

# **Efecto de los Consumidores Entrópicos en la Dinámica de los Nuevos Mercados**

Armando Barrañón

Dep. de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco, Av. San Pablo esq. Eje 5Nte, México, DF, 02200. Email: [bca@correo.azc.uam.mx](mailto:bca@correo.azc.uam.mx). Tel. 53189015.

## **RESUMEN**

Se ha introducido la entropía de cúmulos de nuevos consumidores para analizar la etapa temprana de la formación de cúmulos de nuevos consumidores. Empleando un modelo espintrónico del tejido social, se obtiene evidencia computacional sobre la capacidad de los consumidores entrópicos para formar cúmulos de nuevos consumidores que transforman de manera irreversible el mercado. Además, los análisis complementarios realizados en este modelo espintrónico, en base a las gráficas de Arrhenius y la Ley de Fisher, sugieren que la formación de cúmulos de nuevos consumidores en un tejido social homogéneo en el que la interacción social es fuerte, depende del umbral inicial de nuevos consumidores. Palabras Clave: Consumidores Entrópicos, Modelo Espintrónico, Nuevos Mercados, Entropía, Nucleación.

A new entropy based on new consumers clusters has been introduced in order to study the early stages of new consumer clustering. Using an spintronic model of the social tissue, computational evidence is obtained about the ability of entropic consumers to form new consumers clusters that irreversibly modify the market. Besides, additional analyses were performed on the asymptotic evolution of this spintronic model, namely Arrhenius plots and Fisher Law fitting. These analyses indicate that when an homogenous market with strong social interaction is considered, a major role is played by the initial ratio of new consumers on the stability of the new consumers clusters. Key Words: Entropic Consummers, Spintronic Models, New Market, Entropy, Nucleation.

## **I Introducción**

La aparición de la economía digital ha renovado el interés por estudiar la dinámica de los mercados emergentes, en los que los nuevos consumidores juegan un papel fundamental. Si bien la irrupción de nuevos grupos de consumidores puede estar relacionada directamente con el avance de las tecnologías de la información, su

supervivencia a lo largo del tiempo está conectada con la dinámica económica. El fracaso de los portales de Internet, inducido por la difusión de falsas expectativas por parte de el sistema bancario, ha puesto en evidencia la necesidad de alcanzar una mejor comprensión de los aspectos sociales y económicos que influyen en la permanencia de los mercados emergentes y las formas de consumo asociadas con ellos.

De hecho se sabe que el Internet es un tejido tecnológico de interacciones distinto de los sistemas sociales de interacciones. Por ejemplo, en el Internet los nodos tienden a interactuar con nodos de grado diferente, lo que no ocurre en los sistemas de interacción social [Newman, 2002]. Y [Bianconi y col., 2004] han demostrado que las gráficas de Internet son Markovianas, en la medida en que los ciclos que unen sus nodos tienen una estructura que puede ser descrita por correlaciones de dos puntos entre las conectividades de los nodos.

El sistema bancario ha permanecido rentable, a pesar de las transiciones debidas al surgimiento del Internet, la crisis de los sistemas de cómputo por el cambio del milenio (Y2K) y el fracaso de masivo de portales de Internet. De hecho, los bancos han aumentado su penetración de los hogares al incrementar transacciones de cuentas del 85.3% en 1989 al 90.5% en 1998. Sin embargo, la aparición de consumidores entrópicos caracterizados por su dominio de las nuevas tecnologías de la información, su predilección por el uso de información técnica sobre los mercados para tomar decisiones personales sobre sus decisiones y la operación de grandes transacciones los ha convertido en un nuevo blanco para el sistema bancario que mostró un declive en los depósitos bancarios del 30% al 18% en el período que va de 1989 a 1998, de acuerdo con datos proporcionados por el Federal Reserve Bank of Minneapolis [Dallas-Feeney col., 1998].

Algunos de los aspectos que influyen en la formación de nuevos grupos de consumidores son la difusión de un nuevo producto son el efecto que tiene su aceptación en el precio máximo que los consumidores están dispuestos a pagar por él, el nivel de conectividad que tiene la red social, la capacidad de un individuo para informarse de las opiniones de sus vecinos y el nivel inicial de aceptación del nuevo producto. Como puede verse, estos aspectos están relacionados con la dinámica económica que se da durante la formación de los cúmulos de nuevos consumidores en el mercado y con el entorno cultural en el que se desenvuelven las actividades económicas.

## II Homeostasis de los cúmulos de nuevos consumidores

Las nuevas formas de consumo permanecen gracias a las fuerzas ocultas del mercado, que fomentan la difusión prácticas de consumo nuevas que desplazan a las formas de consumo imperantes. A la par de esta dinámica económica se encuentran las formas de interacción social, que habilitan la adopción de estas nuevas formas de consumo. Al interior de las redes sociales se presenta un mecanismo de votación mediante el cual los individuos deciden el mecanismo de consumo, tomando en cuenta la opinión de sus vecinos. El resultado es una superposición de ambas tendencias de los consumidores a racionalizar sus formas de consumo, a partir de las preferencias sociales que aprenden y reafirman a partir de la interacción social, por una parte, y del sistema de información que transmiten los precios al consumidor. Conforme se adoptan socialmente las nuevas formas de consumo, se establecen nuevas comunidades de consumidores dentro del tejido social, cuyo tamaño aumenta con el tiempo hasta que alcanza unas dimensiones en las que establece un estado de equilibrio con su entorno y puede ser autosubsistente. Esta homeostasis de los nuevas comunidades de consumidores presenta no sólo a nivel local sino que también se da por extensión al nivel global cuando se sigue este argumento al nivel del tejido social como un todo. La estabilidad de los mercados sólo puede darse en cuando la economía opera en unas proporciones determinadas, que permiten la repetición del ciclo de negocios a lo largo del tiempo.

