico con el Gompertz y determina el modelo que mejor se ajusta al proceso de difusión para la telefonía móvil de India, de igual forma para cada modelo evalúa seis niveles de saturación distintos y estima un modelo sin restricción de este nivel de saturación. De acuerdo con los resultados encontrados para el modelo sin restricción, pronostica la tasa de saturación de la telefonía móvil en India y establece que la penetración incrementará de 8.1 en el periodo 2005-2006 a 36.5 para el periodo 2010-2011 y 71 para el periodo 2015-2016. En este documento concluye que para India, el modelo que mejor describe el proceso de difusión es el modelo Gompertz.

De igual manera, un caso de estudio realizado para Túnez desarrollado por Snoussi (2009) que sigue la línea de investigación de Trapey y Wu (2008), no solo evalúa el modelo logístico y el Gompertz, sino que adicionalmente estima diferentes modelos de difusión

como modelo logístico extendido, modelo logístico de respuesta no simétrica, modelo logístico local, modelo exponencial negativo, modelo Bertalanffy, modelo Brody y la curva log-logística y determina cuál de estos modelos brinda el mejor ajuste para el mercado de Túnez a través de los criterios RMSE (Root Mean Square Error) y MAE (Mean Absolute Error) para los procesos de difusión de cada uno de los operadores de telefonía móvil, sin realizar un análisis a nivel agregado del país. La autora encuentra que el modelo logístico extendido es el más apropiado para la difusión de servicios del operador incumbente, mientras que el modelo logístico simple ajusta mejor el proceso de difusión del operador entrante.

Finalmente, Wu et al (2009) compara para el sector de telefonía móvil de Taiwán, el modelo Gompertz, modelo logístico, modelo Bass y un modelo ARMA, para determinar cuál de ellos brinda el mejor ajuste y pronostica apropiadamente el comportamiento y el crecimiento de ese mercado. Demuestran que el modelo Gompertz supera los otros modelos para el periodo previo al aumento del crecimiento de la difusión, mientras que el modelo logístico es superior después del punto de inflexión debido a su insignificante coeficiente de innovación. El modelo Bass coincide con el logístico después del punto de inflexión y por su parte, el modelo ARMA se destaca para algunos periodos en el pronóstico y concluyen que el modelo logístico es el mejor para estimar el proceso de difusión, dado que cuenta con la modelación de las externalidades de redes que es su elemento dinámico característico.

➤ Segundo Grupo

Por su parte, en el segundo grupo de investigaciones se observa que los máximos exponentes de esta metodología son los trabajos desarrollados por Gruber. El documento de Gruber y Verboven (2001a), estudian como los factores tecnológicos y de regulación afectan la difusión de los servicios de telecomunicaciones móviles en la Unión Europea, específicamente para este momento realizaron el análisis a 15 países miembros usando un modelo logístico de difusión. En esta investigación encuentran que el progreso tecnológico es un factor fundamental en la difusión de la telefonía móvil, como lo fue la transición de la

tecnología análoga a la tecnología digital en los primeros años 90's que resultó en un incremento significativo en la capacidad del espectro de cada país.

Asimismo observan que los factores regulatorios y de competencia en este sector influyen sobre la difusión de las comunicaciones móviles pero en una menor proporción con respecto a los cambios tecnológicos. Los países que otorgaron sus primeras licencias de telefonía móvil, más tarde que otros países, muestran un impacto significativo en la difusión pero con un efecto lento sobre la misma, lo que les lleva a decir que habría una convergencia internacional alrededor del año 2006.

Se puede establecer que incluso para esta época los documentos de política de la Unión Europea enfatizan que los determinantes fundamentales en la velocidad de la difusión de la telefonía móvil son la tecnología y las decisiones de regulación del sector. De esta forma, es como Gruber y Verboven, se centran en analizar la tecnología (análoga versus digital), la estructura temporal del otorgamiento de las primeras licencias para la prestación del servicio de la telefonía móvil (y la velocidad del ejercicio de las mismas) y la introducción de la competencia en el sector. Aunque para esta época no fuera relevante el análisis de la influencia de las líneas de telefonía fija debido al desarrollo del sector de telefonía móvil, ellos hicieron este análisis debido que para este tiempo era fundamental la red de telefonía fija como principal herramienta de comunicación y pudieron concluir cómo era la relación de sustitución entre las líneas fijas y las líneas móvil. De igual forma, estos autores tienen en cuenta el PIB per cápita como variable proxy al desarrollo económico de cada país.

En lo que respecta a su modelación econométrica desarrollan una versión de Griliches (1957) del modelo logístico, en el cual la difusión tecnológica sigue una forma de S. El modelo es estimado por mínimos cuadrados no lineales.

La conclusión principal que brindan estos autores, es que la difusión se ha visto significativamente más afectada por la tecnología y la estructura temporal de las primeras licencias otorgadas para los operadores que por la introducción de la competencia. El efecto de la competencia estimado es relativamente pequeño y es consistente con la evidencia

encontrada por Parker y Roller (1997) para los Estados Unidos, los autores hacen énfasis en otorgarle un espacio de estudio al efecto de la competencia, es así como afirman que inclusive si hay un efecto, éste es relativamente pequeño en la decisión de adopción de los consumidores.

Por otro lado, en el documento Gruber (2001) se analizó detalladamente los determinantes de difusión del sector de telecomunicaciones móviles en el centro y en el oriente de Europa, y encuentran un efecto sustitución en donde la telefonía fija es reemplazada por la telefonía móvil. El autor establece que lo anterior es consecuencia del pésimo desempeño de las telecomunicaciones fijas junto con el mayor crecimiento de la telefonía móvil, y los mejores servicios brindados a los consumidores de la telefonía móvil.

Asimismo establece que alrededor del 20% de la población adopta los servicios de telefonía móvil y a pesar de los diferentes patrones de difusión en los varios países, se obtiene que hay presencia de una tendencia de convergencia. Dentro de los determinantes de la adopción de esta tecnología, Gruber encuentra la estructura de mercado, donde halla que el paso de un monopolio a duopolio acelera la velocidad de difusión y que se incrementa de igual forma con un mayor número de firmas en el mercado. Es así, como Gruber afirma que hay evidencia para establecer que la competencia acelera la difusión de las innovaciones.

De igual manera, se tiene que el modo de entrar de las empresas al mercado influye sobre la difusión de la tecnología, la difusión es más rápida cuando hay una entrada simultánea de las empresas que cuando hay una entrada secuencial de las mismas.

Continuando con las investigaciones realizadas por Gruber y Verboven (2001b), en este documento analizan los efectos de las políticas de gobiernos en la evolución de la industria del mercado global de telefonía móvil, tales como la regulación y la determinación del uso de una tecnología estándar en este mercado, ya que quieren mostrar que en los diseños de política de la estructura de un mercado, deben tenerse en cuenta las restricciones tecnológicas creadas. En la realización de este análisis, los autores controlan por un conjunto de variables específicas de cada país a través del modelo logístico tradicional.

Igualmente dentro de sus hallazgos se encuentra que la estructura de entrega de licencias para la prestación del servicio de telefonía móvil tiene un impacto significativo en la difusión y las diferencias surgidas entre países en lo que respecta a la adopción de la telefonía móvil por primeras licencias entregadas a nivel mundial cayeron antes del 2002, después de este año surgió un rezago de convergencia debido a las persistentes diferencias iniciales en los niveles de adopción de los países. De este modo, este estudio revela que la entrada de las segundas licencias entregadas ha significado un importante impacto en la difusión, especialmente para la era digital de las telecomunicaciones móviles, en donde las restricciones de capacidad se vieron reducidas.

Respecto al punto anterior, vale la pena señalar que la forma de cómo fueron entregadas las segundas licencias es un tema relevante al momento de determinar la intensidad del efecto en la difusión, si es simultánea tiene un efecto significativo pero más pequeño que si fuese una entrega secuencial. Este resultado puede estar explicado por el comportamiento estratégico de los operadores en presencia de costos de cambio para los consumidores.

Finalmente, también encuentran que la adopción de una tecnología estándar en el mercado frente a permitir múltiples sistemas de tecnologías, es un factor relevante en la evolución de la industria, ya que un sólo sistema permite desarrollar el mercado de una forma más rápida, siendo lo anterior consistente con la presencia de efectos de red y economías de escala.

Hasta este momento, la literatura empírica tradicional en la difusión de la tecnología analiza la velocidad de las nuevas tecnologías genéricamente, es decir, sin identificar el rol de cada una de estas tecnologías en el crecimiento de la telefonía móvil. Sin embargo, Liikanen, Stoneman y Toivanen (2004) en su investigación profundizaron su análisis y en éste utilizan datos de la industria de telefonía móvil, donde identifican claramente la tecnología móvil de primera generación (1G) y de la segunda generación (2G) para analizar el papel de efectos generacionales en la difusión de la telefonía móvil.

Como ellos afirman, la literatura previa a su documento, analiza la difusión de la tecnología ignorando los cambios intergeneracionales de la tecnología en el sector de telefonía móvil, o simplemente sólo tienen en cuenta los cambios en los precios o en la calidad de la tecnología en general que se está difundiendo, sin discriminar entre tecnologías. Los efectos intergeneracionales se refieren en cómo una antigua tecnología (el stock de la misma), tendrá efectos en la difusión de una nueva tecnología y viceversa.

Liikanen et al, utilizan datos de 80 países para un periodo de máximo de 7 años para cada país. El objetivo de su documento es determinar los efectos de red dentro y entre generaciones de tecnología móvil, así como entre un sustituto que comparte al menos algo de efectos de redes como es la telefonía fija. Este documento sigue al de Gruber y Verboven (2001b) dado que utiliza los modelos de difusión estándar y como el de Gruber et al difieren de trabajos como el de Katz y Aspden (1998) que emplea survey data.

Los efectos de difusión intergeneracionales, como señalan los autores, pueden provenir directamente de la competencia entre bienes del mercado o más indirectamente del impacto del stock acumulado de cada una de las tecnologías sobre la otra. Si el efecto originado por los stocks no se diera, la decisión de qué tipo de teléfono adoptar sería únicamente manejada por los factores estándar de la demanda de productos diferenciados. Así los teléfonos digitales en muchos aspectos son dominados por los análogos y a la hora de adquirir un teléfono móvil, estos serían elegidos por los consumidores.

En este trabajo se puede identificar dos efectos importantes en la determinación de la difusión de la tecnología móvil a los que los autores llaman: un efecto redes y un efecto sustitución. El primer efecto considera que una alta demanda por una tecnología antigua puede conducir a una alta demanda por la tecnología entrante, de esta forma si hay un número significativo de consumidores relacionados con las características de los teléfonos móviles y su funcionamiento en general, mayor será la demanda potencial de teléfonos de nueva tecnología. Por su parte, el efecto sustitución se refiere a la externalidad negativa generada por la presencia de una gran base de usuarios de la tecnología antigua que hace más difícil la demanda de una nueva tecnología, es así como ellos para cada país

determinan el efecto que domina sobre el proceso de difusión de tecnología móvil tanto entre tecnologías como en el sector en general.

