

MODELO ECONÓMICO MATEMÁTICO DE EFECTOS DE RED. CASO MERCADO LIBRE

Morrone, Rita Beatriz

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas. Av. Córdoba 2122 – 1120AAQ. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina

ritamorrone@economicas.uba.ar

Resumen

Recibido: 01-06-2023

Aceptado: 10-08-2023

Palabras clave

Efectos de red

Redes de plataformas

Masa crítica de usuarios

Crecimiento de redes

Tamaño de red y equilibrios

El presente trabajo tiene como objetivo la elaboración de un modelo económico matemático de efectos de red implicados en el crecimiento y evolución de las plataformas. Dichos efectos se explican a partir del crecimiento en el número de usuarios y las características de los lazos de conectividad entre ellos, determinando su trayectoria.

A medida que una red aumenta su tamaño se modifica su atractivo. Los potenciales usuarios deciden la entrada en base a expectativas de éxito de la plataforma generando economías de escala. Estas plataformas presentan propiedades específicas en cuanto a compatibilidad y estándares tecnológicos. Como motivación se describe la evolución de la firma Mercado Libre destacando las variables relevantes como ser la trayectoria en el número de usuarios, transacciones y valuación de su acción.

Se elabora un modelo que explica que a medida que una red aumenta el número de usuarios y modifica sus relaciones de conectividad alcanza 2 tipos de equilibrios. Uno bajo, denominado masa crítica de usuarios (inestable), necesario, pero no suficiente. Si la red logra superarlo comienza a internalizar los efectos de red y puede llegar a un equilibrio alto (estable) que la asienta y asegura su expansión. Para poder superar la masa crítica debe presentar una estructura compatible con una red de escala libre.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN (En línea) 2362 3225

MATHEMATICAL ECONOMIC MODEL OF NETWORK EFFECTS. CASE: MERCADO LIBRE

Abstract

KEYWORDS

Network effects
Platform networks
Critical mass of users
Network growth
Network size and equilibrium

This paper aims to develop a mathematical economic model of network effects involved in the growth and evolution of platforms. These effects are explained from the growth in the number of users and the characteristics of the connectivity links between them, determining their trajectory.

As a network increases in size, its attractiveness changes. Potential users decide to enter based on expectations of success of the platform, generating economies of scale. These platforms have specific properties in terms of compatibility and technological standards. As motivation, the evolution of Mercado Libre firm is described, highlighting the relevant variables such as the trajectory in the number of users, transactions, and the valuation of its stocks.

A model is developed that explains that as a network increases the number of users and modifies its connectivity relationships, it reaches 2 types of balance points. A low one, called critical mass of users (unstable), necessary but not sufficient. If the network manages to overcome it, it begins to internalize network effects and can reach a high (stable) equilibrium that settles it and ensures its expansion. In order to exceed the critical mass, it must have a structure compatible with a scale-free network.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN (En línea) 2362 3225

INTRODUCCIÓN

Una de las características principales de las redes es la existencia de efectos de red, en las cuales la disposición a pagar de cada consumidor aumenta a medida que hay más consumidores. Por ende, es relevante contar con un modelo que explique dichos efectos. Tal como lo definen Katz y Shapiro (1985) determinan el incremento de utilidad que obtiene un usuario del consumo de un producto a medida que se incrementa el número de usuarios que consumen ese mismo producto. Por otro lado, estos efectos generan un proceso de retroalimentación positiva que puede llevar a situaciones monopolísticas en muchos casos, generando una dinámica en los mercados que hace a los fuertes más fuertes. En muchos casos se instaura la adopción preferencial por una determinada tecnología¹.

Para abordar este tema, en la primera sección se realiza una revisión de antecedentes sobre las plataformas de red desde un contexto microeconómico, focalizando en las implicancias de los efectos de red y la estructura necesaria para que éstos se lleven a cabo. Posteriormente se describe Mercado Libre como organización de plataforma. Se destaca la trayectoria de variables relevantes para el modelo, como ser crecimiento en el número de usuarios, evolución del número de transacciones y trayectoria del valor de sus acciones.

En la segunda sección se elabora un modelo económico matemático que explica la génesis de los efectos de red y presenta dos tipos de equilibrios según su tamaño. El primero se denomina masa crítica y es inestable pero necesario, pues una vez que la red lo alcanza comienza a experimentar externalidades positivas y tiene la posibilidad de alcanzar el equilibrio estable donde asegura su continuidad. Para que la red experimente este comportamiento, es necesario que posea una estructura clusterizada con presencia de pocos usuarios hiperconectados que establecen lazos con muchos usuarios de baja conectividad.

1.1 EXTERNALIDADES DE RED

A partir de trabajos de autores como Shapiro, Katz, Varian, Economides, se puede ver que una vez que una red ha alcanzado una base suficientemente grande de usuarios, se generan una serie de externalidades positivas llamadas efectos de red. Se produce un autorreforzamiento del mercado, convirtiéndose en economías de escala y de alcance exponencial.

Las externalidades de red se determinan por existencia de complementariedad e interacción entre la tecnología de diferentes usuarios individuales como se manifiesta en los trabajos de Economides (1996), Economides y Himmelberg (1995). A su vez, Katz y Shapiro (1996) describieron dos efectos fundamentales, como ser que a mayor cantidad de usuarios se modifica el atractivo de la red generando economías de escala y que los potenciales usuarios consideran su decisión de compra basada en las expectativas futuras del éxito de la red.

Una red se compone por un conjunto de elementos llamados nodos conectados a través de enlaces, conformando una relación de dependencia. La complejidad dependerá del número de nodos, la naturaleza de estos, los tipos de enlaces que se establezcan y la magnitud de los flujos de productos o información que representan dichos enlaces.

¹ Esto no implica que la competencia sea escasa, de hecho, hasta que una compañía logre establecer su tecnología como dominante puede ser intensa (Economides, 2001)

Los bienes de red generan externalidades, pues los consumidores le otorgan valor a su consumo debido al número de usuarios que participan en una plataforma. Esto contribuye al aumento de la valoración y a que más desarrolladores provean servicios en una determinada red, hecho que genera abaratamiento de los costos de desarrollo. Habrá mayor predisposición a pagar precios más altos a medida que haya más consumidores en la red.