Siguiendo la definición tradicional de la entropía, se puede considerar que esta homeostasis interna obliga a que la entropía promedio de cada subsistema permanezca constante [ Dover, 2004]:

$$\langle s \rangle = - \sum_{i=1}^N p_i(\Omega(x)) \ln(\Omega(x)) = cte$$

donde  $\Omega_i(x)$  es el número de estados de configuración para el subsistema  $i$  con parámetro  $x$ . Se puede definir entonces el Lagrangiano de Shannon:

$$L = - \sum_i p_i(\Omega_i(x)) \ln(\Omega_i(x)) - \lambda \left[ \sum_i p_i(\Omega_i(x)) \ln(\Omega_i(x)) - \langle s \rangle \right] - \lambda_2 \left[ \sum_i p_i(\Omega_i(x)) - 1 \right]$$

Maximizando la entropía, se hacen iguales a cero las derivadas parciales de la entropía:

$$\frac{\partial L}{\partial p_i} = 1 - \ln(p_i(\Omega_i(x))) - \lambda \ln[\Omega_i(x)] - \lambda_2 = 0$$

lo que nos proporciona las distribuciones de probabilidad:

$$p_i(\Omega_i(x)) = e^{-1-\lambda_2} \Omega_i^{-\lambda}(x)$$

Ya que:

$$\sum_i p_i(\Omega(x)) = 1$$

se sigue que:

$$e^{-1-\lambda_2} = \frac{1}{\sum_i \Omega_i^{-\lambda}} = \frac{1}{Z}$$

de donde:

$$p_i(\Omega_i(x)) = \frac{1}{Z} \Omega_i^{-\lambda}$$

que es la ley de potencias para las probabilidades como función del peso estadístico de los subsistemas.

En el caso de una ciudad o subsistema  $C_i$  con  $N$  agentes que mantienen entre sí un número típico  $c$  de contactos necesarios para sostener un flujo interno de recursos necesarios, sabemos que el número de interconexiones entre los agentes es igual a  $N(N-1)/2$  de manera que la formas posibles de realizar estos  $c$  contactos es igual a:

$$\Omega(N) = \binom{N^2 - N}{c} \approx \frac{N^{2c}}{2^c c!} \text{ cuando } N \gg 1, \text{ por lo que substituyendo esta expresión}$$

en la ley de potencias, obtenemos:

$$p_i(\Omega_i(x)) = \frac{1}{Z} \left( \frac{N_i^{2c}}{2^c c!} \right)^{-\lambda}$$

$$p_i(x) = \frac{N_i^{-2c\lambda}}{\sum_i N_i^{-2c\lambda}}$$

El exponente de la ley de potencias  $-2c\lambda$  puede compararse con el usado en los modelos de Ciudades mediante la relación:

$$-1 - \alpha = -2c\lambda$$

de donde se puede considerar a  $\eta = 1/\lambda$  como el número de interconexiones vitales necesarias dictadas por factores externos a los subsistemas.

El exponente negativo de esta expresión nos recuerda el hecho de que cuesta cada vez más trabajo formar grandes cúmulos cada vez más grandes. De hecho se sabe

que las redes sociales dentro de las que interactúan los individuos La tienen en promedio una longitud de ocho a doce miembros [Wilson, 2000]. Esto nos indica la gran cantidad de tiempo y recursos que conllevan las interacciones entre los individuos. Podríamos esperar que estas transacciones redujeran su costo de oportunidad con el advenimiento de las nuevas tecnologías de la información como el Internet o el teléfono, si embargo se ha demostrado que la información de alta complejidad se transmite a través de la interacción cara a cara [Allen, 1997].

Al simular la formación de cúmulos de nuevos consumidores en el tejido social, se pueden formar enlaces activados que van de un extremo de la red hasta el lado opuesto. Se sabe que para un valor dado  $p_c(x)$  de la proporción inicial de nuevos consumidores, en el caso de los sistemas infinitos, la probabilidad de encontrar un cúmulo de percolación es igual a 1, mientras que abajo de este valor  $p_c(x)$  la probabilidad de encontrar un cúmulo de percolación es igual a 0. En el caso de los tejidos sociales, que pueden ser representados por redes finitas, esta transición es suave, i.e., la probabilidad de encontrar un cúmulo de percolación no es igual a 0 para cualquier probabilidad. Chayes et.al. han demostrado que se espera un valor del exponente crítico para el escalamiento de cúmulos finitos:  $\tau - 2 = 1/2$  y un valor del exponente crítico para el escalamiento de cúmulos infinitos:  $\tau - 2 = 1/3$  [Chayes y col., 1999].

En el modelo de percolación la presencia de una ley de potencias puede comprenderse examinando el peso de una configuración dada de  $n$  enlaces que está dado por:

$$W(C) = p^n (1-p)^{N-n}$$

donde  $N$  es el número de vértices en la red. Cerca del umbral de percolación, el comportamiento crítico está caracterizado por los exponentes críticos  $\alpha$  y  $\beta$  :

$$P_\infty = 1 - \sum n(s, p) \propto |p - p_c|^\alpha$$

y:

$$S(p) = \sum s^2 n(s, p) \propto |p - p_c|^\beta$$

La distribución de cúmulos de nuevos consumidores satisface la siguiente relación de escalamiento:

$$n(s, p) = s^{-\tau} f((p - p_c)s^\alpha)$$

por lo que se espera una ley de potencias cerca del punto crítico:

$$n(s, p) = s^{-\tau} f(0)$$

Empezando con estas relaciones, se pueden obtener las siguientes ecuaciones:

$$\tau = 2 + \beta / (\beta + \gamma)$$

y:

$$\sigma = 1 / (\beta + \gamma)$$

Para una red tridimensional, la mejor estimación es  $\tau = 2.18$  y  $\sigma = 0.45$  [Coniglio, 2001].

En estudios previos de percolación, se han estimado los exponentes críticos de sistemas físicos finitos con valores del exponente crítico. En el caso de la formación de cúmulos de nuevos consumidores, de acuerdo con el modelo descrito en la sección V, se obtiene un valor de del exponente crítico que refleja la influencia de la interacción social  $\tau \approx 2.8$ , distinto del obtenido normalmente en los modelos de las ciencias físicas, que tienen un valor en el rango  $2 \leq \tau \leq 2.3$ . En la figura 1 se muestra la aparición de esta ley de potencias asociada con la formación de cúmulos de nuevos consumidores de un producto que penetra un mercado, obtenida con el modelo que se describirá posteriormente.