En lo que respecta a la modelación econométrica, trabajan modelos de difusión estimados a través de técnicas no lineales, siguen la modelación de Gruber y Verboven (2001a) que es el modelo de difusión estándar con curvas en formas de “S”, encuentran una fuerte evidencia de que el surgimiento de una nueva tecnología (2G) impide la difusión de la antigua (1G), mientras la tasa de penetración de la tecnología antigua tiene efectos positivos en la difusión de la nueva, al menos cuando la tasa de penetración es lo suficientemente alta, tal que el efecto sustitución es dominado por el efecto de redes entre tecnologías. Un aspecto que vale la pena señalar es que un posible lock-in que surge entre las tecnologías, no es un mayor problema debido a la naturaleza del bien y además por la presencia de efectos de red entre la misma tecnología.

Asimismo, encuentran que las variables económicas, geográficas, demográficas, estructura del mercado y aspectos de regulación son determinantes significativos en el proceso de difusión de la telefonía móvil.

Finalmente vale la pena afirmar como ellos lo hacen en su documento, para este momento se encontraría pendiente un análisis con el surgimiento de la nueva tecnología móvil (3G) y verificar los hallazgos encontrados entre 1G y 2G, con 2G y 3G, es decir, los efectos de red positivos dentro de las generaciones, 1G (2G) tiene un efecto positivo (negativo) en la difusión de 2G (1G) y que ambas generaciones son sustitutas de la telefonía fija. Lo anterior es el tema de investigación desarrollado por Bohlin, Gruber y Koutroumpis (2010).

Bohlin et al (2010) determinan los factores que afectan la difusión de las nuevas generaciones de telefonía móvil y señalan que mayores niveles de PIB per capita, urbanización, penetración de la Internet banda ancha y una buena regulación inciden positivamente en ésta. Respecto, a las relaciones entre generaciones de telefonía móvil encuentran que la 1G impulsa la adopción de la 2G, pero la 2G afecta positivamente la adopción de la 3G cuando la difusión se encuentra en una etapa temprana, sin embargo si la

difusión se encuentra en una fase de madurez afecta negativamente la adopción de la telefonía 3G. Asimismo hallan que la velocidad de difusión para las generaciones de telefonía móvil ha disminuido, es decir, la velocidad de difusión de la telefonía 3G es mucho menor que la 2G, y lo mismo sucede entre la 1G y la 2G, adicionalmente señalan que el determinante de la velocidad de la difusión entre generaciones depende de la competencia que haya entre las empresas que se encuentren en el mercado. Este estudio es realizado para 177 países con datos desde 1990 hasta 2007, a través de diferentes estimaciones como efectos fijos, efectos variables, primeras diferencias con variables instrumentales y panel dinámico.

Shoe-Ling Jang, Shau-Chi Dai y Simona Sung (2005) como en los anteriores estudios, investigan los patrones de difusión de las telecomunicaciones móviles para identificar los determinantes de la difusión en 29 países de la OECD y Taiwán entre 1980 y el 2001. Utilizan un modelo logístico clásico y encuentran que la curva de difusión tiene un comportamiento caracterizado por una forma de “S”. Sin embargo, hay diferencias en la amplitud de la misma entre países, lo anterior los autores se lo atribuyen a las diferencias en la magnitud del coeficiente de externalidades de red.

Además, obtienen que dentro de los determinantes fundamentales del crecimiento de la difusión, se encuentran el cambio de tecnología de análoga a digital, la competencia en el mercado especialmente en la aceleración en la tasa de difusión, la elección de la forma de pago en la telefonía móvil como son los sistemas prepago o pospago. Por su parte, la penetración de la telefonía fija afecta negativamente la misma, indicando una relación de sustitución de la telefonía fija por la móvil. Así como el estudio de Gruber y Verboven (2001b), estos autores establecen que es importante centrarse en los efectos de las políticas regulatorias de los gobiernos como determinantes de la difusión del sector.

Dentro de los estudios que siguen esta línea de investigación se encuentra Rouvinen (2006) que busca los determinantes de la difusión de la telefonía móvil digital para países desarrollados como para países en desarrollo, a través de un modelo Gompertz. De nuevo encuentra que la estructura del mercado, la regulación y la competencia del mismo, son

factores fundamentales en la difusión de la telefonía móvil. Sin embargo, también encuentra que para los países en desarrollo hay unos factores más importantes, como por ejemplo los países en donde existe una gran base instalada de usuarios, es decir, donde hay presencia de los efectos acumulados de redes y donde exista un alto nivel de tecnología. Otros trabajos que siguen esta metodología de investigación y desarrollan un análisis para diferentes países son Ahh y Lee (1999), Islam y Meade (1997), Burki y Aslam (2000), Koski y Kretschmer (2002), Garbacz y Thompson (2007), Grajek y Kretschmer (2009), Kauffman y Techatassanasoontorn, entre otros.

Por su parte, los casos de estudio que realizan una estimación del proceso de difusión a través de un proceso logístico o Gompertz y que tienen en cuenta los determinantes del mismo a través de una estimación no lineal, se encuentran Barros y Caddima (2000), Carvalho (2006), los anteriores realizados para Portugal, Michalakelis, Varoutas y Sphicopoulos (2008) para Grecia, Waranabe, Moriyama, Shin (2009) para Japón, Chu et al (2009) para Taiwán, entre otros.

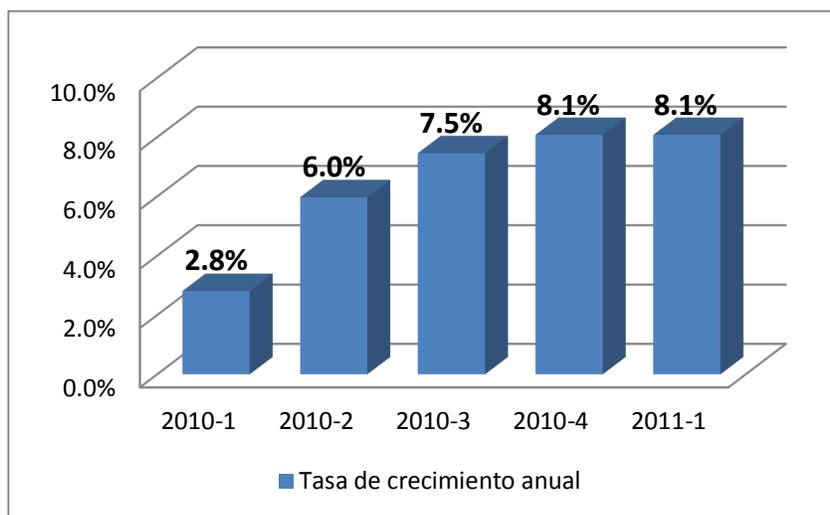
En el Anexo 1 de este documento, se describe detalladamente un amplio conjunto de estudios que abarcan este tema de investigación, algunos de ellos anteriormente nombrados, en donde se señala si es un caso de estudio o en su defecto, si es un panel de datos, así como otras características de los trabajos investigativos como el periodo, las variables utilizadas, el método de estimación y los resultados encontrados.

3. DIFUSIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL EN COLOMBIA

Colombia sigue la tendencia de crecimiento que se presenta a nivel mundial en el sector de la telefonía móvil, de acuerdo a los datos reportados por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC), se observa que para el tercer y cuarto trimestre del año 2010 y el primer trimestre del año 2011 hubo un crecimiento positivo, el

crecimiento anual para este último trimestre fue de 8,1%. A continuación se ilustra el comportamiento de los crecimientos anuales desde el año 2009.

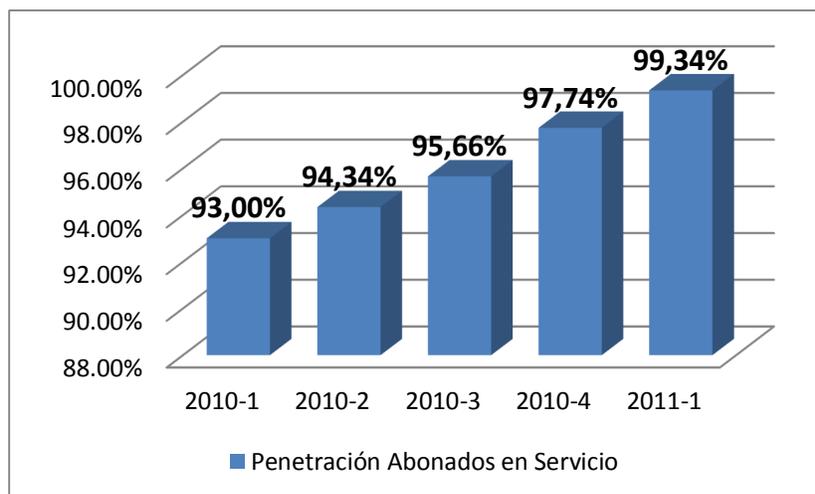
**Gráfica 1. Crecimiento Anual Número de Abonados en Colombia
Desde 2010-1 hasta 2011-1**



Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Para el segundo trimestre del año 2011 se registró el 100% de la penetración del servicio en la población colombiana y para el tercer trimestre de este mismo año, el servicio de la telefonía móvil ya presentaba niveles de penetración del 103,7%.

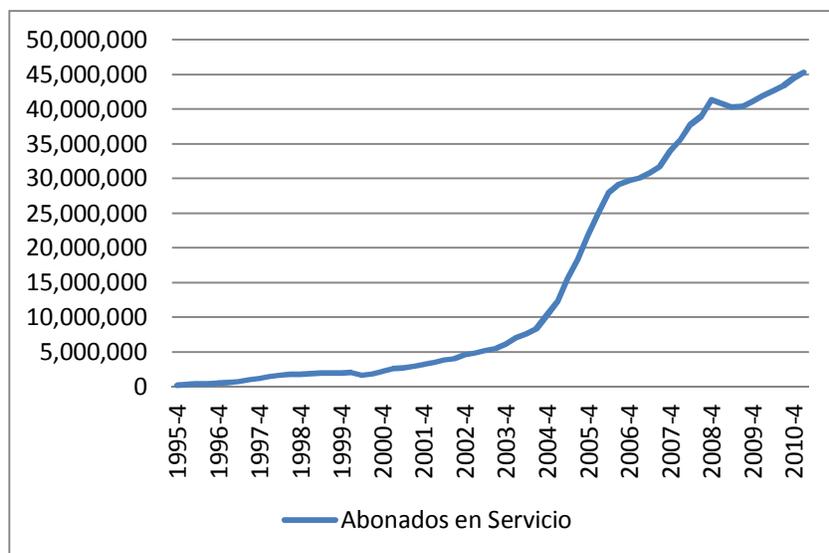
Gráfica 2. Penetración Abonados en Servicio en Colombia



Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Por su parte, cuando se observa el número total de abonados a nivel nacional se encuentra que la curva de crecimiento o de adopción de esta tecnología es una curva en forma de “S”, esto se ilustra en la siguiente gráfica².