Son relevantes la complementariedad, la compatibilidad, y los estándares. Los elementos de una red se comunican a través de nodos intermediarios (switches). Estos concentran grandes flujos y los distribuyen a otros nodos de destino, por lo cual los servicios demandados por los usuarios se conforman por una variedad de componentes complementarios (bienes compuestos) como se puede ver en la Figura 1.

Figura 1: Esquema simplificado de una red



Fuente: Elaboración propia.

Se produce interacción de un usuario (nodo A) a otro usuario (nodo B) a través de una central S conformando los bienes complementarios AS y BS para llevar a cabo un servicio. En este esquema los n usuarios generan $n(n-1)/2$ sistemas, por lo que el usuario $n+1$ crea n nuevos sistemas que benefician a los usuarios ya existentes a través del efecto de red.

Los bienes de red pueden ser compatibles y combinables. En redes donde los productos complementarios y sustitutos son apropiados, la compatibilidad juega un rol relevante. En los bienes tecnológicos estos factores se logran a través de la adopción de estándares técnicos.

Puede pasar que en una economía haya estándares que sobrevivan y otros no. Un consumidor tenderá a adoptar productos con mayor compatibilidad. Este efecto se evalúa a través de la disposición a pagar del consumidor por unirse a redes más amplias y por ende, la firma puede elevar el precio por encima de sus competidores.

Los efectos de red pueden ser directos como indirectos dependiendo de dos tipos de mercados. Por un lado, se encuentran los mercados de red/de comunicación, donde el bien a consumir proviene de la capacidad que un usuario tiene de comunicarse con otros. Los efectos son directos, pues mientras más grande sea la red, mayores son las oportunidades de interacción, y los incentivos para permanecer en ella.

Otro tipo de mercados son los System markets, en donde los productos se obtienen combinando componentes complementarios como ser hardwares y diferentes aplicaciones. Los efectos son predominantemente indirectos, pues mientras haya más aplicaciones disponibles, mayores son los incentivos para adquirir el sistema. Habrá más desarrolladores interesados en generar apps. Puntualmente el efecto positivo en la utilidad, dado por un aumento en el número de usuarios

esta mediado por la disponibilidad de aplicaciones. Estos efectos indirectos son vistos más claramente en los two-sided markets, siendo plataformas utilizadas por dos grupos distintos de usuarios (vendedores y compradores) que valoran recíprocamente la participación y/o nivel de transacción del otro. La utilidad de aquel que desea vender un producto aumenta mientras más usuarios accedan a su oferta y mientras más servicios puedan utilizar que sean compatibles.

Un punto relevante para los usuarios es el costo de traspaso, ya que muchas veces deben afrontar un costo asociado al cambio de un producto a otro funcionalmente idéntico, ofrecido por otra firma. Dicho costo, puede ser monetario o informacional, al tener que aprender cómo usar el nuevo producto. Este efecto cobra importancia al evaluar compatibilidad, entendida como la capacidad de un usuario de tener ventaja de la misma inversión para sus propias compras de bienes de red compatibles. Se puede ver a través de la prima que estos usuarios están dispuestos a pagar por quedarse con el mismo producto². Finalmente, con estos modelos se logran economías de escala y economías de alcance. Si bien una plataforma es un bien de red costoso para producir, su reproducción es barata e ilimitada.

Un aspecto relevante al momento de evaluar las externalidades de una red a través de sus efectos, es comprender su estructura conformacional. Para esto, se parte del análisis de grafos. Un grafo es una representación matemática formada por dos conjuntos finitos: un conjunto no vacío $V(G)$ de vértices (nodos) y un conjunto $E(G)$ de aristas (conexiones), donde cada arista está asociada a un conjunto compuesto por uno o dos nodos llamados puntos extremos.

En el modelo a desarrollar, se consideran a los nodos como usuarios de la red, y las aristas representan las conexiones. En estos términos, se representa una red, como un grafo formado por: un conjunto finito de vértices (nodos ó usuarios), otro de aristas (conexiones entre los usuarios) y un tamaño óptimo de la red.

En las redes complejas del mundo real, las relaciones no ocurren por azar sino por patrones de conectividad. La distribución de las relaciones entre los nodos, no sigue una distribución normal. Cobra relevancia un fenómeno de transición de fase en el que se dan las condiciones que permiten que un grupo aislado de pequeñas redes se conectan entre sí formando una sola gran red.

Partiendo del estudio de grafos y siguiendo los trabajos de Barabási y Albert (1999, 2000), Barabási (2016) y posteriormente Barabási y Bianconi (2001), donde a través de simulaciones se llega a modelos que explican la génesis de redes complejas como las reales, se pueden extraer propiedades particulares de las mismas. Se determina que estas redes son de libre escala, con una distribución de probabilidad de grado de sus nodos que sigue una ley de potencias³.

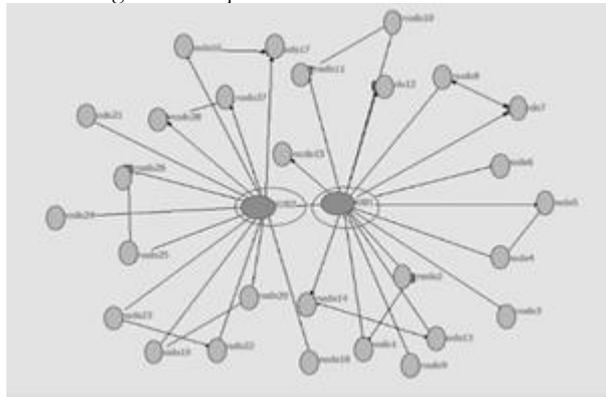
Son importantes los patrones de conectividad entre los usuarios (se generan muchos nodos con pocas conexiones, que se vinculan a unos pocos usuarios hiperconectados llamados hubs), generando un fenómeno de clustering. La evolución de los hubs está acoplada a la evolución de la red, aplicando la ley de crecimiento, conexión preferencial y fitness. Este último concepto fue desarrollado por Barabási y Bianconi (2001) con la mejoría de modelos anteriores y es compatible

² Si el estándar desarrollado está respaldado por empresas relevantes, el temor al lock-in por parte de los potenciales usuarios será menor, ya que pueden contar con que exista competencia futura dentro del mercado (Shapiro y Varian, 1999)

³ Barabási (2016)

con los fenómenos de popularidad y reputación. Los usuarios con mayor aptitud tenderán a estar muy conectados. En la Figura 2, se muestra la conformación de un cluster, nótese la centralidad de los nodos hiperconectados que poseen múltiples enlaces con nodos poco conectados⁴:

Figura 2: Esquema de formación de dúster

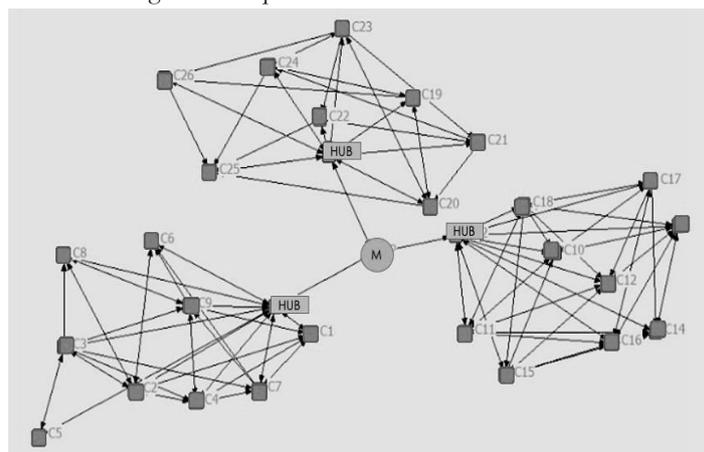


Fuente: Elaboración propia

Distintos clústeres se vinculan entre sí mediante lazos débiles. Los hubs, determinan los procesos de autoorganización y crecimiento de la red. Constituyen los nexos mediante los que una red disminuye la distancia geodésica entre sus nodos, pero si son removidos, la red puede colapsar o inestabilizarse.

Identificar y entender el rol los hubs en las redes permitirá identificar los actores responsables en la dinamización de relaciones, transacciones y difusión de información. Los mediadores de la plataforma monopolizan la distribución de la información, siendo centrales para la articulación la red. A través de ellos los vendedores y compradores se conectan. En la Figura 3, se puede observar cómo se produce el proceso de autoorganización y crecimiento de la red:

Figura 3: Esquema de crecimiento de una red



Fuente: Elaboración propia

⁴ La centralidad de los hubs demuestran que, a pesar de las apariencias, en todas las redes donde se presentan hay una completa ausencia equidad e igualdad (Barabási, 2003)

En las redes que presentan hubs en su estructura hay una tendencia a que estos concentren alrededor del 80 por ciento de las conexiones y que el 20 por ciento restante se distribuya entre todos los demás nodos.

Los hubs poseen un lugar estratégico que explica la dinámica de cada red. Hay dos tipos de posiciones: centrales (nodos muy vinculados) y periféricas (nodos poco vinculados). Más allá de su cálculo cuantitativo⁵, los hubs cobran importancia de manera cualitativa para el funcionamiento de la red como un todo. En la Figura 4 se expone la visión global simplificada de una red de plataforma.

Figura (4): Esquema de una red de plataforma



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar una estructura clusterizada debido a la presencia de nodos hiperconectados que se vinculan a otros con pocas conexiones. A su vez, se generan lazos entre los hubs y los mediadores conformando una estructura compleja⁶.

Bajo el supuesto que las redes crecen de forma constante, los nuevos nodos se vinculan por características específicas relacionadas a su posición dentro de la red⁷. A medida que un nodo va generando más vínculos se hace más “atractivo” para que los nuevos ingresen a la red a través de él. Las posibilidades de que un nuevo nodo se conecte con un hub aumentan considerablemente incrementando sus relaciones, dando nota de un efecto alostérico.

Las leyes de crecimiento y conexión preferencial explican el surgimiento y evolución de los hubs siguiendo la ley de potencia. Existe competencia entre los nodos por generar más vínculos. Se pueden desarticular hubs y construir otros nuevos. Cada nodo tiene una medida cuantitativa (fitness) que representa la habilidad para mantenerse al frente de la competencia por vínculos durante la evolución de la red. A mayor fitness hay mayor propensión a generar vínculos.

1.2 MODELO DE NEGOCIOS EN MERCADO LIBRE

⁵ La centralidad de un nodo se determina calculando el cociente entre la suma de todas las distancias que separan cada nodo de los demás y la suma de las distancias de la posición considerada; asimismo, el índice de centralidad de toda la red se estima sumando el índice de centralidad de todos los nodos.

⁶ Para comprender el mecanismo por el cual se generan los Hubs ver Apéndice

⁷ Si bien en modelos de simulación en el que se vaya añadiendo nuevos nodos, se va a dar preferencia a los nodos más “viejos”, esto no es suficiente para que se forme un hub.- Se reformula el modelo en los trabajos de Barabasi, Bianconi (2001)

Mercado Libre es una plataforma basada en bienes de información y de red, constituida por distintas unidades de negocios interconectadas en un sistema integrado.

Figura 5: Ecosistema de Mercado Libre



Fuente: "Investor Relations" <http://investor.mercadolibre.com/>

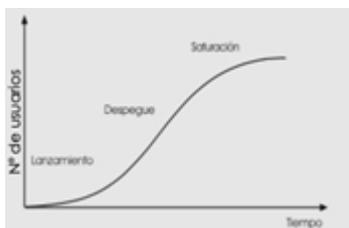
La unidad principal la constituye el *Marketplace*, conformando un escenario de comercio electrónico donde interactúan los usuarios, ya sea del lado de la oferta o de la demanda. Posee un mercado de complementos conformado por: *Mercado Pago*, *Mercado Envíos*, *Mercado Shops*, *Mercado Crédito*, y *Mercado Libre Publicidad*.

Las seis unidades están interconectadas de manera compleja. Funcionan a través del intercambio de productos e información entre los usuarios generando una relación de dependencia entre ellos.

La complejidad de esta plataforma fue creciendo paralelamente con el aumento de sus usuarios, complejidad de enlaces y magnitud de los flujos de productos que representan estos enlaces. Maximizará sus beneficios en la medida que logre el número óptimo de usuarios que genere el mayor número de transacciones a menores costos.