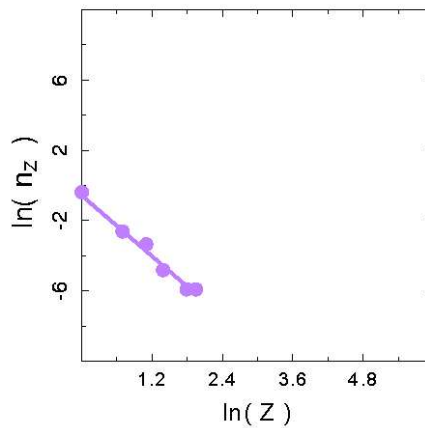


Figura 1.- Gráfica de la ley de potencias que marca el cambio de fase asociado con la formación de cúmulos intermedios de nuevos consumidores, de acuerdo con el modelo para la formación de cúmulos de nuevos consumidores explicado posteriormente.

### III Consumidores Entrópicos y las nuevas formas de consumo

Podemos pensar en general en tres etapas que caracterizan a este proceso de evolución de nuevos mercados, desde una etapa inicial de homeostasis social global,

a la que sigue una segunda etapa donde el tejido social altera su equilibrio debido a la aparición de nuevos cúmulos de consumidores que tratan de estabilizarse y una tercera etapa en la que se alcanza una nueva homeostasis global social debido a la permanencia de las nuevas formas de consumo.

En la figura 2 se muestran las tres etapas en que se da la formación de nuevas comunidades de consumidores. Inicialmente hay un número  $N_c$  de consumidores del nuevo producto, que participan como consumidores entrópicos en la medida en que alrededor de ellos se forman nuevas comunidades de consumidores en el tejido social, dando lugar a una etapa de transición que termina para un tiempo de alrededor de 128 ciclos, en el que el número de consumidores ha alcanzado un valor asintótico pues las comunidades de consumidores se han estabilizado con el resto de la población. El sistema se encuentra entonces en una etapa de coexistencia de fases.

Sin embargo, es posible que se presente una situación en que los nuevos consumidores no afectan sensiblemente al tejido social y las comunidades de nuevos consumidores no logran mantenerse estables o crecer en tamaño suficiente para permanecer a lo largo del tiempo, por lo que el número de nuevos consumidores disminuye en el tiempo. Esto se muestra en la figura 3, donde se aprecia que al disminuir el número inicial de nuevos consumidores, el nuevo producto no logra desplazar al producto original.

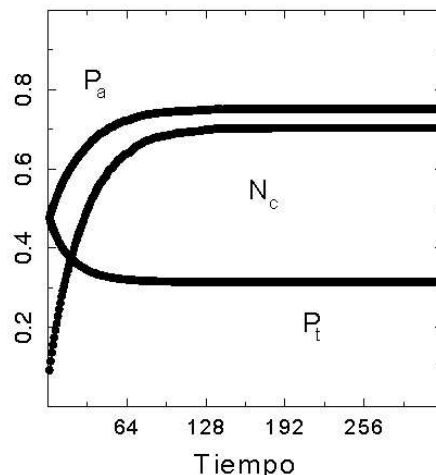


Figura 2.- Muestra las tres etapas en que se da la formación de nuevas comunidades de consumidores. Las comunidades de nuevos consumidores típicamente subsisten, dando lugar a un aumento en el número de consumidores del nuevo producto. Resultados del modelo explicado en la sección V.

Durante la segunda etapa se da un fenómeno de transición en el que las fuerzas del mercado pueden ya sea provocar la estabilidad de estas nuevas comunidades de consumidores o inclusive pueden inhibir su supervivencia. Hay una serie de fuerzas cohesivas dentro del cúmulo de nuevos consumidores que le ayudan a continuar unidos, mientras que los miembros que se encuentran en la sección más exterior del cúmulo tienen que vencer la atracción de sus vecinos en la red, lo que los vuelve proclives a abandonar la comunidad de nuevos consumidores.

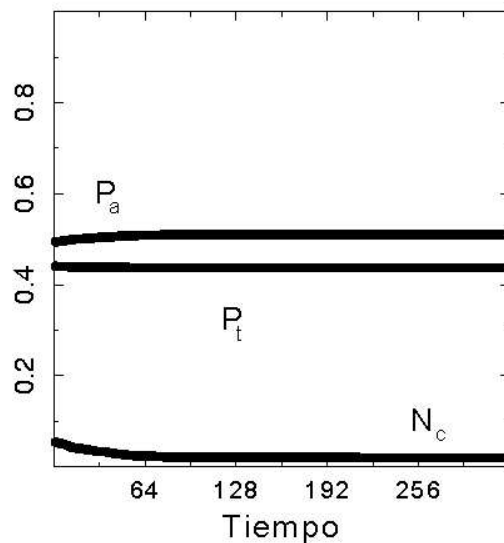


Figura 3.- Muestra las tres etapas en que se da la formación de nuevas comunidades de consumidores. Las nuevas comunidades de consumidores no logran equilibrarse con el entorno y típicamente desaparecen, dando lugar a una disminución en el número de consumidores del nuevo producto. Resultados del modelo explicado en la sección V.

Sin embargo puede ocurrir que la elección de los consumidores no sea guiada por el sistema de precios, sino que sea más importante el entorno social al momento de elegir el producto a consumir. Esto se puede hacer visible en la resistencia a aceptar nuevas tecnologías de la información que disminuyen el costo de las transacciones simplemente porque encajan con las formas de interacción social dominantes. Esto ha llevado a la implementación de formas más agresivas de penetración de mercados como ha ocurrido con la mercadotecnia viral, en la que se promueve el consumo directo del nuevo producto, cosa que la publicidad tradicional no siempre logra. Se pone énfasis en garantizar el consumo de un producto aumentando el número de nuevos consumidores, pues se sabe que al nivel de aceptación social del producto hay mayores probabilidades de formar cúmulos estables de nuevos consumidores. En este sentido, el Internet cuenta con una posición privilegiada ya que proporciona al



consumidor de manera inmediata versiones de prueba de los nuevos productos de software, poniendo en práctica la conocida ley de Wilson de la mercadotecnia: hay que saber dar y recibir [Wilson, 2000].