Gráfica 3. Número de Abonados en Colombia
Desde 1995-4 hasta 2011-1

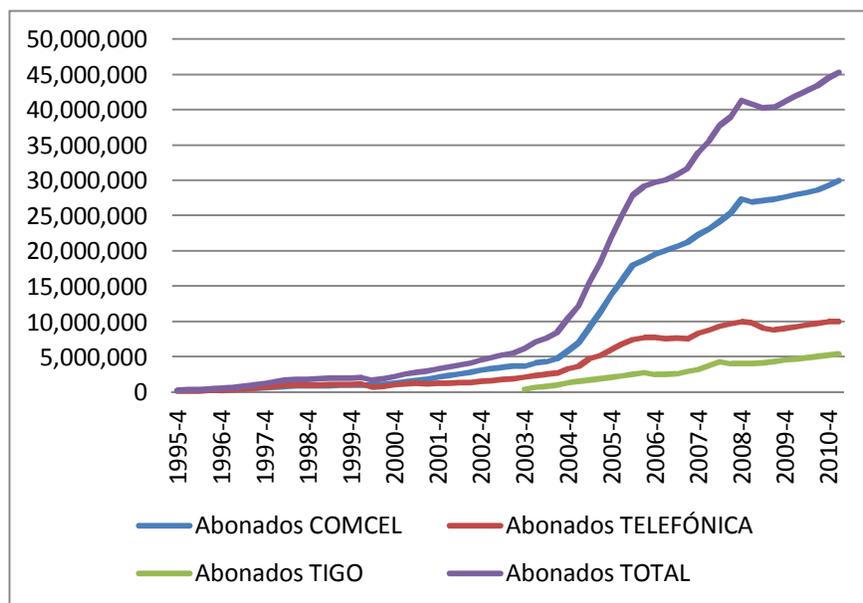


Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

La difusión de la telefonía móvil para cada operador no es diferente a lo que se experimenta a nivel agregado, evidenciándose una curva que sigue la misma modelación expuesta. A continuación se muestra las diferentes sendas de difusión por operador y su comparación con la curva de difusión del sector.

² En el Anexo 2, se ilustra el comportamiento del número de abonados para cada operador, se halla que el proceso de difusión de la tecnología de la telefonía móvil también se comporta como una curva en forma de “S”.

**Gráfica 4. Difusión de la Telefonía Móvil en Colombia por Operador y a Nivel Agregado
Desde 1995-4 hasta 2011-1**



Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Frente al tipo de abonados de los servicios de telefonía móvil se encuentra que para Colombia en promedio desde el cuarto trimestre de 1995 hasta el primer trimestre del año 2011, el 84% son abonados en sistema de pago prepago y el 16% son abonados pospago³.

De otro modo, el sector de la telefonía móvil en Colombia como en el resto del mundo se ha distinguido por tener una estructura de un mercado oligopolístico, donde la adecuada y eficiente provisión de los servicios ha tenido un impacto sustancial en la economía. Actualmente, en el mercado de telefonía móvil se encuentra tres operadores los cuales son COMCEL, TELEFÓNICA y TIGO.

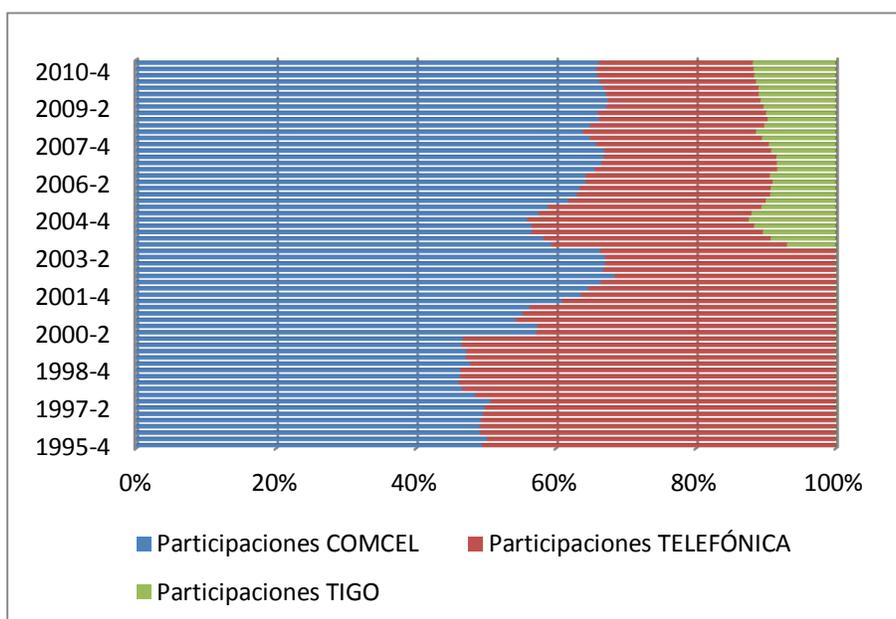
La empresa COMCEL y TELEFÓNICA entraron al mercado simultáneamente siendo las empresas incumbentes del mercado, mientras que en el cuarto trimestre del año 2003 entró la empresa OLA llamada hoy en día TIGO. El regulador del sector de comunicaciones⁴ en el año 2009 determinó que la empresa COMCEL tenía posición de dominio y dentro de sus

³ En el Anexo 2, se muestra para el periodo de cuarto trimestre de 1995 hasta primer trimestre del año 2011, la proporción entre abonados con sistema de pago prepago y pospago.

⁴ La Comisión de Regulación de Telecomunicación (CRT), actualmente la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC).

consideraciones entre muchas otras, se encuentra el nivel de participación de la misma en el mercado. En la siguiente gráfica se ilustra la evolución de las participaciones de las empresas de telefonía móvil en Colombia desde el cuarto trimestre de 1995 hasta el primer trimestre del año 2011.

Gráfica 5. Participación de Mercado de los Operadores del Mercado de Telefonía Móvil en Colombia sobre el Número de Abonados. Desde 1995-4 hasta 2011-1



Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

La empresa COMCEL desde el tercer trimestre del año 2001 cuenta con más el 60% del número de abonados del mercado de la telefonía móvil, para el primer trimestre del año 2011 su participación del mercado es de 66,19%, mientras que TELEFÓNICA contaba con el 21,98% y TIGO el 11,81%. De esta manera, el nivel de concentración del mercado medido a través del índice HHI⁵ para este mismo trimestre tiene un valor igual a 5.004 puntos⁶.

⁵ Herfindahl-Hirschman Index.

⁶ En el anexo 2 se muestra la evolución del HHI en Colombia, así como otros indicadores de conducta del mercado de la telefonía móvil en Colombia como el ARPU, el precio promedio implícito por minuto, llamadas promedio por abonado, entre otros.

4. MODELOS DE DIFUSIÓN

Los procesos de difusión de una innovación son representados a través de una curva en forma de “S” o sigmoideal, generalmente este tipo de curvas son utilizadas para describir estos procesos y mostrar sus típicas fases de crecimiento, cambio y saturación. La primera fase es caracterizada por un fuerte crecimiento, en la segunda se muestra un crecimiento aproximadamente lineal, y finalmente en la tercera fase el crecimiento es lento⁷.

Asumiendo que la distribución de la demanda de telefonía móvil sigue una curva de crecimiento en forma de S y en línea con la investigación de Snoussi (2009), se presenta diferentes tipos de sendas de crecimiento incluyendo el modelo logístico y Gompertz que son las curvas generalmente más utilizadas y apropiadas para la descripción de la difusión de los servicios de telecomunicaciones.

De esta manera, para lograr determinar de manera adecuada el proceso de difusión de la telefonía móvil en Colombia, así como la evolución de los servicios ofrecidos por cada operador, se procederá a estimar los siguientes modelos de difusión: el modelo logístico simple, modelo Gompertz, modelo logístico extendido, modelo logístico de respuesta no simétrica, modelo logístico local, modelo Bertalanffy, modelo Brody y la curva log-logística, cada uno de estas curvas cuenta con importantes diferencias respecto a los otros, brevemente se describirá cada uno de ellos⁸.

4.1 Modelo Logístico Simple:

$$n_t = \frac{\alpha}{1 + \gamma \exp[-\beta * t]} + \varepsilon_t$$

⁷ Snoussi (2009).

⁸Para mayor detalle de cada uno de los modelos consultar Snoussi (2009).

En donde:

α : Nivel de Saturación considerado como el máximo valor de n_t .

β : Tasa de crecimiento, o controles de la forma de la curva.

γ : Localización de la curva.

El punto de inflexión de la curva o lo que se considera como la tasa máxima de crecimiento se produce cuando $((\alpha.\beta) / 4)$ en donde $N(t) = (\alpha / 2)$.

4.2 Modelo Gompertz:

$$n_t = \alpha \exp[-\gamma(\beta * t)] + \varepsilon_t$$

La curva Gompertz a diferencia de la logística es su característica de asimetría respecto al punto de inflexión. La tasa de adopción o saturación es lenta al comienzo y luego es rápida cuando la innovación se vuelve más popular y después nuevamente se hace lenta, finalizando con una reconciliación de los últimos que entran al mercado. El punto de inflexión es $((\alpha.\beta) / e)$ en donde $N(t) = (\alpha / e)$.

4.3 Modelo Logístico Extendido:

Este modelo se considera como el modelo de difusión que logra mitigar los problemas que se han encontrado en modelo como el logístico y el Gompertz, al momento de encontrar el nivel exacto de la tasa de saturación.

En este modelo, la tasa de saturación cambia en el tiempo y es tratada como una función logística:

$$k_t = 1 - C_1 \exp[-\gamma * t]$$

El modelo Logístico Extendido se describe como:

$$n_t = \frac{k(t)}{1+C_2 \exp[-\beta*t]} + \varepsilon_t$$

Por lo cual, quedaría de la siguiente manera:

$$n_t = \frac{1-C_1 \exp[-\gamma*t]}{1+C_2 \exp[-\beta*t]} + \varepsilon_t$$

En donde:

C1: Es el coeficiente de innovación.

C2: Es el coeficiente de imitación.

Cabe señalar, que la innovación se considera como la propensión inherente a adoptar el servicio de telefonía móvil, a pesar del comportamiento de los demás. Mientras, la imitación es la presión en el comportamiento individual para adoptar el comportamiento del resto de la población. De esta manera, se asume que la adopción del a nueva tecnología es raras veces constante y cambia sobre el tiempo.