Debido a sus diferentes unidades de negocios, posee productos diferenciados que se complementan por su naturaleza y se relacionan para formar bienes compuestos dando origen a intermediarios y generando valor agregado de mercado. Su evolución temporal se representa de forma sigmoïdal⁸:

Figura 6: Etapas de una plataforma sujeta a efectos de red



Fuente: Shapiro y Varian, (1999)

Presentó una fase inicial de crecimiento lento con la introducción en el mercado de la nueva tecnología. Fue relevante la inversión inicial para obtener una tecnología compatible con

⁸ Economides (2003), Shapiro y Varian (1999)

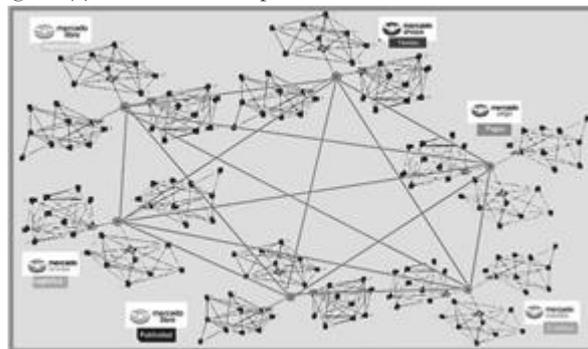
estándares apropiados, siendo atractiva para los usuarios. Una vez que el producto logra aceptación, la producción se expande, se abaratan los costos fijos promedio y se amortiza el capital⁹. Esto se transfiere al mercado traducándose en menores precios unitarios del producto y permitiendo a la empresa la expansión de su capacidad productiva de largo plazo. Conforme fué aumentando su número de usuarios, su compatibilidad y mercado de complementos, logró alcanzar la masa crítica para iniciar la retroalimentación positiva.

A partir de este momento se produjo un crecimiento acelerado (despegue) que fué frenándose a medida que el número de usuarios se aproximó al valor de saturación alcanzando un equilibrio estable.

El Marketplace conforma una red de dos lados heterogénea. Hay dos clases de nodos categorizados por función como por utilidad. Los nodos de compradores están en la red por razones diferentes a las de los nodos de vendedores. La popularidad de los vendedores es fundamental, donde la confianza y la reputación facilitan la liquidez de las transacciones.

Como se puede observar en la Figura 7 cada una de las seis unidades de negocios tiene una central intermediaria y presenta en su totalidad una estructura clusterizada.

Figura (7): Estructura simplificada de la red de Mercad Libre



Fuente: Elaboración propia

Hay una cantidad pequeña de usuarios hiperconectados que corresponden a aquellos vendedores con mayor aptitud (fitness). Estos se convierten en hubs y se hipervinculan con los nodos de baja conectividad que conforman la mayoría. Estos hubs son responsables de que la red sea de libre escala. Generan efectos de red aumentando el valor de la misma como resultado de que un tipo de nodo beneficia directamente a otro tipo de nodo, e indirectamente a los de su mismo tipo. Un inventario ampliado de bienes hace que el mercado sea más atractivo para los compradores, los vendedores adicionales benefician indirectamente a otros vendedores debido al aumento total de clientes potenciales.

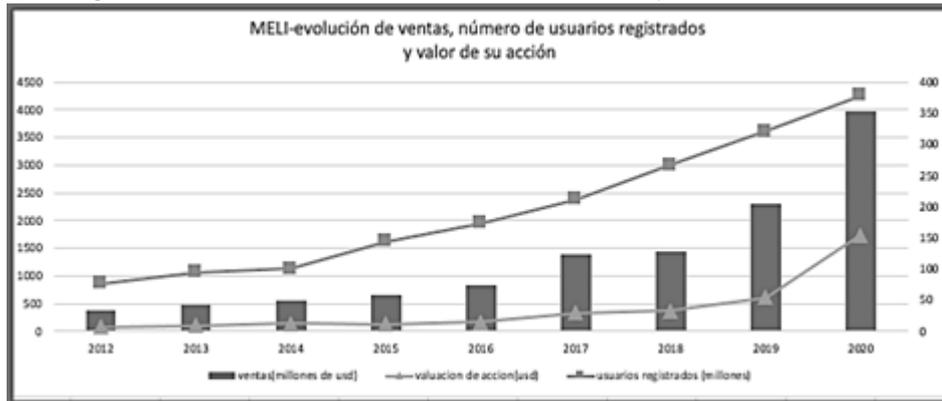
Para este tipo de plataforma, que llega a ser dominante en el mercado, se genera una economía de escala creciente. Una vez realizada la inversión de capital inicial para desarrollar el producto y lanzarlo al mercado, el costo marginal de producción tiende a cero. Por tanto su producción es potencialmente infinita, limitada por la demanda del mercado.

⁹ En este punto se corrobora que el bien de red tiene un alto costo de inicio pero su reproducción posterior, es barata e ilimitada una vez internalizados los efectos de red.

En el largo plazo opera con un costo de reposición en el mercado, que se caracteriza por el lanzamiento de nuevos productos innovadores diferenciados del primero. Para su gestación, los costos en investigación, diseño y desarrollo, se cubren tanto con las transacciones de los usuarios como con el pago de un complemento determinado como ser comisiones por ventas, envíos, sitios publicitarios personalizados y fondos provenientes del mercado de capitales.

Se puede corroborar la correlación positiva entre el aumento del número de usuarios, el aumento en el número de transacciones y aumento en el valor de su acción para el período 2012-2020 (Figura 8).

Figura 8: Evolución de ventas número de usuarios y valuación de acción



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Mercado Libre "Investor Relations"; Mercado Libre, Inc. (MELI) Stock Price, News, Quote and History

Se observa una clara correlación entre el aumento en el número de usuarios de la red y el aumento en el volumen de ventas, entendido como transacciones. El precio de su acción presenta una tendencia ascendente y sostenida los primeros años del período. A partir de 2017 el incremento es más pronunciado. Se evidencia su crecimiento y posicionamiento en el mercado, acorde con el desarrollo de la plataforma.

Es de vital importancia en la dinámica de la plataforma la concreción de una red compleja que crece en transacciones a raíz de su tamaño. Serán relevantes las estrategias de la firma destinadas a la captación de usuarios, sostenimiento del tamaño de la red, compatibilidad, innovación de productos y mercado de complementos.

En la Figura 9 se puede apreciar las variaciones porcentuales anuales del número de usuarios, ventas y valuación de acción para el período 2012-2020:

Figura (9): Comparativa de ventas, número de usuarios y valuación de acción en variaciones porcentuales anuales.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: Mercado Libre "Investor Relations"; Mercado Libre, Inc. (MELI) Stock Price, News, Quote and History

Se evidencia un pronunciado crecimiento de usuarios entre 2013-2014 seguido de un cambio intertemporal con fuerte crecimiento de ventas y valuación de acción. Posteriormente, el número de usuarios crece a tasa constante manteniendo un aumento del crecimiento de ventas y un aumento elevado del crecimiento del precio de la acción.