Otro aspecto que influye en la formación de nuevos mercados es el tamaño del tejido social, pues se relaciona con el capital social que puede formar y absorber, lo que influye la aparición de consumidores de nuevas tecnologías y la generación de estas tecnologías. Por ejemplo, [Orlando y Verba, 2005] han encontrado que las grandes urbes favorecen la innovación de tecnologías emergentes debido a que tienen fugas de conocimiento y mercados tecnológicos de segunda mano, mientras que las pequeñas comunidades tienden a innovar tecnologías maduras. Un mercado tan grande, que simplemente permita el crecimiento sin límite de una nueva forma de consumo nunca tendría el problema de generar una demanda agregada, como inicialmente se pensó que ocurriría con la economía digital del Internet. Sin embargo, las desigualdades sociales que provocan la segregación digital inhibieron la difusión ilimitada de la economía digital [Barrañón, 2002], obstaculizando la expansión de la economía digital. Esto se vio agudizado por la concesión irrestricta de créditos para la creación de nuevos portales, debido a la intervención estatal al fomentar falsas expectativas en los inversionistas convenciéndolos de que la expansión de la economía digital era de orden típicamente exponencial [Hayek, 1933].

## **II Los nuevos consumidores y la Interacción Social**

La modificación de los hábitos de consumo en las sociedades cuya composición es homogéneas y donde la interacción social es fuerte, es un problema que ha llamado la atención de los estudiosos ya que influye en la formación de nuevos mercados. Por una parte, sabemos que la difusión del modo de vida que caracteriza a las sociedades científico-tecnológicas tiene grandes obstáculos ya que requiere de la inversión de grandes capitales en amplias zonas geográficas. De ahí que sea importante considerar el caso de las formaciones sociales donde el tejido social no se encuentra desconectado y en donde los agentes consideran fundamental la opinión de sus vecinos en la toma de decisiones.

Desde un punto de vista filosófico, es un misterio cómo se forma un enlace simbólico dentro de una comunidad humana, ya que se requiere de un mismo sentido de anticipación para que una costumbre o hábito social sean aceptados por los miembros de la comunidad. Esto se refleja en la aparente paradoja que plantea el que los miembros de una comunidad de consumidores estén dispuestos a adquirir mercancía

pirata, cuando saben que no tiene las mismas características de uso que la mercancía original. Esto quiere decir que la mercancía pirata puede cumplir con las expectativas que originan esa anticipación a pesar de ser diferentes, lo que legalmente se conoce como el grado de confusión.

La formación de una tradición cultural común está vinculada con la adopción de hábitos de consumo, en un proceso que lleva de la acción comunicativa orientada a intereses hasta una acción comunicativa orientada a valores culturales [Habermas y Luhman, 1971]. La comunidad de los símbolos es consecuencia de la intersubjetividad que resulta de la “anticipación recíproca” derivada del proceso de comunicación [Mead, 1965] pues los miembros de una comunidad están unidos, directa o indirectamente, a través del sistema mismo, siguiendo el principio de que el todo es mayor que la suma de sus partes [Angyal, 1939]. Tal vez a esto se deba el papel tan importante que tiene la interacción social en la conformación de hábitos de consumo, al grado de que pudiera pensarse que rebasan a la influencia que pudiera tener la calidad de los productos consumidos.

Como Rickert ha puesto en claro, para que las acciones humanas resulten comprensibles y se formen las costumbres, es necesario que existan “valores universales” que permitan la construcción de una comunidad. Por eso a Rickert le parecen importantes los hombres que toman postura con respecto a estos valores pues al hacerlo definen la evolución de la política y el derecho. Esta capacidad de los “actos reales del intentar y comprender” para ser comprendidos por tantos individuos le hace pensar a Rickert que estos actos reales comportan un “sentido lógico” [Rickert]. Para Kant la comunidad es un requisito para que las percepciones estén encadenadas pues de otra manera la serie de representaciones se renovarían en cada objeto nuevo y no tendría conexión con las experiencias anteriores ni relación temporal con estas experiencias. De aquí se concluye la comunidad de *apercepción* (*communio*) que los fenómenos deben tener en nuestro espíritu, ya que los enlaza en una existencia simultánea que los constituye como un todo [Kant, 1991].

Utilizando una reducción del modelo de Asavathiratham [Asavathiratham, 2000] a la influencia que tienen los primeros vecinos, Basu et. al. han desarrollado un modelo de interacción que permite describir la interacción humana con el modelo de influencia, considerando que la intensidad con que somos influenciados por nuestros vecinos es constante y que la forma en que nos influyen depende del estado en que se encuentran [Basu y col., 2001].

Stauffer et. al. estudiaron el número de elementos cuya opinión es inmutable, en el modelo de consenso de Sznajd [Sznajd-Weron y Sznajd, 2000], mediante un modelo de múltiples espines en el que las subredes son actualizadas simultáneamente. Encontraron que decae con el tiempo siguiendo una ley de potencias, con un exponente crítico igual  $3/8$  para una cadena e igual a  $1/2$  para una red cuadrada o tridimensional [Stauffer y col., 2002]. Esto contrasta con los resultados obtenidos por Derrida et. al. para una red cuadrada, con un exponente crítico igual a  $1/5$  [Derrida y col., 1996].

## **V Modelo Espintrónico de los Nuevos Consumidores**

En este estudio se analiza la aparición de cúmulos de nuevos consumidores, que se forman al penetrar el mercado un nuevo producto, mediante un modelo espintrónico que considera la interacción a primeros vecinos. Se realiza un análisis de la evolución temprana del nivel de desorden en el tejido social, medido a través de la entropía, demostrando que el desorden introducido por los nuevos consumidores es el detonante de la supervivencia de los cúmulos de nuevos consumidores. Este análisis temprano se complementa con un análisis asintótico en el que se determina que la interacción social y la demanda incentivada por la precampaña son los factores más importantes para garantizar la supervivencia de un nuevo producto. Esto implica la creación de un nuevo mercado, que se establece conforme aumentan los nuevos consumidores, dando lugar a una demanda agregada durante un período de tiempo determinado.