4.3 Modelo Logístico de Respuesta No Simétrica:

Se considera que este modelo hace al logístico simple más flexible, en la medida que el coeficiente β cambia en respuesta al número de personas que adopten la innovación. El parámetro σ es el factor no uniforme de influencia, cuando éste toma un valor de cero hace que este modelo sea el logístico simple.

$$n_t = \frac{\alpha}{1+\gamma \exp[-\beta*(n_{t-1}^\sigma)*t]} + \varepsilon_t$$

4.4 Modelo Logístico Local:

Este modelo tiene en cuenta las observaciones más recientes del número de abonados en el pronóstico del comportamiento.

$$n_t = \frac{\alpha * n_{t-1} \exp(\beta)}{\alpha + n_{t-1} \exp(\beta - 1)} + \varepsilon_t$$

4.5 Modelo Exponencial Negativo:

La curva de este modelo se detalla como:

$$n_t = \alpha + \gamma \exp[-\beta * t] + \varepsilon_t$$

4.6 Modelo Bertalanffy:

Como lo señala Snoussi (2009), el crecimiento exponencial implica que como la tendencia del tiempo tiene a infinito, el número de abonados o suscriptores pueden también tener una tendencia hacia el infinito. Sin embargo, en este modelo se reemplaza el crecimiento exponencial por una ecuación más simple.

$$n_t = \alpha * \{1 - \gamma \exp[-\beta * t]\}^3$$

4.7 Modelo Brody:

La curva tiene la siguiente forma:

$$n_t = \alpha * \{1 - \gamma \exp[-\beta * t]\}$$

4.8. Curva Log Logística:

La diferencia de esta curva frente a la modelación del modelo logístico simple es que la variable del tiempo se encuentra en logaritmo natural, lo anterior conduce a que esta curva sea asimétrica respecto su punto de inflexión.

$$n_t = \frac{\alpha}{1 + \gamma \exp[-\beta * \ln t]}$$

5. ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

En esta sección se ilustran los resultados de las estimaciones de los modelos considerados a nivel agregado para los datos de Colombia, identificando el modelo que mejor describe la senda de difusión de la telefonía móvil. Los modelos se estimaron a través de regresiones no lineales, utilizando el programa econométrico STATA⁹.

5.1 Datos

Los datos empleados del sector de la telefonía móvil fueron los suministrados por el Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones (MINTIC), obtenidos de los informes que trimestralmente elabora sobre la evolución del sector. Esta información fue recopilada y procesada en una hoja de cálculo y se encuentra disponible para el periodo

⁹ STATA 11.1

comprendido entre el cuarto trimestre del año 1995 hasta el primer trimestre del año 2011 permitiendo contar con 62 observaciones.

Las variables utilizadas en las estimaciones para cada uno de los modelos son las especificadas en la sección previa, son el número de abonados del servicio de telefonía móvil en Colombia representada como n_t , tomando la penetración móvil entendida como número de abonados por cada 100 habitantes y el tiempo ilustrado como la variable t en donde el cuarto trimestre de 1995 se define como el número 1, el primer trimestre de 1996 es igual a 2 y así sucesivamente hasta el primer trimestre de 2011 que es tomado como el número 62.

5.2 Resultados

Las estimaciones realizadas para los datos agregados de Colombia arrojan que todos los modelos estimados a excepción del modelo logístico simple y el modelo Gompertz, no convergieron o algunos no arrojaron resultados apropiados en términos de nivel de saturación por lo cual fueron descartados.

Lo anterior, se concluye después de validar en las estimaciones el proceso numérico de iteración elegido, el cual fue el método Newton-Raphson. Para ello se fijaron diferentes valores de inicio para el proceso de optimización, así como cambios en los niveles de tolerancia en los criterios de convergencia¹⁰. Esto fue realizado para los siguientes modelos: modelo logístico local, modelo exponencial negativo, modelo Bertalanffy, modelo Broddy y el modelo log.logístico.

En la Tabla 1 se muestra los resultados de las estimaciones de la curva de difusión para Colombia a través del modelo logístico simple y el modelo Gompertz.

¹⁰ El criterio de convergencia que fue modificado para diferentes estimaciones fue el `nrtolerance` (un gradiente pequeño con relación a la Hessiana), en Stata el valor establecido como “stopping criteria” es de $<10^{-5}$.

Tabla 1. Estimación de Modelos Agregados de la Difusión de la Telefonía Móvil en Colombia¹¹.

	<i>Modelo Logístico Simple</i>	<i>Modelo Gompertz</i>
Número de Observaciones	62	62
R ²	0.9962	0.994
R ² Ajustado	0.996	0.9937
σ	1.928	1.957
α	0.9860161	1.059709
	(0.0120866)	(0.0226347)
	Intervalo de Confianza 95%	(0.9618308 - 1.010201)
β	0.1890257	0.1155986
	(0.0084969)	(0.0075245)
	Intervalo de Confianza 95%	(0.1720234 - .2060281)
Γ	2467.668	87.70063
	(803.5598)	(24.44025)
	Intervalo de Confianza 95%	(859.7491 - 4075.588)

Se observa que estos dos modelos se ajustan adecuadamente a los datos de Colombia, para ambos modelos los coeficientes tienen el signo esperado siendo positivos y son estadísticamente significativos al 10% nivel de significancia¹². Respecto al modelo logístico se observa que los coeficientes obtenidos son muy similares a los hallados por Gamboa y Otero (2009), por su parte este modelo arroja un valor de α estimado igual al 98.6% de penetración, revisando estas cifras de penetración en el número de abonados se encuentra que esta penetración se alcanzó con un número de abonados igual a 44.741 millones de abonados, comparándolo con el obtenido por Gamboa y Otero (2009) que fue

¹¹ Errores estándar Robustos en paréntesis.

¹² Prueba a dos colas.

de 44.660 se puede afirmar que las estimaciones son bastante similares. Por su parte, la tasa de crecimiento estimada en este modelo es igual a 18.9% mientras que el encontrado por Gamboa y Otero (2009) fue de 18.4% y respecto a la variable de localización de la curva de difusión el valor hallado en el presente documento es igual a 2467.668 cuando el calculado por los autores señalados corresponde a un valor de 2253.132.

De otra modo, el punto de inflexión estimado en este modelo es $t^* = \ln(2467.668)/0.189 = 41.32 \approx 41$ que corresponde al cuarto trimestre de 2005, Gamboa y Otero (2009) encontraron como punto de inflexión el periodo 42 que es el primer trimestre del año 2006.

Sin embargo, dado la realidad del mercado del servicio de la telefonía móvil en Colombia el modelo logístico simple señala como nivel de saturación el 98% de penetración de la telefonía móvil, cifra que fue alcanzada en el primer trimestre del año 2011, cuando se esperaba alcanzar para el año 2013, de acuerdo con los pronósticos realizados por Gamboa y Otero (2009).

De esta manera, el modelo que logra capturar adecuadamente la forma de la curva de difusión de los servicios de telefonía móvil es el modelo Gompertz, el cual señala como nivel de saturación (α) el 105.97%, con un intervalo de confianza al 95% igual a (101.44% - 110.5%), permitiendo considerar valores de saturación iguales a 110.5%, lo anterior se encuentra en línea con lo señalado por Snoussi (2009) que establece que en países en desarrollo la penetración de la telefonía móvil se encuentra entre el 100% y el 120%. Por su parte, el modelo estima una tasa de crecimiento (β) de 11.55% y la variable de localización del modelo (γ) es igual a 87.70. El punto de inflexión que se estima con este modelo es $t^* = \ln(87.70063)/0.1155986 = 38.7 \approx 39$ que es el segundo trimestre del año 2005, cifra que no dista mucho del punto de inflexión encontrado a través del modelo logístico.

6. CONCLUSIONES

Este documento examina el patrón de difusión de la telefonía móvil en Colombia a nivel agregado y por empresa prestadora de los servicios de telefonía móvil a través del modelo logístico simple, el modelo Gompertz, el modelo logístico extendido, el modelo logístico con respuesta no simétrica, el modelo logístico local, el modelo exponencial negativo, el modelo Bertalanffy, el modelo Brody y la curva log-logística. Como hallazgos del documento se encuentra que el proceso de difusión para el caso colombiano se ajusta mejor con un modelo Gompertz, el cual señala como nivel de saturación el 105% de penetración del servicio de telefonía móvil e inclusive considera el nivel de penetración del 110.5%.

Estos resultados se encuentran en línea con lo hallado por Singh (2008) para India, en donde el proceso de difusión de la telefonía móvil se describe adecuadamente a través del modelo Gompertz, evidenciando que para países en desarrollo este modelo logra capturar adecuadamente el crecimiento del sector de la telefonía móvil.

Como señala Wu y Chu (2009) “La elección del modelo siempre depende del caso y un modelo único de difusión no ajusta todo el proceso (Meade and Islam, 2001). Los modelos Gompertz y Logístico tienen similar contorno. Sin embargo, El modelo Gompertz describe una dinámica diferente. En las etapas tardes del proceso de difusión de la telefonía móvil, durante la cual el número de personas que adoptan la tecnología es grande, justo cuando la curva de difusión ha pasado el punto de inflexión, la curva logística es una función de los que adoptan la tecnología y los que no la adoptan; no obstante, la curva Gompertz está en función de los que no adoptan únicamente (Martino, 1993) Así, si un proceso de difusión débilmente se correlaciona con el número de imitadores (el efecto de externalidad de redes) cuando el proceso cae (cuando se pasa el punto de inflexión), el modelo Gompertz supera el modelo logístico en pronosticar el proceso de difusión”, por lo que se podría pensar que esto ocurre para el caso colombiano.

Como nuevo tema de investigación en el caso colombiano se propone la extensión de la evaluación de este tipo de modelos en las diferentes etapas de la curva, así como la investigación de los determinantes del proceso de difusión. Adicionalmente, un tema que

resulta bastante interesante es el desarrollo de modelos que expliquen el comportamiento de las participaciones de mercado de las empresas móviles evaluando los determinantes del mismo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ahn, H., y Lee, M.-H. 1999. An Econometric Analysis of the Demand for Access to Mobile Telephone Networks. *Information Economics and Policy*, 11(3), 297–305.

Bohlin, A., Gruber, H. y Koutroumpis P. 2010. Diffusion Of New Techology Generations in Mobile Communications. *Information Economics and Policy*, 22, 51–60.

Botelho, A. y L. Costa Pinto.2004. The diffusion of cellular phones in Portugal. *Telecommunications Policy* 28, 427-437.

Burki, A. y Aslam, S. 2000. The Role of Digital Technology and Regulations in the Diffusion of Mobile Phones in Asia. *The Pakistan Development Review* 39 : 4 Part II (Winter 2000) pp. 741–750

Carvalho, A. 2006. Diffusion of mobile phones in Portugal: Unexpected success: Presented at the Innovation Pressure International ProACT Conference Rethinking Competitiveness. Policy and Society in a Globalised Economy. Tampere, Finland.

Chu, W., Wu, F., Kao, K. y Yen, D. 2009. Diffusion of mobile telephony: An empirical study in Taiwan. *Telecommunications Policy*

Dekimpe, M. G., Parker, P. M., y Sarvary, M. 1998. Staged Estimation of International Diffusion Models: An Application to Global Cellular Telephone Adoption. *Technological Forecasting and Social Change*, 57(1-2), 105–132.

Gamboa, L. y Otero, J. 2009. An estimation of the pattern of diffusion of mobile phones: The case of Colombia. *Telecommunications Policy*, doi:10.1016/j.telpol.2009.08.004.

Garbacz, C. y Thompson Jr, H.G. 2007. Demand for telecommunication services in developing countries. *Telecommunications Policy* 31, 276–289.

Gebreab, Frew A. 2002. GETTING CONNECTED: Competition and Diffusion in African Mobile Telecommunications Markets.