La plataforma, al aumentar el número de usuarios genera un gran incentivo para los desarrolladores. La dota de efectos indirectos de red, pues al aumentar sus aplicaciones se genera una retroalimentación positiva en cuanto al crecimiento en tamaño.

La tecnología aplicada al manejo de datos potencia los efectos de red. Esto se puede ver en las continuas valoraciones que realizan los usuarios. Aporta información para aplicar a través de algoritmos con el fin de optimizar la conectividad acorde a los intereses de dichos usuarios, además de identificar los segmentos de demanda.

Por último, cabe mencionar aquellos efectos de red que operan a través de las interacciones sociales. La reputación de los vendedores es importante. Al solicitar valoraciones de los productos se extrae el perfil de cada comprador, mejorando las búsquedas. Al ofrecer complementos que generan seguridad y eficacia se multiplican las transacciones de la plataforma al crear más enlaces de nodos poco conectados con los hubs de las unidades de negocios conexas. Otro punto relevante es la inclusión de aquellos usuarios que no acceden al sistema financiero. La red, al tener esta característica inclusiva se hace mucho más atractiva para todos los participantes.

2 EL MODELO

A partir de los trabajos de Belleflamme & Peitz ¹⁰ se considera un modelo simplificado desde la demanda asumiendo un único bien de red (j):

$$U_{ij} = vi_i + f_i(N_j^e) \quad \text{con} \quad f_i(0) = 0 \quad \wedge \quad f_i' > 0 \quad (1)$$

Se representa la utilidad que le genera a un individuo i el bien j , dada por la valoración intrínseca de la tecnología vi y la utilidad de la red como una función $f_i(N_j^e)$ que depende del número

¹⁰ Belleflamme P., Peitz M., (2016), (2020)

esperado de usuarios en la red j . La utilidad de la red será mayor cuantos más usuarios haya en ella, determinando efectos directos de red.

También habrá efectos indirectos de la red que surgen cuando hay grupos diferentes de clientes que son interdependientes y la utilidad de al menos uno de los grupos crece a medida que crece la de los otros. Por ejemplo, un hardware puede volverse más valioso para los consumidores con el crecimiento del software compatible.

En este caso, la utilidad derivada del consumo de la red j aumenta con el número de aplicaciones compatibles m_j . La función $g(m_j)$ representa cómo la utilidad U_{ij} depende del número m_j y la calidad de estas aplicaciones. La cantidad esperada N_j^e de usuarios que adopten el sistema j afecta indirectamente a la red, ya que más desarrolladores encontrarán rentable ofrecer aplicaciones a un sistema cuanto más amplia sea esta y por ende al haber más aplicaciones compatibles en ella, más usuarios estarán atraídos a unirse.

Esto se representa mediante la función $h(N_j^e)$, donde $h' > 0$ indica que el número m_j de aplicaciones aumenta a medida que aumenta la cantidad esperada N_j^e de usuarios. Por lo tanto, se asume que la utilidad total U_{ij} depende tanto del valor intrínseco v_i como del número y calidad de las aplicaciones compatibles, representado por la siguiente función: $f_i(N_j^e) = g_i[h(N_j^e)]$. Dado esto, se asume:

$$U_{ij} = v_i + g_i[h(N_j^e)] = v_i + f_i(N_j^e) \quad (2)$$

Llegando a la misma formulación inicial, los efectos indirectos se evidencian por diferentes canales. Para las firmas proveedoras con un número fijo de desarrolladores, la inversión en mejorar la calidad y el precio dependerán de la cantidad de usuarios activos. A su vez, la utilidad de los usuarios aumentará con la variedad y la calidad (en este caso habrá competencia de las firmas en calidad y será la masa de usuarios lo que le da valor a la plataforma).

Si las firmas mantuvieran una calidad fija, los desarrolladores son los que deciden la entrada. A mayor cantidad de productos diferenciados, la decisión de entrada de los desarrolladores va a depender de la masa de usuarios de la plataforma.

Para representar los efectos de red se introducen dos aspectos, la heterogeneidad de los consumidores y expectativas racionales.

Considerando el modelo del lado de la demanda, la utilidad de un individuo está dada por:

$$U(\lambda) = v_i + \lambda v_m(N^e) \quad (3)$$

Donde v_i corresponde al valor intrínseco que un usuario le otorga a la red, se relaciona con el tipo de tecnología y el beneficio que le dá al usuario, el bien en sí mismo.

A su vez, v_m corresponde al valor marginal que genera en un usuario, la incorporación de otros a la red. El mismo es una función creciente del tamaño esperado de la red (N^e).

Para este modelo, se hará foco en la heterogeneidad de los usuarios dada la valoración marginal de la red, incluyendo el parámetro λ que denota dicha valoración y se distribuye uniformemente en un segmento que va de 0 a 1.¹¹

El primer punto es determinar la curva de demanda inversa, para lo cual nos basamos en los trabajos de Economides & Himmelberg¹². Se considera un consumidor marginal indiferente en donde la tecnología se vende a precio p y el tamaño esperado de la red es N^e

$$U(\lambda) - p = v_i + \hat{\lambda}v_m(N^e) - p = 0 \quad (4)$$

Siendo $\hat{\lambda}$ la valoración del consumidor indiferente, despejando se obtiene:

$$\hat{\lambda} = \frac{p-v_i}{v_m N^e} \quad (5)$$

Dado que los consumidores con $\lambda \geq \hat{\lambda}$ ingresaran a la plataforma, la proporción de usuarios que ingresan (N) será:

$$N = 1 - \hat{\lambda} = 1 - \frac{p-v_i}{v_m N^e} \quad (6)$$

Reordenando las expresiones se obtiene la función de demanda inversa, dado que $\hat{\lambda} = 1 - N$, se obtiene la disposición a pagar por la N -ésima unidad de tecnología cuando se espera un tamaño de red N^e

$$p(N, N^e) = v_i + v_m N^e (1 - N)$$

$$p(N, N^e) = v_i + v_m N^e - v_m N N^e \quad (7)$$

El precio depende inversamente del número de usuarios N , por lo cual, a mayor cantidad de estos, p disminuye. Por otro lado, p depende positivamente de la cantidad esperada de usuarios N^e que se unan a la red por lo cual a medida que aumenta, los consumidores están dispuestos a pagar un precio mayor. Al incluir expectativas racionales, en el equilibrio $N = N^e$, la función de demanda inversa pasa a expresarse:

$$p(N, N) = v_i + v_m N - v_m N^2 \quad (8)$$

Se determina el máximo de la función:

$$\frac{\partial p}{\partial N} = v_m - 2v_m N = 0 \quad (9)$$

$$N^* = \frac{v_m}{2v_m} = \frac{1}{2} \quad (10)$$

Reemplazando :

$$p_{max} = v_i + v_m \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{2}\right) = v_i + \frac{v_m}{4} \quad (11)$$