La aparición del grupo de consumidores entrópicos caracterizados por ser altamente informados sobre el mercado, justifica la introducción de un modelo que considera el conocimiento perfecto por parte de los agentes, en contraposición al principio de “razón insuficiente”, que según Laplace nos conduce a considerar que los eventos que no podemos distinguir son igualmente probables. Siguiendo este principio, al carecer los consumidores de información sobre los productos, tenderían a consumirlos indiscriminadamente, operarían maximizando el índice de entropía. Sin embargo, como [Fox y col., 2004] han explicado, los individuos tienden a distribuir homogéneamente su consumo en la canasta del mercado cuando hay más de dos productos, como demostraron [Benartzi y Thaler, 2001] al estudiar las opciones de inversión de trabajadores de sus planes de retiro. Aunque cuando hay desconocimiento de las opciones de consumo, se presenta una desviación en esta

homogeneidad debido a la forma en que se subdividen las opciones de consumo, dependiendo del tipo de consumo que se está realizando [Fox y Tversky, 1995].

### V.1 Características del modelo

Se simula un entorno social de un millón de individuos, en los que se da una interacción restringida a los primeros vecinos. Se toma en cuenta el factor de escala que se da cuando aumenta el consumo de un nuevo producto, lo que se traduce en la reducción del precio de producción. Además se toma en cuenta el hecho de que al aumentar la aceptación del nuevo producto, aumenta el precio que están dispuestos a pagar los consumidores del nuevo producto. Cada elemento de la red esférica puede estar en tres estados: -1, 0, 1, según consuman el nuevo producto, no lo consuman o lo rechacen. Se supone que inicialmente todos los elementos se encuentran en el estado 0, de no consumo del nuevo producto, y se distribuye al azar el estado de consumo del nuevo producto en una proporción determinada. De esta manera se evoluciona el sistema tomando al azar un elemento, el cual contrasta la aceptación del producto en sus nodos primeros vecinos y de esta manera toma una decisión racional en términos del costo máximo al que está dispuesto a pagar por el producto y del precio al que le es ofertado.

La racionalidad de los agentes y su conocimiento del mercado se modelan siguiendo el modelo introducido por [Hohnisch y col., 2003] .

Por su parte, el productor opera con un factor de escala que le permite disminuir mínimo precio  $p_t(x)$  al que está dispuesto a vender su producto. Esto se puede representar a través de una relación parabólica:

$$p_t(x) = p_0 - qx + \alpha x^2$$

Las constantes del modelo corresponden a la adopción de una nueva variedad de maíz en el estado de Iowa [Ryan y Gross, 1943].

Además se considera que los consumidores están dispuestos a pagar un precio más alto cuando el nuevo producto tiene más consumidores:

$$p_a(x) = p_0 + \mu x$$

Cada consumidor potencial se comporta como un agente racional, escogiendo el producto cuyo precio se al mejor y cumpla:

$$p_a(x) \geq p_t(x)$$

Esta dinámica se sigue para determinar cuál es el factor determinante en la aceptación del nuevo producto, comparando el número de consumidores iniciales y el coeficiente de aceptación  $\mu$ .

Inicialmente se considera que todos los miembros del tejido esférico compran el mismo producto, lo que se representa con un valor del espín igual a 1 en cada nodo del sistema esférico. Posteriormente se siembran al azar consumidores del nuevo producto, lo que se representa con un valor del espín igual a  $-1$  en esos nodos. Entonces se empieza a evolucionar el sistema, escogiendo al azar un nodo del sistema esférico y asignado una probabilidad  $p$  a la realización de una toma de parecer entre los primeros vecinos para cambiar al nuevo producto. Esta modificación en el producto consumido se realiza siempre y cuando el individuo en cuestión tome una decisión racional en términos del precio máximo  $p_a(x)$  al que está dispuesto a comprar y el precio mínimo  $p_t(x)$  al que está dispuesto a vender el productor. En cada ciclo, esto se repite en número de veces igual al tamaño del sistema esférico, hasta que después de varios ciclos el sistema se auto-organiza en términos de la proporción de consumidores del nuevo producto y se alcanza una región asintótica estable.

## **V.2 Entropía de cúmulos de nuevos consumidores**

La Propuesta de Dualidad entre economía y termodinámica toma en cuenta la irreversibilidad de los procesos económicos donde se aumenta la utilidad del consumidor cuando los precios del mercado permanecen constantes. Mientras que los sistemas naturales que disipan energía realizan procesos termodinámicos irreversibles conforme se dirigen hacia el equilibrio. Mientras que en los sistemas económicos se maximiza la utilidad tomando en cuenta sus restricciones cuando los precios permanecen constantes, los sistemas termodinámicos a energía constante maximizan su entropía.

En los sistemas termodinámicos, la entropía del sistema puede ser calculada en términos de la entropía de información (Ma, 1999):

$$S = -\sum_{i=1}^N f_i \ln(f_i)$$

Esta expresión se puede usar también en sistemas cuyas dimensiones son mucho menores que las del número de Avogadro, como los sistemas sociales. [Gross y col., 2001] han demostrado que es posible definir el cambio de estado en estos sistemas no extensos a partir de una mecánica estadística basada en la definición de la entropía de Boltzmann. Para Gibbs, el ensamble microcanónico era el fundamental, pues en los casos en que hay una diferencia entre el ensamble microcanónico y el canónico, es el canónico el que falla [J.W. Gibbs, 1902]. Otros factores que influyen en la posibilidad de aplicar esta definición de la entropía a sistemas no extensos como el tejido social son el hecho de que no es necesario tomar el límite termodinámico [Lebowitz, 1999] ni son necesarias la extensividad (Lieb et. al., 1998), ni la concavidad o la aditividad (Lavanda et. al., 1990.)