Grajek, M. y Kretschmer, T. 2009. Usage and diffusion of cellular telephony, 1998–2004. *International Journal of Information Systems and Information Management*, 238 – 249.

Griliches, Z. 1957. Hybrid Corn: An exploration in the economics of technical change. *Econometrica* 25, 501-522.

Gruber, H. 2001. Competition and innovation: The diffusion of Mobile telecommunications in Central and Eastern Europe. *Information Economics and Policy* 13, 19-34.

Gruber, H. y Verboven, F. 2001a. The diffusion of mobile telecommunications services in the European Union. *European Economic Review* 45, 577-588.

Gruber, H. y Verboven, F. 2001b. The evolution of markets under entry and standards regulation. the case of global mobile telecommunications. *International Journal of Industrial Organization* 19, 1189-1212.

Gruber, H. 2005. *The Economics of Mobile Telecommunications*. Cambridge University Press.

Gruber, H. y Koutroumpis, P. 2010. Mobile Communications: Diffusion Facts and Prospects. *Communications & Strategies* 77, 133.

Islam, T. y Meade, N. 1997. *The Diffusion of Successive Generations of a Technology: A More General Model*. NORTH- HOLLAND.

Jang, S., Dai, S. y Sung, S. 2005. The pattern and externality effect of diffusion of mobile telecommunications: the case of the OECD and Taiwan. *Information Economics and Policy* 17, 133-148.

Jonghwa Kim a, Deok-Joo Lee b y Jaekyoung Ahn. 2006. A dynamic competition analysis on the Korean mobile phone market using competitive diffusion model. *Computers & Industrial Engineering* 51 (2006) 174–182.

Kalba, Kas. 2008. The Adoption of Mobile Phones in Emerging Markets: Global Diffusion and the Rural Challenge. *International Journal of Communication* 2 , 631-661.

Kauffman, R. y Techatassanasoontorn, A. 2009. Understanding early diffusion wireless phones. *Telecommunications Policy* 33, 432-450.

Kim, J., Lee, D. y Ahn, J. 2006. A dynamic competition analysis on the Korean mobile phone market using competitive diffusion model. *Computers & Industrial Engineering* 51, 174–182

Koski, H. y Kretschmer, T. 2002. Entry, Standards, and Competition: Firm Strategies and the Diffusion of Mobile Telephony. *ETLA Discussion Papers*, 824.

Liikanen, J., Stoneman, P. y Toivanen, O. 2004. Intergenerational effects in the diffusion of new technology: the case of mobile phones. *International Journal of Industrial Organization* 22, 1137-1154.

Madden, D. y Coble-Neal, G. 2004. Economic determinants of global mobile telephony growth. *Information Economics and Policy* 16, 519–534.

Michalakelis, C., D. Voroutas, y T. Sphicopoulos. 2008. Diffusion models of mobile telephony in Greece. *Telecommunications Policy* 32, 234-245.

Parker, P.M. y RoK Iler, L-H. 1997. Collusive conduct in duopolies: Multimarket contact and crossownership in the mobile telephone industry. *RAND Journal of Economics* 28, 304-322.

Rogers, E., 2003. *Diffusion of Innovations*, Fifth Edition. Free Press, New York.

Rouvinen, P. 2006. Diffusion of digital mobile telephony: Are developing countries different?. *Telecommunications Policy* 30 (2006) 46–63

Singh, S. K. 2008. The diffusion of mobile phones in India. *Telecommunications Policy* 32, 642-651.

Snoussi, Mounira. 2009. Pattern choice of mobile phone diffusion in Tunisia. Paper presented at EconAnadolu 2009: Anadolu International Conference in Economics. Junio 17 al 19 en Eskisehir, Turquía.

Trapey, C. y Wu, H. 2008. An evaluation of the time-varying extended logistic, simple logistic, and Gompertz models for forecasting short product lifecycles. *Advanced Engineering Informatics* 22, 421–430.

Vicente, M. y López, A. 2006. Patterns of ICT diffusion across the European Union. *Economics Letters* 93 , 45–51.

Watanabe, C., Moriyama, K. y Shin, J. 2009. Functionality development dynamism in a diffusion trajectory: A case of Japan's mobile phones development. *Technological Forecasting & Social Change* 76 (2009) 737–753

Wu F-S y Chu W-L. 2009. Diffusion models of mobile telephony, *Journal of Business Research*.

ANEXO 1

	<u>Estudio</u>	<u>Variable Dependiente</u>	<u>Variables Independientes</u>	<u>Países</u>	<u>Periodo</u>	<u>Modelo</u>	<u>Resultados</u>
1	Dekimpe et al (1998)	Penetración Móvil	PIB per cápita, crecimiento de la población, número de ciudades de mayor población, número de sistemas tecnológicos que compiten, tasa de mortalidad, variable dummy si es un país comunista, número de grupos étnicos dentro del país.	184	1979-1992	Aplicaciones de modelos Naive y Pooled y modelos logísticos de influencias externas e internas.	Altos ingresos, homogeneidad étnica y una baja tasa de mortalidad promueven la difusión.
2	Ahn y Lee (1999)	Penetración Móvil	PIB per cápita, penetración fija y tasa de digitalización, costo móvil para el usuario	64	1997	Normal transformation (NT) y density weighted average derivative estimator (DWAD)	Un alta PIB per cápita y una tasa de penetración fija, promueven la difusión.
3	Burki y Aslam (2000)	Número de abonados de telefonía móvil	PIB, población, penetración fija, dummy para telefonía móvil digital, dummies para telefonía móvil análoga y dummies de competencia en el mercado	25 (Asia)	1986-1998	Modelo de difusión Logístico (NLS)	El cambio de telefonía móvil análoga a digital cambia la senda de difusión
4	Gruber (2001)	Penetración Móvil	PIB per cápita, proporción de la población urbana, penetración fija y tiempo de espera, dummy para competencia en telefonía móvil digital, número de operadores móviles, índice de transición de mercado.	10 (Centro y Oriente de Europa)	1992-1997	Modelo de difusión Logístico (NLS)	La competencia y el cambio de tecnología de análoga a digital promueven la difusión de la telefonía móvil. La entrada simultanea de operadores acelera más la velocidad de la difusión que la entrada secuencial. Lo mismo, sucede con la red de telefonía fija y el tiempo de espera.
5	Gruber y Verboven (2001a)	Número de abonados de telefonía móvil	PIB per cápita, penetración fija y tiempo de espera, dummy telefonía digital, dummies de competencia para tecnologías análoga y digital	15 (Unión Europea)	1992-1997	Modelo de difusión Logístico (NLS)	La competencia, la transición de tecnología análoga a digital promueve la difusión. Entrantes tardíos al mercado adoptan la telefonía móvil más rápido, pero solo alcanzan una convergencia internacional alrededor del 2006.
6	Gruber y Verboven	Número de abonados	PIB per cápita, penetración fija y tiempo de espera de arreglos de telefonía fija,	140	1981-1997	Modelo de difusión	Baja convergencia de difusión a través de los países. La competencia tiene un fuerte

	(2001b)	de telefonía móvil	dummy si hay telefonía digital, dummy entrada tecnología digital o dummy de pre-existencia de tecnología analógica, dummy si hay múltiples tecnologías digital /analógica, dummies de competencia secuencial y simultanea para tecnología analógica y digital.			Logístico (NLS)	impacto en la promoción de la difusión y más si la competencia es secuencial. Asimismo, una tecnología estándar promueve más la difusión que si fueran múltiples.
7	Liikanen et al. (2001)	Número de abonados de telefonía móvil Análogos y Digitales	PIB per cápita, población, proporción de la población urbana, y población sobre los 65 años en adelante, penetración y usuarios de telefonía fija, penetración y usuarios de telefonía móvil analógica y digital, número de tecnologías analógicas y digitales y números de años de introducción, dummies de NMT & GSM, 5 medidas operativas de telefonía móvil, tasa años-dependencia, área cubierta.	80	1992-1998	Modelo de difusión Logístico (NLS)	La introducción de telefonía digital elimina la difusión de la analógica. Los resultados para una generación específica (analógica vs. Digital) difiere de los resultados genéricos (analógica +digital): los cambios de tecnología cuentan. El surgimiento de una nueva tecnología (2G) impide la difusión de la antigua (1G), mientras la tasa de penetración de la tecnología antigua tiene efectos positivos en la difusión de la nueva, al menos cuando la tasa de penetración es lo suficientemente alta, tal que el efecto sustitución es dominado por el efecto de redes entre tecnologías.
8	Gebreab (2002)	Número de abonados de telefonía móvil	Número de operadores de telefonía móvil, dummy si hay un presencia de un regulador independiente, dummy para indicar la empresa incumbente de telefonía móvil en el país, dummy para indicar si el incumbente ha sido privatizado, dummy para cada estructura del mercado y dummy para indicar la entrada en el mercado si es simultanea o si es secuencial. Asimismo, variables macroeconómicas de control como número de líneas fijas en el país, población, PIB, población que viven en zona urbana.	41 (África)	1987-2000	OLS con Efectos Fijos.	Encuentra que la competencia es el determinante principal en la difusión de telefonía móvil en África, así como el progreso tecnológico específicamente la tecnología digital. Señala que en los países donde hay presencia de un incumbente de telefonía celular que posiblemente es el incumbente de telefonía fija hay un abuso de posición de dominio que conlleva a un impacto negativo en la difusión de la telefonía móvil. Sin embargo, si se ha privatizado la empresa incumbente de telefonía fija se observa que esto ayuda al crecimiento de la telefonía móvil.
9	Koski y Kretschmer (2002)	Penetración móvil y costo de entrada	PIB per cápita, proporción de la población urbana, dummy para regulador telecom y medida de competencia, penetración móvil analógica, abonados telefonía móvil	32	1991-1999	Modelos de difusión logístico, Weibull y Cox. (3SLS con IV)	La incorporación de la fecha de entrada a la telefonía móvil digital es importante para la difusión. Tanto entre y dentro de las tecnologías, la competencia promueve la