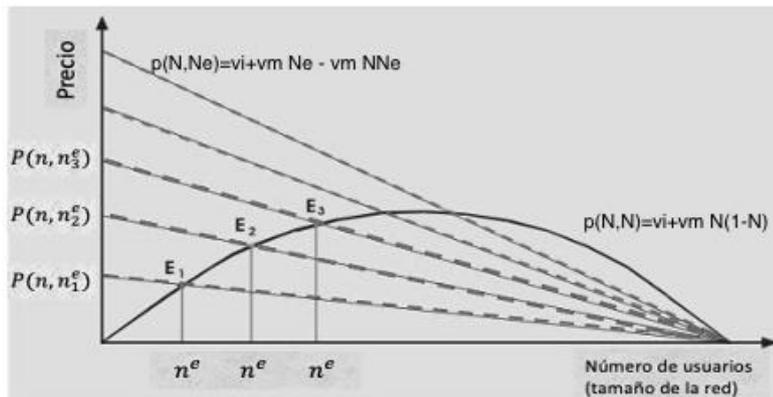
¹¹ Belleflamme P., Peitz M., (2020)

¹² Economides, N.; Himmelberg, C. (1995). ; Economides, N. (1996)

Obteniendo una función cuadrática, cóncava, con un máximo para lo cual dados diferentes tamaños de red serán consistentes con cualquier: $p \in \left[v_i; v_i + \frac{vm}{4} \right]$

A continuación se representan gráficamente estas curvas para distintos tamaños de la red. Calculando la intersección de cada curva $p = p(n, n_i)$ con la base instalada, se obtiene una secuencia de puntos que corresponde a la curva de demanda¹³.

Figura 10: Curva de demanda inversa sujeta a efectos de red

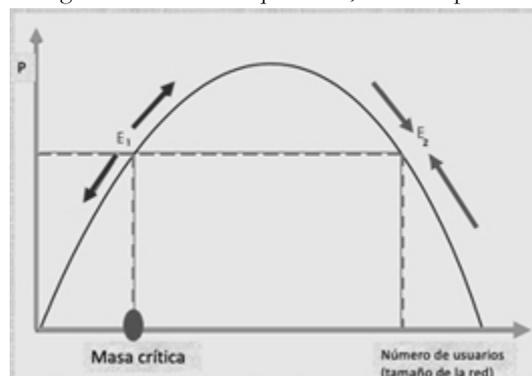


Fuente: Elaboración propia a partir de Economides y Himmelberg (1995)

La misma presenta múltiples equilibrios como consecuencia del problema de coordinación derivado de la presencia de efectos de red. Cada equilibrio implica profesías autocumplidas, es decir si cada usuario espera que ningún otro se sume a la red, la disposición a pagar cae abruptamente. Por ende, el tamaño de la red es clave, tanto por sus efectos directos como indirectos.

Para un determinado precio establecido hay tres tamaños de red posibles con configuraciones particulares, presentando diferencias importantes respecto a la ordenada al origen (determinada por el valor intrínseco), pendiente (determinada por el valor marginal) y máximo de la curva, que indica el tamaño mínimo distinto de cero de la red para el que puede permanecer en equilibrio.

Figura 11: Posibles equilibrios, dado un precio



Fuente: Elaboración propia

Es relevante el concepto de masa crítica de usuarios, constituyendo el tamaño mínimo de la red para que a los potenciales usuarios les sea útil incorporarse a la misma. Es el tamaño mínimo

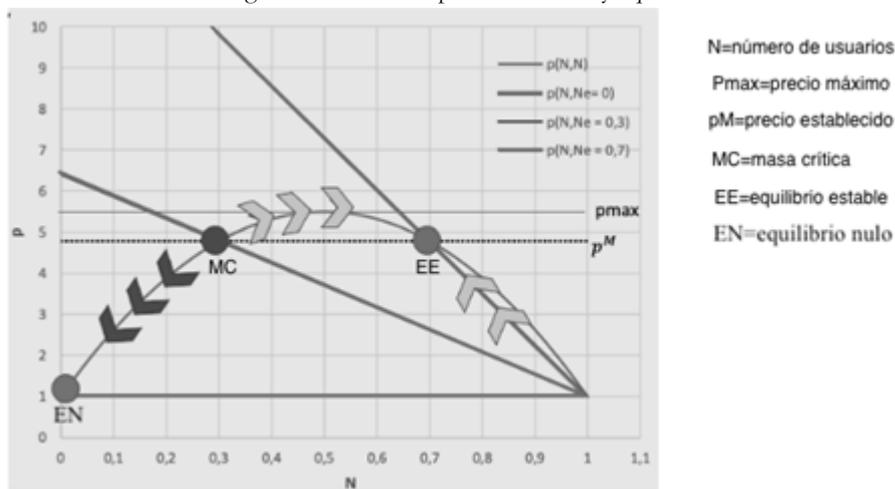
¹³ Adaptado al modelo, a partir de la formulación de dicha curva realizada por Economides, N.; Himmelberg, C. (1995).

requerido para iniciar la retroalimentación positiva. Para un precio establecido, entre $v_i; v_i + \frac{vm}{4}$ existen dos posibles cantidades de equilibrio: un equilibrio inestable (a la izquierda del p_{max}) representando la masa crítica, y un equilibrio estable (a la derecha del p_{max}). Para tamaños inferiores a la masa crítica los potenciales usuarios no tienen incentivos para incorporarse a la red, e incluso los que ya se han incorporado tenderán a abandonarla, y la tecnología puede fracasar. Una vez superado este punto la red se irá expandiendo hasta alcanzar su tamaño de equilibrio¹⁴. Entonces, dada la demanda inversa:

$$p(N, N) = v_i + v_m N(1 - N) \quad (12)$$

Para cualquier p , tal que $v_i < p < v_i + \frac{vm}{4}$ hay tres tamaños de red posibles dados por dos equilibrios relevantes y uno nulo. El primero es la Masa Crítica de usuarios y coincide con el tramo de pendiente positiva de la curva de demanda inversa; este equilibrio es inestable. El segundo, coincide con el tramo de pendiente negativa de la curva y se denomina Equilibrio estable, el cual es convergente.