Cualquier equilibrio de Boltzmann-Gibbs se obtiene al maximizar la entropía de información de Shannon en el espacio de Fock dado y con las restricciones en los promedios de los distintos observables. Chomaz et. al. han desarrollado una definición general del cambio de fase basada en las anomalías de la distribución de probabilidad de los observables, que puede aplicarse a sistemas no ergódicos, ensambles que no son tipo Gibbs como los ensambles de Gibbs, o aún en conjuntos de eventos preparados de una manera dinámica (Chomaz et. al., 2000).

El índice de entropía es especialmente sensible a las diferencias en el número de productos menores consumidos en la canasta del mercado:

$$EI_i = \sum_{j=1}^N s_j \log(1/s_j)$$

donde  $s_j$  es la proporción de egresos dedicada a consumir el producto  $j$ .

Cuando el índice de entropía es igual a cero, nos indica que un consumidor sólo consume un producto, mientras que cuando vale uno nos indica que el consumidor consume la misma cantidad de todos los productos de la canasta del mercado. Como esto no ocurre en la etapa transitoria, esperamos que el mercado se equilibre en distintos valores de esta entropía, mientras que se presente un pico en la entropía cuando se da un cambio social en las preferencias de los consumidores.

Una transformación popular de este índice es la transformación logit [Greene, 1997, p.227f]:

$$TEI_i = \log\left(\frac{EI_i}{1 - EI_i}\right)$$

[Herfert y La Mura, 2004] han introducido un estimador de la preferencia de los consumidores que emplea la entropía ordinal teórica de decisiones, que nos proporciona una función de utilidad única, a partir de la función de utilidad  $u$  que representa las preferencias del consumidor:

$$\min\left\{\sum_{x \in X} u(x) \log[u(x)/u_{p_i}(x)]\right\}$$

donde la minimización de esta función se da sujeta a las restricciones cerradas y convexas pertinentes.  $X$  representa el conjunto de los bienes a consumirse.

En este estudio introducimos la entropía de cúmulos de nuevos consumidores:

$$SNC = -\sum_{j=1}^N p_j \log(p_j)$$

donde  $p_j$  es igual a la probabilidad de obtener un cúmulo de nuevos consumidores de tamaño  $i$ . Esta definida sobre la distribución de tamaño de cúmulos de nuevos consumidores, tomando en cuenta que las fluctuaciones de densidad asociadas con la formación de nuevos cúmulos de fragmentos se reflejarán en esta entropía de cúmulos de nuevos consumidores, de manera tal que nos servirá para señalar el cambio de fase asociado con la aparición de los nuevos consumidores. De hecho la entropía definida por Boltzmann, tiene la siguiente expresión:

$$S_B(t) = k \ln V(t)$$

de donde:

$$\frac{dS_B(t)}{dt} = k \frac{\dot{V}(t)}{V}$$

La formación de cúmulos de nuevos consumidores puede considerarse un fenómeno de nucleación en el que la nueva fase que aparece está representada por los cúmulos de nuevos consumidores de tamaño intermedio, tomando en cuenta el hecho de que una persona no interactúa con un número mayor a 12 personas.

### **V.3 Exponentes críticos de la formación de cúmulos de nuevos consumidores**

Una forma de extraer los exponentes críticos de la formación de cúmulos de nuevos consumidores es suponer que los cúmulos de nuevos consumidores se comportan como gotas líquidas, siguiendo el principio de homeostasis que hemos descrito en la sección II. El tejido social se encuentra particionado en cúmulos de consumidores con grandes fuerzas cohesivas que surgen de la comunidad de intereses económicos o culturales, los cuales puede considerarse que componen una fase líquida. Mientras que se dan también dentro de este tejido social consumidores que no forman parte de ninguna red de interacción social y que por lo tanto pueden tratarse como un gas de partículas ligeras. Este modelo de la gota líquida de Fisher ha sido aplicado para estudiar distintos tipos de fenómenos en los que los componentes se agrupan en cúmulos. En el modelo de la gota líquida de Fisher, la gran función de partición para un sistema grande de partículas individuales, en el que cúmulos de dos, tres o más partículas permanecen unidos por fuerzas atractivas y en equilibrio estadístico mutuo, con las otras partes del sistema y el gas en sus alrededores, está dada por:

$$\Xi(z, V, \beta) = \sum_{n=0}^{\infty} z^n Q_N(V, \beta)$$

donde  $z = e^{\beta\mu}$  es la fugacidad,  $\beta = 1/T$ , y  $Q_N(V, \beta)$  es la función de partición canónica, está dada por:

$$\ln \Xi(\mu, V, T) = \sum_{A=1}^{\infty} Y(A)$$

donde  $Y(A)$  es la probabilidad de encontrar un cúmulo de tamaño  $A$  en el sistema y está dada por:

$$\begin{aligned} Y(A) &= Y_0 A^{-\tau} \exp[\beta\mu A - \beta b A^{2/3}] \\ &= Y_0 A^{-\tau} B A^{2/3} S^A \end{aligned}$$

donde  $\mu = (\mu_g - \mu_l)$  es la diferencia entre los potenciales químicos del gas y el líquido,  $b$  denota la contribución superficial a la energía libre de Gibbs y es proporcional a la tensión superficial. El término  $A^{-\tau}$  fue introducido por Fisher para tomar en cuenta que la superficie se cierra en si misma [Fisher, 1967]. En el punto crítico,  $\mu_l = \mu_g$ , por lo que:

$$\frac{dN}{dA} = Y_0 A^{-\tau}, T = T_C$$

por lo que el punto crítico está relacionado con una ley de potencias para la



distribución de fragmentos [Bravina y col., 1996]. De esta manera podemos esperar por analogía que la ley de potencias nos señale un cambio de fase en el que aparecen comunidades autosubsistentes de nuevos consumidores.

También se han producido gráficas de Arrhenius, en las que se grafica el logaritmo natural del número de la proporción de nuevos consumidores en función de la preferencia por el producto nuevo:  $\ln n_A$ .vs. $B/T$ .