			digital, usuarios prepago, dummy para tecnologías digitales, participación de mercado de la tecnología digital dominante en el mercado y dummy para más de 2 operadores móviles.				difusión y un bajo costo para el usuario cuando hay presencia de más de dos operadores.
10	Botelho et al (2004)	Número de abonados de telefonía móvil	Tiempo	Portugal	1989-2000	Modelo de difusión Exponencial (OLS), Logístico y de Gompertz (NLS)	Encuentra que en Portugal el proceso de difusión de tecnología sigue una forma S, solo el modelo logístico describe adecuadamente la senda de difusión de la telefonía móvil. Diferentes factores como los mejoramientos tecnológicos han llevado a la tasa de crecimiento del número de abonados a su máximo. Sugieren que la fase alta de crecimiento de difusión de telefonía móvil terminó en 1999, fecha en la cual empezó a declinar.
11	Madden et al (2004)	Penetración Móvil	PIB per cápita, población, costo móvil para el usuario	56	1995-2000	(2SOLS CON IV)	Alto ingreso, bajos costos para el usuario y una base de usuarios grande promueve la difusión.
12	Jang et al (2005)	Penetración Móvil	PIB per cápita, densidad poblacional, dummy tecnología telefonía digital, penetración telefonía fija, número de operadores de telefonía móvil en el mercado, opciones de pago para el usuario.	29 (OECD) y Taiwán	1980-2001	Modelo de difusión Logístico (OLS) y Modelo de Externalidades de Red (OLS)	El patrón de difusión para todos los países se caracterizan por una curva S, con diferencias en la extensión de la misma entre países debido a la diferencias en la magnitud del coeficiente de externalidades de red. Se encuentra que la tecnología digital y la competencia aceleran la difusión de telefonía móvil, asimismo una variable significativa es la estructura de pago en el mercado. Una variable que afecta negativamente a la difusión es la penetración de telefonía fija.
13	Kim et al (2006)	Número de abonados de telefonía móvil y usuarios de PCS	Usuarios de Telefonía Móvil y usuarios de PCS	Corea	1997-2002	Modelo Lotka-Volterra	Se encuentra que difícilmente el número de abonados de telefonía móvil afecta el mercado de PCS (Personal Computers), pero si al contrario, la telefonía móvil se beneficia del mercado PCS. La competencia afecta significativamente la difusión de la telefonía móvil.
14	Rouvinen (2006)	Número de abonados	PIB per cápita, población, proporción de la población en ciudades grandes, costo	180 (78 desarrollados y	1993-2000	Modelo de difusión	Controlando para características de cada país la velocidad de difusión per se no es

		de telefonía móvil	usuario telefonía fija, penetración móvil análoga, usuarios telefonía móvil digital, usuarios móvil digital prepago, dummy para más de dos tecnologías móvil digitales, dummy para más de dos operadores telefonía digital, precio de inversión aparato celular.	102 en desarrollo		Gompertz	significativa diferente entre los dos grupos de países. Sin embargo, hay factores que afectan más la difusión en los países en desarrollo como el tamaño grande de la base de usuarios, efectos de red acumulados, que sea un país abierto, un alto nivel de tecnología y un alto grado de innovación que complemente la telefonía móvil. Los operadores que entran tarde al mercado experimentan una difusión mayor conduciendo a una convergencia a través de los países.
15	Vicente y López (2006)	Número de usuarios de internet, número de usuarios de computadores y número de usuarios de telefonía móvil.	Niveles de ingreso, rangos de edad, niveles de educación, género, ocupación. Variable de externalidades de red para telefonía móvil como el porcentaje de amigos con teléfono celular.	15 (Unión Europea)	2002	Modelo Logit	Muestran como sus principales resultados que factores como el ingreso, la educación y los esfuerzos en investigación e innovación conducen a una mayor difusión de las TICS en la Unión Europea
16	Garbacz et al (2007)	Número de abonados de telefonía móvil y de Telefonía Fija	PIB per cápita, población, proporción de población urbana, densidad de la población, años de educación, precios de aparatos celulares, precios de conexión de telefonía fija y móvil, precios de cuenta mensual telefonía fija y móvil, dummy de competencia si hay más de dos operadores de telefonía móvil, dummy para presencia de organismo regulador privado	53 (Países en desarrollo)	1996-2003	OLS	Estimación de la demanda por servicios de telefonía, se encuentra que las elasticidades precio de telefonía móvil es grande. Los teléfonos fijos son sustitutos en el mercado móvil pero no al contrario, es más se obtiene que la telefonía móvil complementa la telefonía fija. Asimismo, el incremento de competencia, un mayor ingreso, y mejor educación pueden ser los promotores del servicio universal de los servicios de telecomunicaciones.
17	Gamboa et al (2009)	Número de abonados de telefonía móvil	Tiempo	Colombia	1995T4-2008T2	Modelos de difusión Logístico y Gompertz(NLS)	El patrón de difusión de telefonía móvil en Colombia se describe mejor a través del modelo logístico. A pesar de alcanzar altos niveles de difusión se espera que el nivel de saturación se alcance dentro de 5 años más.
18	Kalba (2008)	Penetración Telefonía Móvil	PIB, penetración telefonía fija, número de operadores, abonados en prepago.	25 (Países en desarrollo)	2006	Correlaciones entre las variables.	Se observa que en los países en desarrollo con un mayor nivel de ingresos hay una mayor penetración de la telefonía móvil, asimismo ante mayores niveles de líneas fijas encuentra que se les da una mayor importancia a la telefonía móvil como instrumento de comunicación, porque se podría llamar de un

							fijo a un móvil y se podría utilizar las redes troncales.
19	Michalakelis et al (2008)	Número de abonados de telefonía móvil	PIB per cápita, penetración de telefonía móvil y fija, dummies de competencia, número de operadores.	Grecia	1994-2005	Modelos de difusión Bass, Fisher-Pry, Gompertz y variantes del modelo logístico (FLOG, Box-Cox, TONIC). (NLS)	El nivel de saturación en el mercado de Grecia fue encontrado en el 2003, encontrando maduración en el mercado de telefonía móvil para adoptar nuevas tecnologías móviles. Lo anterior, fue causado por la introducción de tecnología GSM, la competencia, y el nivel de relación de los usuarios "Word-of-mouth", el número de usuarios iniciales, es decir, la base instalada.
20	Singh (2008)	Densidad Móvil (Número de teléfonos celulares por cada 100 habitantes)	Tiempo	India	1995-2006	Modelos de difusión Logístico y Gompertz(NLS)	Se encuentra que la densidad móvil (Número de telefonía móvil por 100 habitantes) incrementará de 8.1 e 2005-2006 a 36.5 en 2010-2011 y 71 en 2015-2016 y señalan la importancia de tener en cuenta este patrón para los futuros planes de telefonía móvil por parte de los operadores.
21	Trapey y Wu (2008)	Penetración de televisores a color, teléfonos celulares, lavadoras, etc	Tiempo	Taiwán	Dependiendo del producto, por ejemplo para los televisores LCD desde el 2003 hasta 2006.	Modelos de difusión logístico, Gompertz, logístico extendido. (NLS)	Encuentran que para la estimación adecuada de pronósticos en tasas de crecimiento sobre el uso en diferentes productos a través de los modelos logístico y Gompertz, éstos requieren el límite superior correcto sobre la penetración, es decir, el nivel de saturación verdadero. Sin embargo, el modelo extendido permite una adecuada estimación de la difusión de productos con corta y larga expectativa de uso, así como en casos donde los datos no son lineales o hay un número reducido de los mismos, mientras que los anteriores modelos sólo se ajustan adecuadamente para productos con corta expectativa de vida.
22	Chu et al (2009)	Número de abonados de telefonía móvil	PIB, cambio de tecnología de analógica a digital (innovación), dummy de competencia: presencia de más de dos operadores en el mercado, número de operadores, penetración telefonía fija,	Taiwán	1989-2007	Modelos de difusión Logístico, Gompertz y Bass(NLS)	El modelo más apropiado para describir la difusión de telefonía móvil en Taiwán es el modelo Logístico. Muestran que los efectos de red que son iguales al efecto imitación en el modelo Bass, son los que explican esta

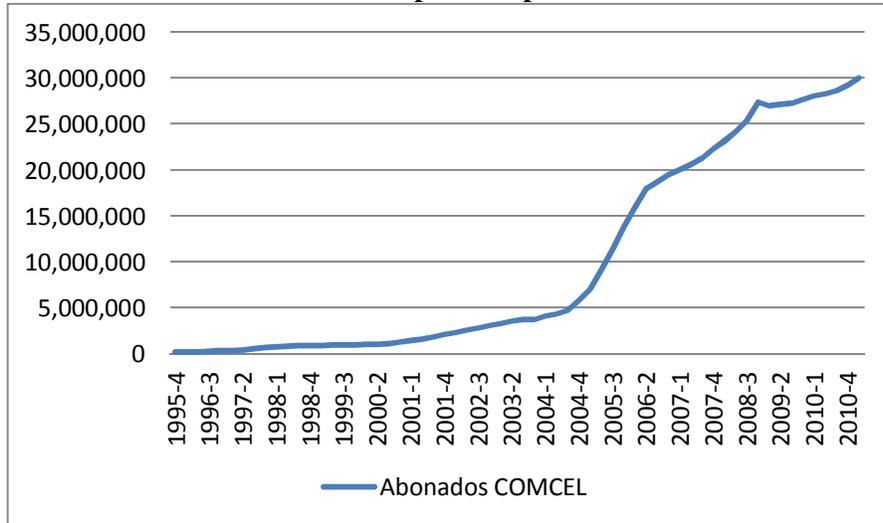
			restricciones de acceso para modalidad prepago.				superioridad del modelo Logístico. La competencia es la principal variable que afecta significativamente al proceso de difusión. Finalmente, encuentran que la telefonía móvil es sustituta de la telefonía móvil en Taiwán.
23	Grajek et al (2009)	Número de abonados de telefonía móvil y Minutos promedio de uso por usuario	PIB per cápita, minutos de uso promedio mensuales, ingreso promedio por minuto, precio de conexión a red de telefonía fija, usuarios de telefonía fija como proporción de la población por operador, usuarios potenciales para competir entre operadores como proporción de la población, usuarios de telefonía fija como proporción de la población, proporción de usuarios prepago para cada operador, tiempo después de la entrada al mercado y dummy para indicar etapa en la que se encuentra la difusión.	41 (más de 100 operadores de telefonía móvil)	1998-2004	Modelo de difusión Logístico (NLS) y IV	Encuentra que la heterogeneidad de los consumidores es considerable y los efectos de red son moderados en comparación. Se encuentra grado de complementariedad en las primeras etapas de difusión de la telefonía móvil con la telefonía fija, pero en etapas más maduras se observa sustitución entre el número de minutos fijos con los minutos de uso de telefonía móvil.
24	Kauffman et al (2009)	Usuarios de Telefonía Móvil	PIB per cápita, población, proporción de población urbana, penetración móvil digital y analógica, número de operadores de telefonía móvil digital y analógica, precio de una llamada (3 minutos) hora pico, número de tecnologías digitales y analógicas presentes, dummy para presencia organismo regulador.	46 (Desarrollados y en desarrollo)	1992-2002	Modelos logísticos de External influence, Internal influence, Mixed influence. Modelo Gompertz y Weibull) (NLS)	Los modelos que mejor ajustan el proceso de telefonía móvil indican que no sigue una distribución normal y que no se ajusta exactamente a las categorías propuestas por Rogers (2003).
25	Snoussi (2009)	Penetración telefonía móvil	Tiempo	Túnez	2002-2007. Trabaja dos series de tiempo, para cada uno de los operadores	Modelo logístico, modelo Gompertz, modelo logístico extendido, modelo logístico de respuesta no simétrica, modelo logístico local, modelo exponencial negativo, modelo Bertalanffy, modelo Brody, curva log-logístico.	Snoussi evalúa los diferentes modelos para los datos de cada operador en Túnez y como lo afirma, primero demuestra que el modelo logístico simple es el más apropiado para modelar la difusión de los servicios del operador entrante, mientras el modelo logístico extendido es el menos adecuado para el encumbente. Segundo, encuentra que el sector móvil en Túnez aún está creciendo, y afirma que esto responde los sectores de telecomunicaciones en países en desarrollo se encuentran en fase de expansión, mientras que los países desarrollados se encuentran en una etapa de madurez. Tercero, encuentra