Figura 12: Tamaños posibles de red y equilibrios



Fuente: Elaboración propia

Para analizar la dinámica de estos equilibrios partimos por la aplicación de una perturbación en el punto de masa crítica, si algún consumidor sale de la red (n disminuye), pasamos un punto en donde la curva de demanda está por debajo de la recta del precio p^M . Los consumidores están dispuestos a pagar menos que el precio vigente por ese bien. La red se contrae y tiende al equilibrio nulo. Se puede hacer el mismo análisis al revés. Si algún usuario entra a la red (n aumenta) y se llega a un punto donde la curva de demanda inversa queda por encima de la recta del precio p^M , por lo que están dispuestos a pagar un monto mayor del precio establecido. La red se expande alcanzando el equilibrio estable.

En cuanto al equilibrio estable se aplica el mismo razonamiento. Aplicando una perturbación, si un usuario sale de la red, (n disminuye) y la curva de demanda inversa se encontrará por encima de la recta de p^M . Los usuarios estarán dispuestos a pagar un precio mayor que el precio

¹⁴ Katz y Shapiro (1985, 1986) y Shapiro y Varian (1999), determinan la importancia de la inversión inicial, compatibilidad, complementariedad, estándares, costos de traspaso y estrategias para la atracción de usuarios. El objetivo es aumentar el tamaño de la red para superar el umbral de masa crítica e internalizar los efectos de red.

establecido. La red tiende al equilibrio estable expandiéndose. Si a partir de este equilibrio ingresan más usuarios, la curva de demanda quedará por debajo del p^M por lo que tenderán a salir y la red llega nuevamente al equilibrio estable.

Asumiendo que el costo marginal $c < v_i + \frac{v_m}{4}$.

Bajo condiciones de competencia perfecta, la tecnología se vende a costo marginal; por lo cual el tamaño de red será:

$$N^c = 1 \quad \text{si} \quad c < v_i$$

$$N^c = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{c-v_i}{v_m}} \quad \text{si} \quad c > v_i \quad (13)$$

Un monopolista, (que no discrimina precios) desarrolla una red de menor tamaño y establece un precio más alto que en un mercado competitivo.

En monopolio, el tamaño de red que maximiza beneficios será:

$$\pi = N[v_i + v_m N(1 - N) - c] \quad \text{sa} \quad N \leq 1 \quad (14)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial N} = v_i - c + 2v_m N - 3v_m N^2 = 0 \quad (15)$$

$$N^M = \frac{1}{3} \mp \sqrt{\frac{1}{9} - \frac{c-v_i}{3v_m}} \quad (16)$$

Por condición de segundo orden, el máximo se alcanza en:

$$N^M = \frac{1}{3} + \sqrt{\frac{1}{9} - \frac{c-v_i}{3v_m}} \quad (17)$$

Por lo cual: $N^M \leq 1 \Leftrightarrow c < v_i - v_m$

Y el precio de monopolio será:

$$p^M = \frac{1}{9} [3(2v_i + c) + v_m + \sqrt{v_m(3(v_i - c) + v_m)}] > c \quad \text{para} \quad v_i - v_m < c < v_i + \frac{v_m}{4} \quad (18)$$

Dada la forma de la curva, refleja una fase inicial de crecimiento lento correspondiente con la introducción de la nueva tecnología (importancia de la inversión inicial). La duración de esta etapa dependerá de la rapidez con que logre alcanzarse la masa crítica de usuarios necesaria para internalizar los efectos de red positivos. A partir de este momento se producirá un crecimiento acelerado correspondiente a un cambio de fase. La red adquiere una estructura de libre escala. Luego, el crecimiento irá disminuyendo a medida que el número de usuarios tienda al valor de saturación.

Aunque existen numerosos trabajos que analizan los factores que influyen en el proceso de difusión de tecnologías, hay un amplio consenso en el foco de tres puntos clave: precio, expectativas de éxito y mercado de complementos. En cuanto al precio, la cantidad demandada

es igual a cero para precios por encima de un cierto umbral. Precios mas bajos implican mayor demanda de tecnología, y dado que hay dos posibles tamaños de red para un mismo precio, el equilibrio estable se alcanzará en el punto de mayor tamaño. Esto juega un papel crítico en las etapas de lanzamiento, pues un monopolista tiene fuertes incentivos para lanzar un nuevo producto a precio bajo, incluso por debajo de costos, con el objetivo de atraer a un número de usuarios suficientemente elevado¹⁵.

Las expectativas de precios también constituyen un factor crítico a la hora del crecimiento del tamaño de la red y la adopción de la nueva tecnología, condicionada por las expectativas sobre la futura evolución de esta, el número potencial de usuarios de esa red y el interrogante si la mejor tecnología disponible en el momento actual seguirá siendo aceptable en el futuro. Habrá mayores expectativas dependiendo de la reputación de la firma, la base de usuarios ya instalada, la capacidad de ofrecer un producto valioso, generar seguridad en cuanto a derechos de propiedad, capacidad de gestionar el lock-in de los usuarios, y el establecimiento de alianzas estratégicas¹⁶.

La existencia de un mercado de complementos no solo refuerza los beneficios de la tecnología, sino también contribuye a su expansión. La facilidad de acceso a los productos complementarios, su variedad y su precio determinan la preferencia de los usuarios por la plataforma. Por otra parte, los proveedores de estos productos, tienen incentivos a alinearse con la red de mayor tamaño, influyendo en los efectos indirectos de red¹⁷.