## VI Resultados

Al usar el modelo espintrónico antes descrito para estudiar la evolución de los cúmulos de nuevos consumidores, se ha obtenido un declive en el número de nuevos consumidores cuando la proporción inicial de nuevos consumidores es muy baja. Esto se refleja en una disminución de la entropía de cúmulos de nuevos consumidores, la que disminuye hasta un valor final asintótico, debido a que no se forman suficientes cúmulos de nuevos consumidores por el escaso número inicial de nuevos consumidores, que no alcanza a desequilibrar las preferencias de consumo imperantes. Esto se puede observar en las dos curvas inferiores de las figuras 4, en las que la entropía de los cúmulos de nuevos consumidores disminuye a lo largo del tiempo, conforme los nuevos consumidores se integran a las redes de consumo tradicional. La misma tendencia se puede observar en las dos curvas inferiores de la figura 5, sólo que a través de la transformada logit de la entropía de cúmulos de nuevos consumidores.

Sin embargo, en el caso de las tres figuras superiores de la figura 4, que corresponden a valores mayores de la proporción inicial de nuevos consumidores, se presenta inicialmente un pico en la entropía de cúmulos de nuevos consumidores, que señala la influencia disruptiva de los nuevos consumidores al formar cúmulos de nuevos consumidores dentro de la red social. Posteriormente, estos picos desaparecen en la medida en que el sistema se homogeniza y disminuyen las fluctuaciones en la densidad asociadas con la creación de cúmulos de nuevos consumidores. Hasta que finalmente la entropía de cúmulos de nuevos consumidores alcanza un valor constante en el periodo asintótico donde los cúmulos de nuevos consumidores coexisten en equilibrio con los cúmulos de consumidores tradicionales y con la fase gaseosa de consumidores independientes.

Esta transición se representa en la figura 6, donde puede apreciarse que para un valor mayor de la aceptación del nuevo producto, se presenta un pico de la entropía de cúmulos de nuevos consumidores, seguida por un cambio de concavidad en esta

entropía, conforme el nuevo producto se vuelve dominante en el mercado, hasta que la entropía se estabiliza en un valor asintótico que corresponde a la coexistencia de cúmulos de nuevos consumidores y de consumidores tradicionales, además de la fase gaseosa formada por consumidores independientes. Como puede apreciarse en la gráfica, esta diferencia en el comportamiento de la entropía de cúmulos de nuevos consumidores, está relacionada con la relación que existe entre el mínimo precio

$p_i(x)$  al que el productor está dispuesto a vender su producto y el precio  $P_a$  que los consumidores están dispuestos a pagar por el nuevo producto.

Como la proporción de nuevos consumidores alcanza un nivel umbral, el número de nuevos consumidores aumenta hasta alcanzar un valor asintótico estable. Como puede apreciarse en la figura 6, conforme aumenta el número de consumidores del nuevo producto a lo largo del tiempo, el precio máximo que los consumidores están dispuestos a pagar el nuevo producto aumenta también. Y de manera correspondiente, disminuye el precio máximo que los consumidores están dispuestos a pagar el producto desplazado. Esto ocurre a partir de un umbral dado de nuevos consumidores que pueden ser generados a partir de una precampaña donde se regale o promocióne el nuevo producto mediante técnicas de mercadotecnia viral.

Cuando la proporción inicial de nuevos consumidores es pequeña (Figura 7), no se da esta transición y lo que observamos es una disminución de los nuevos consumidores, que se manifiesta en la ausencia de un pico en la etapa temprana de la evolución del tejido social, debido a que prevalecen las formas de consumo tradicional y los nuevos consumidores se reabsorben en los cúmulos de consumo tradicional. Ahora la entropía final es casi igual a la inicial, señalando la reversibilidad de este proceso en que el tejido social prácticamente vuelve a sus condiciones iniciales.

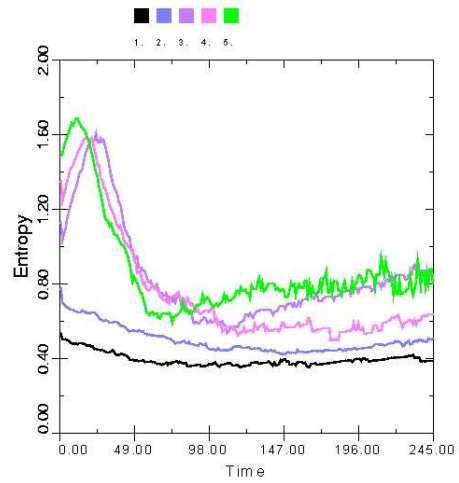


Figura 4.- Figura que muestra los picos que aparecen en la evolución temporal temprana de la entropía, para valores diferentes del número de consumidores iniciales del nuevo producto. La aceptación social del producto permanece constante, con un valor  $\mu$  igual a 0.15.

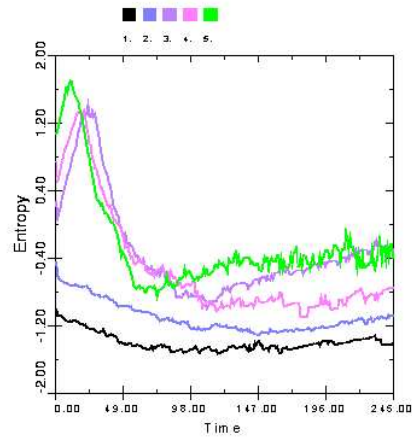


Figura 5.- Figura que muestra los picos que aparecen en la evolución temporal temprana de la transformación logit de la entropía, para valores diferentes del número de consumidores iniciales del nuevo producto. La aceptación social del producto permanece constante, con un valor  $\mu$  igual a 0.15.