							que en Túnez el operador entrante alcanzó su nivel de saturación en el 2007 y el operador incumbente aún no lo ha alcanzado y finalmente sugiere que los operadores deben renovar y mejorar su infraestructura para satisfacer adecuadamente la demanda.
26	Wu et al (2009)	Número de usuarios de Telefonía Móvil	Tiempo	Taiwán	1989-2007	Modelos de difusión Gompertz, Logístico, Bass y ARMA	El modelo de Gompertz supera los otros modelos después de que la difusión despegue y el modelo logístico es superior después del punto de inflexión y sobre el rango agregado de difusión. Las externalidades de red es la parte dinámica del modelo logístico y se recomienda tener en cuenta para una buena modelación. Es el primer estudio longitudinal que presenta evidencia empírica de que el modelo apropiado para la difusión de telefonía móvil es dependiente de la etapa en el que se encuentre la difusión.
27	Bohlin, Gruber y Koutroumpis (2010)	Tasa entre el número de usuarios de telefonía móvil y el número de potenciales usuarios.	PIB, número de operadores, número de abonados por tecnología de la red, número de abonados por generación móvil, variables de regulación.	177 (países en desarrollo y desarrollados)	1990- 2007	OLS (Efectos fijos, efectos variables, variables instrumentales y panel dinámico)	Para la telefonía móvil de 2G y 3G encuentran que frente a mayores niveles de urbanización , PIB per cápita, penetración de internet o banda ancha la difusión de la telefonía móvil es mayor. De igual forma, para los países en donde hay una regulación adecuada. Adicionalmente, establecen que la velocidad de la difusión entre las generaciones ha disminuido y la velocidad de difusión de la telefonía 3G es mucho menor que las anteriores, la telefonía móvil de 2G influye positivamente en la etapa temprana de la difusión de la telefonía móvil de 3G, pero en una etapa más madura sus efectos son negativos.
28	Gruber y Koutroumpis (2010)	Tasa entre el número de usuarios de telefonía móvil y el número de potenciales usuarios.	PIB per capita, urbanización, penetración Internet o banda ancha, variables de regulación, número de operadores en el mercado, redes por tecnología.	177 (países en desarrollo y desarrollados)	1990- 2007	OLS (Efectos fijos, efectos variables, variables instrumentales y panel dinámico)	Documento que discute los hallazgos de la investigación desarrollada por Bohlin (2010) y comparan las expectativas generadas en el mercado frente a la introducción de las diferentes generaciones de telefonía móvil. Señalan que la difusión de la telefonía móvil de 1G se debe a la combinación de factores del lado de la oferta y el lado de la demanda

								ya que tomó un periodo largo de gestación de la misma, sin embargo para la telefonía móvil de 2G se encuentra que la difusión fue empujada principalmente por factores del lado de la demanda que condujeron a ofrecer servicios de voz a precios reducidos, así como establecer una modalidad de pago prepago, y finalmente para la telefonía móvil de 3G establecen que la difusión ha estado menos influenciada por factores de la demanda pero hay mayores indicadores que la oferta ha sido la fuerza que ha primado, por ejemplo, el rápido desarrollo de la tecnología y mayores capacidades en el espectro.
--	--	--	--	--	--	--	--	---

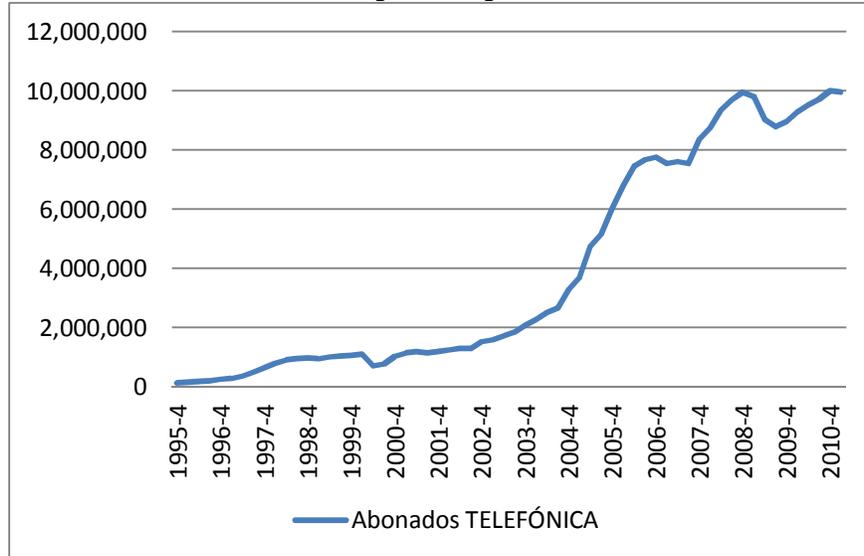
ANEXO 2

Número de Abonados para el operador COMCEL



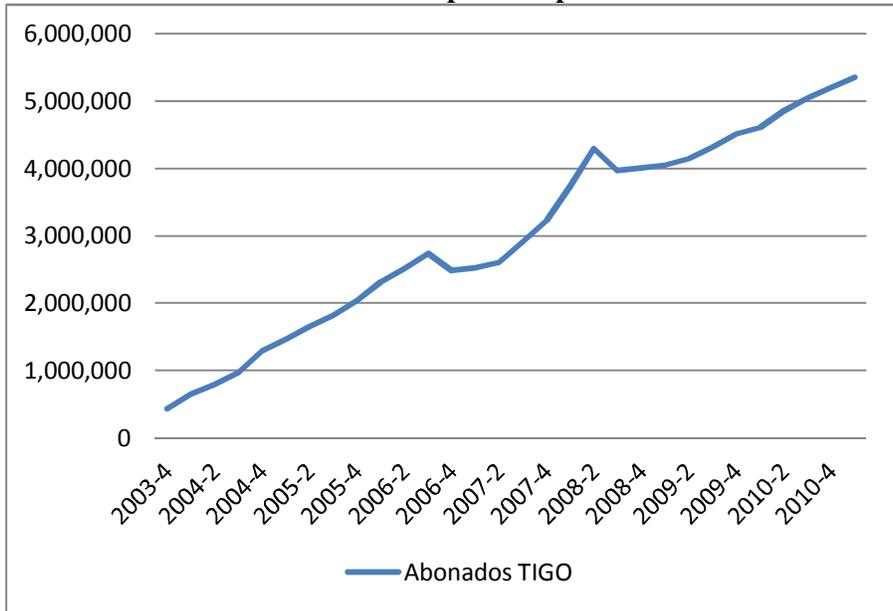
Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Número de Abonados para el operador TELEFÓNICA



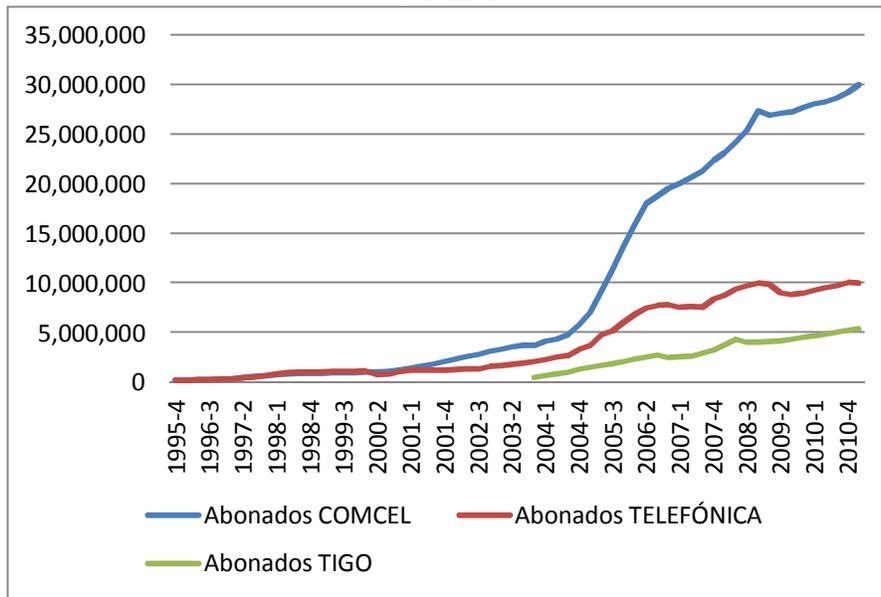
Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Número de Abonados para el operador TIGO



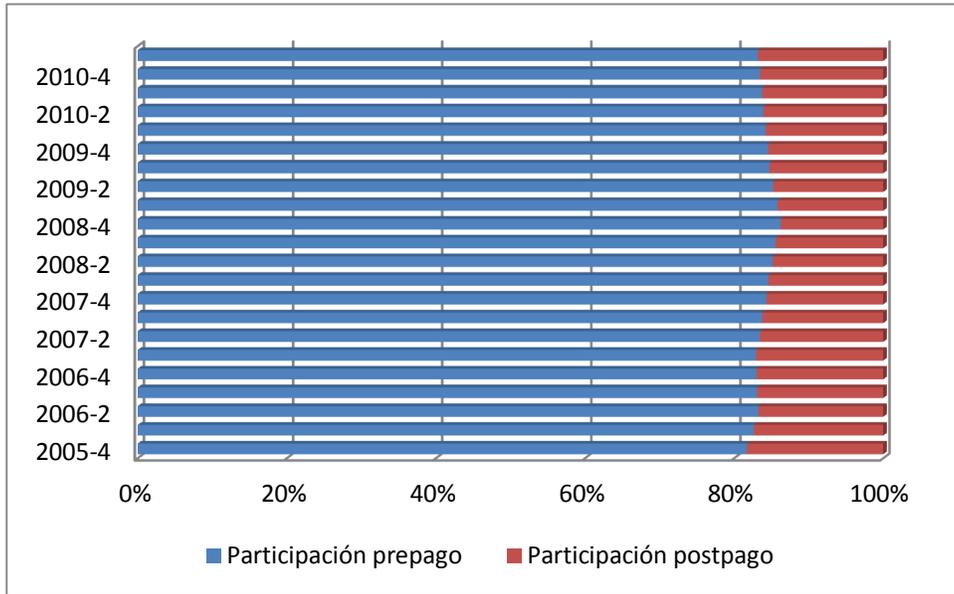
Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Comparación Sendas de Difusión de Abonados para Operadores de Telefonía Móvil en Colombia