CONCLUSIÓN

A lo largo de este trabajo se indagó en los efectos de red que experimentan las plataformas. Se desarrolló un modelo económico matemático para explicar dichos efectos, tomando como motivación la evolución de la firma Mercado Libre. Los mismos constituyen externalidades positivas dadas por la estructura de red. Se explican a partir del crecimiento en el número de usuarios y las características de los lazos de conectividad entre ellos, determinando la evolución de la misma.

En la sección n° 1 se realizó una revisión de antecedentes de los efectos de red y las implicancias en la evolución de las plataformas. A su vez, se planteó que para poder experimentar estos efectos es necesario que la red sea de libre escala, con una distribución de probabilidad de grado de sus nodos que sigue una ley de potencias. Posteriormente se realizó una descripción de la plataforma Mercado Libre. Como hallazgos relevantes se destacaron tanto la inversión inicial como las posteriores destinadas a lograr estándares tecnológicos adecuados y de compatibilidad. Se evidenció una correlación positiva entre el crecimiento de ventas, el crecimiento en el número de usuarios y la valuación de su acción.

En la sección n° 2 se realizó un modelo económico matemático que evidencia que a medida que una red aumenta el número de usuarios y modifica las relaciones de conectividad alcanza 2 tipos de equilibrio principales. Uno bajo, denominado masa crítica (inestable), necesario, pero no

¹⁵ Katz y Shapiro (1986) probaron como empresas con menor base de usuarios debe recurrir a disminuciones de precio para compensar su menor tamaño. En la introducción de una nueva tecnología sujeta a efectos de red el precio juega un papel crítico, especialmente en las etapas iniciales, por lo que resulta frecuente encontrar casos de discriminación intertemporal de precios.

¹⁶ Shapiro y Varian, (1999);Katz y Shapiro (1985)

¹⁷ Shapiro y Varian (1999);Belleflamme P. y M. Pleitz (2010)

suficiente, que si logra superarlo comienza a internalizar los efectos red y puede iniciar una fase de expansión para llegar a un equilibrio alto (estable) que asienta la red y asegura su subsistencia. Como hallazgo relevante cabe mencionar que para que la red experimente este comportamiento, es necesario que posea una estructura clusterizada. La misma se genera por la presencia de pocos usuarios hiperconectados (hubs) que establecen lazos con muchos usuarios de baja conectividad. La presencia de estos hubs es la consecuencia de que la red alcance una performance de crecimiento exponencial dada por una distribución de ley de potencias.

Se puede concluir que, para evaluar una red de plataforma, es relevante indagar en la estructura intrínseca del grafo representativo de la misma, pues permite inferir en aspectos evolutivos de la misma.

Para comprender la morfología particular es apropiado el seguimiento evolutivo de los patrones de conectividad haciendo hincapié en las características de los actores involucrados, particularidades contextuales y relaciones causales que generan la vinculación. En aquellas redes que presentan una distribución de ley de potencias es importante concentrarse en los hubs, sus relaciones y posición funcional dentro de la red.

Si bien, el modelo de efectos de red explica la evolución de la misma en base al crecimiento del número de usuarios acorde a los incentivos generados por la red y su retroalimentación positiva, la presencia y evolución de los hubs que sostienen su estructura, amerita un estudio cualitativo. Es importante indagar en la dinámica de vinculación y la implicancia en las elecciones de los usuarios.

Como futuros trabajos se propone el diseño de modelos cualitativos basados en los agentes participantes, de manera que permita abordar las características particulares de una red compleja, y recoger la perspectiva de los actores involucrados sobre el entramado de sus elecciones y preferencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albert, R., and Barabási, AL. (2000). Topology of evolving networks: local events and universality. *Phys. Rev. Lett.* 85, 5234–5237.
- Barabási L., Albert R., (1999), Emergence of Scaling in Random Networks, *Science* vol 286.
- Barabási AL et al. (2016) *Network science*. Cambridge university press, 2016.
- Belleflamme P. y M. Peitz (2010), *Industrial Organization. Markets and Strategies*. Cambridge University Press.
- Belleflamme P., Peitz M., (2016), *Platforms and network effects*, University of Mannheim, 2016
- Belleflamme P., Peitz M. (2020), *Network Goods, Price Discrimination, and Two-sided Platforms*, University of Mannheim, 2020
- Belhad N., Laussel D., Resende J. (2019). Marketplace or reselling? A signalling model. Elsevier
- Bianconi G and Barabási AL. (2001) Competition and multiscaling in evolving networks. *EPL (Europhysics Letters)*, 54:436, 05 2001.
- Church, J. y R. Ware (2001), *Industrial Organization: A Strategic Approach*, McGraw Hill.
- Economides, Nicholas and Lawrence J. White, (1994), "Networks and Compatibility: Implications for Antitrust," *European Economic Review*, vol. 38, pp. 651-662.
- Economides, N.; Himmelberg, C. (1995). Critical Mass and Network Evolution in Telecommunications.
- Economides, Nicholas, (1996); The Economies of Network, *International Journal of Industrial organization*, Vol. 14, No. 2, March 1996.
- Evans, D. (2003). Some Empirical Aspects of Multi-sided Platform Industries. *Review of Network Economics* 2: 191–209.
- Hagiu, A. (2006). Merchant or Two-Sided Platform? *Review of Network Economics* 6: 115–133.
- Kaplan, S., and Sawhney, M. (2000). E-hubs: The New B2B Marketplaces. *Harvard Business Review* 78(3): 97–106.
- Pepall L., Richards D. y Norman G. (2000), *Industrial Organization. Contemporary Theory and Empirical Applications*, Wiley.
- Rochet, J.-C. and Tirole, J. (2003). Platform Competition in Two-Sided Markets. *Journal of the European Economic Association* 1: 990–1024
- Rochet, J. C., J. Tirole. (2004). Two-sided markets: An overview. Working paper, Institut d'Economie Industrielle, France.
- Parker G, Marshall W., (2005), Two-Sided Network Effects: A Theory of Information Product Design, *Management Science*, Vol. 51, No. 10, October 2005, pp. 1494–1504
- Shapiro, Carl; Varian, Hal R. (1999); *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.
- Shapiro, Carl; Katz, M. L. (1985). (Network Externalities, Competition and Compatibility). *The American Economic Review*. Vol. 75, N. 3, pp. 424-440.
- Vínculos:
- Mercado libre "Investor Relations" <http://investor.mercadolibre.com/>
- MercadoLibre, Inc. (MELI) Stock Price, News, Quote History <https://finance.yahoo.com> > quote