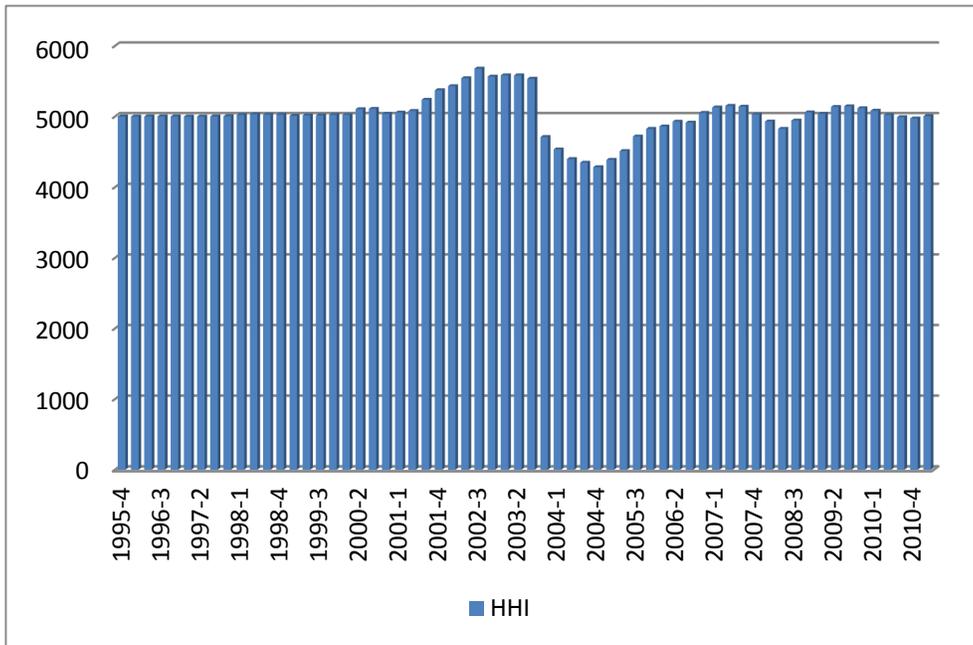
Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Participación de los Abonados Prepago y Postpago en el Mercado de Telefonía Móvil en Colombia.



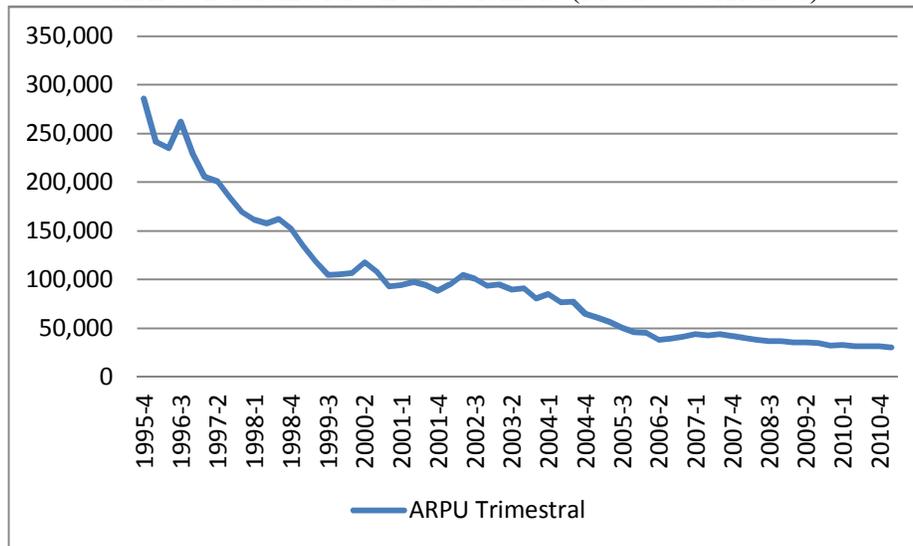
Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Índice de Concentración de Mercado



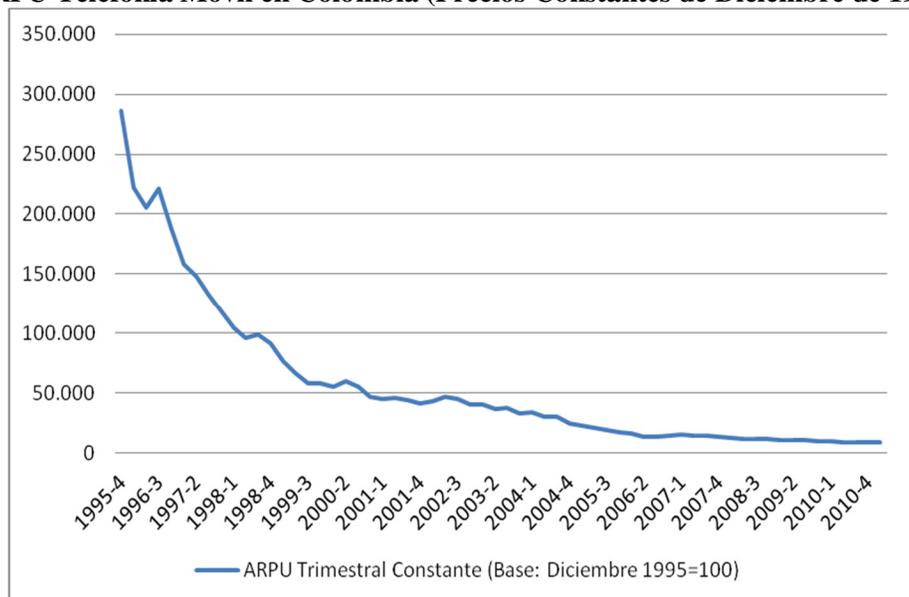
Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

ARPU Telefonía Móvil en Colombia (Precios Corrientes)



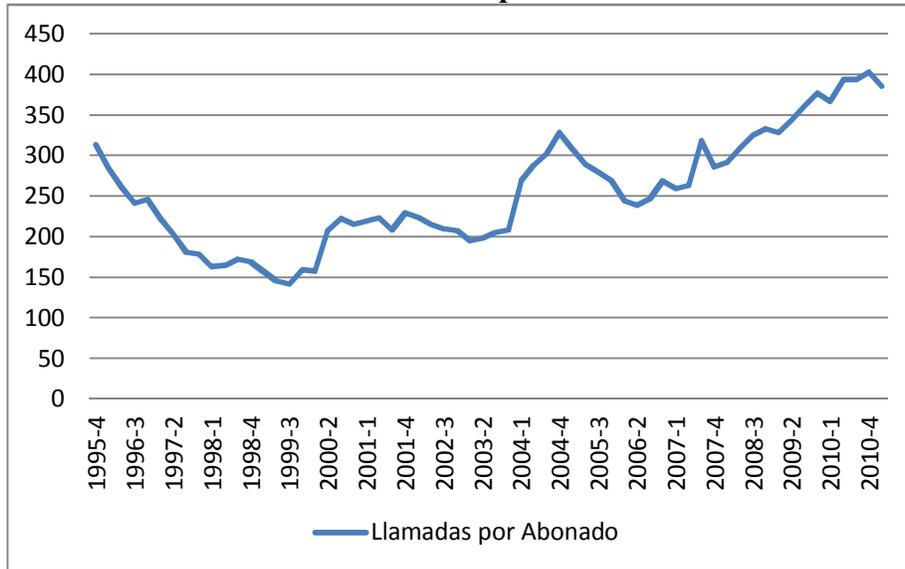
Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

ARPU Telefonía Móvil en Colombia (Precios Constantes de Diciembre de 1995)



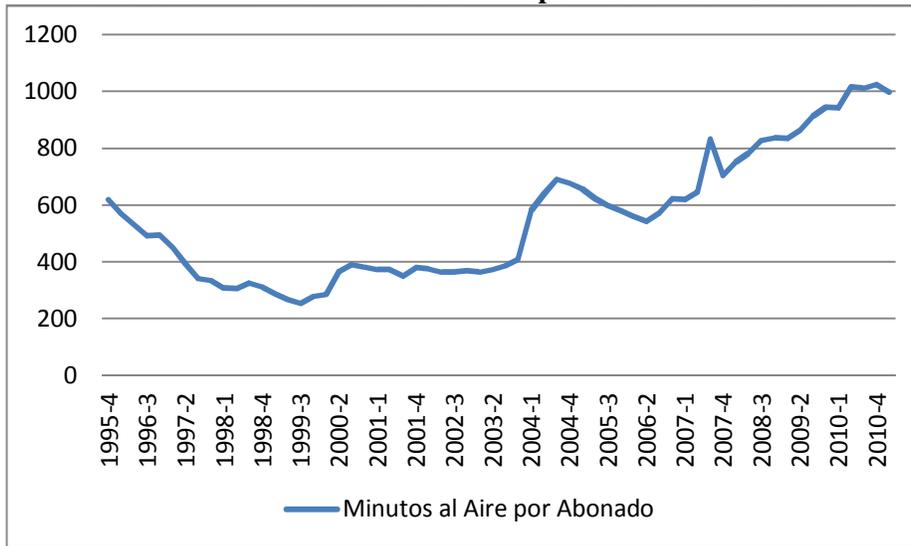
Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Número de Llamadas Promedio por Abonado en Colombia



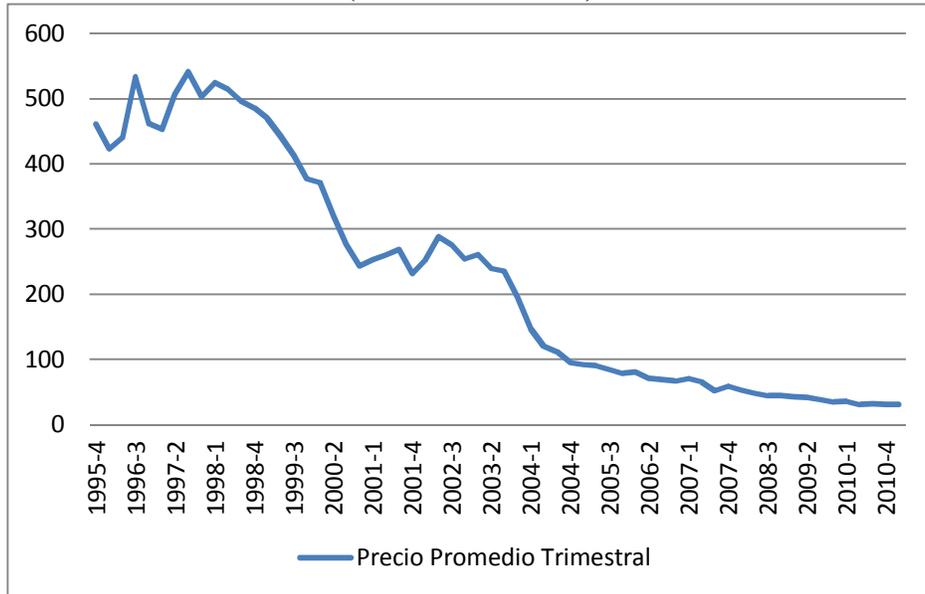
Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

Número de Minutos Promedio al Aire por Abonado en Colombia



Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

**Precio Promedio Trimestral por Minuto de Telefonía Móvil en Colombia
(Precios Corrientes)**



Fuente: MINTIC. Elaboración Propia.

**Precio Promedio Trimestral por Minuto de Telefonía Móvil en Colombia
(Precios Constantes a Diciembre de 1995)**