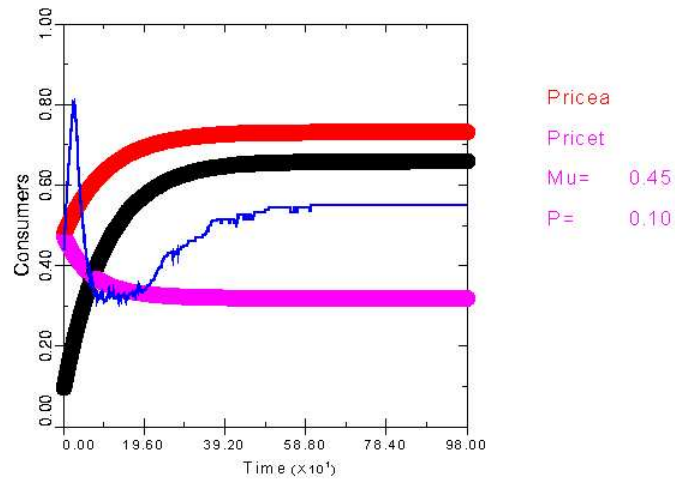


Fig. 6.- Mientras que cuando la proporción de nuevos consumidores alcanza un nivel umbral, el número de nuevos consumidores aumenta hasta alcanzar un valor asintótico estable. Después de este umbral aparece un pico en la transformación logit de la entropía, que se estabiliza en la etapa asintótica, con un valor mayor de la transformación logit de la entropía de cúmulos de nuevos consumidores.

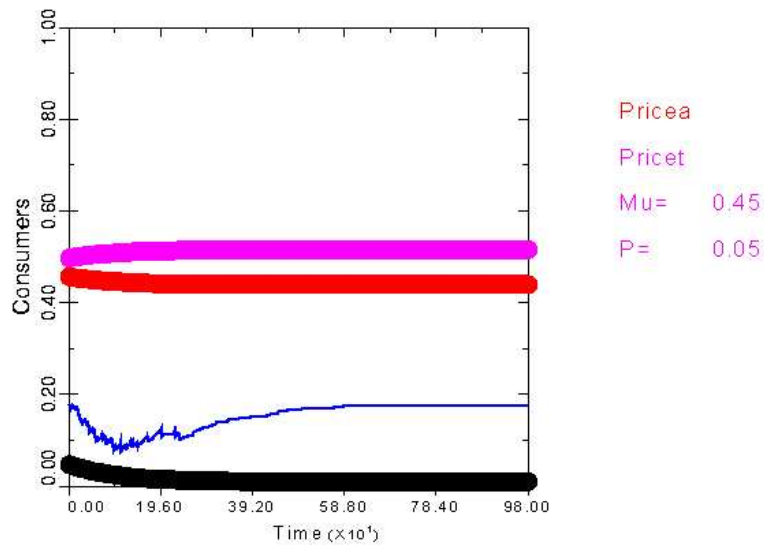


Fig. 7.- Muestra la evolución temporal del número de nuevos consumidores en un mercado de dos productos ( $N_c$ ), donde se aprecia también el cambio en el tiempo del precio máximo al que están dispuestos los consumidores a comprar el nuevo producto ( $P_a$ ) y del precio mínimo al que están dispuestos a vender los productores ( $P_t$ ). Cuando la proporción de nuevos consumidores es pequeña, se obtendrá un decaimiento del número de consumidores del nuevo producto.

El ajuste de las curvas de Arrhenius nos indica que el factor más importante es la interacción social, que se manifiesta en la linealidad de las curvas de Arrhenius con respecto a la proporción de consumidores iniciales (Fig. 8). Esto quiere decir que la aceptación de los nuevos productos depende de la capacidad que se tiene de introducirlos previamente en la población. Esto puede lograrse a través de técnicas como las empleadas por la mercadotecnia viral, mediante las cuales se alcanza un umbral para la aceptación del producto, independientemente de sus características técnicas.

Estas gráficas de Arrhenius obtenidas para los diferentes tamaño de cúmulo de nuevos consumidores (Figura 8), son prácticamente paralelas, lo que nos indica que en este caso la selección del nuevo producto es casi indiferente con respecto a la preferencia de los consumidores por el nuevo producto. Este resultado sorprendente se debe a que es más importante el efecto de la interacción social que el efecto debido a la preferencia de los consumidores por el nuevo producto. Esto se debe a que el tejido social simulado tiene una consistencia homogénea y los agentes establecen un contacto estrecho con sus primeros vecinos, lo que provoca que los consumidores pongan mayor énfasis en congeniar con sus primeros vecinos que en adquirir los productos que realmente estarían dispuestos a pagar un precio más alto.

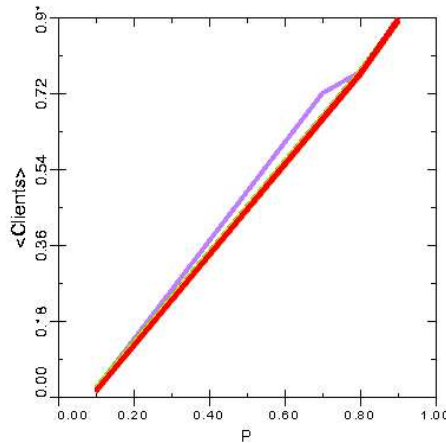


Fig. 8.- Muestra la linealidad de las curvas de Arrhenius con respecto a la proporción de consumidores iniciales que resulta de la precampaña.

Los exponentes críticos que ajustan la ley de Fisher en términos del tamaño de cúmulo de nuevos consumidores, proporcionan un valor del exponente crítico de la ley

de potencias igual a 2.88 (Fig. 9). Ya que la red social a la que está expuesto un individuo tiene un tamaño promedio de 8 a 12 consumidores [Wilson, 2000]., el ajuste de la ley de Fisher se restringió a los cúmulos de nuevos consumidores de tamaño intermedio. Este valor del exponente crítico de la ley de potencias corresponde a la formación de cúmulos críticos de nuevos consumidores durante el cambio de fase, que pertenece a una clase de universalidad diferente de las correspondientes al cambio de fase líquido-gas, el de percolación o el correspondiente al cambio de fase para las colisiones de iones pesados [A. Barrañón y col.,2003]. Esto se debe a que la clase de universalidad resulta de la interacción social entre agentes racionales, que debe ser distinta en principio de la clase de universalidad que corresponde a cambios de fase en los sistemas naturales.

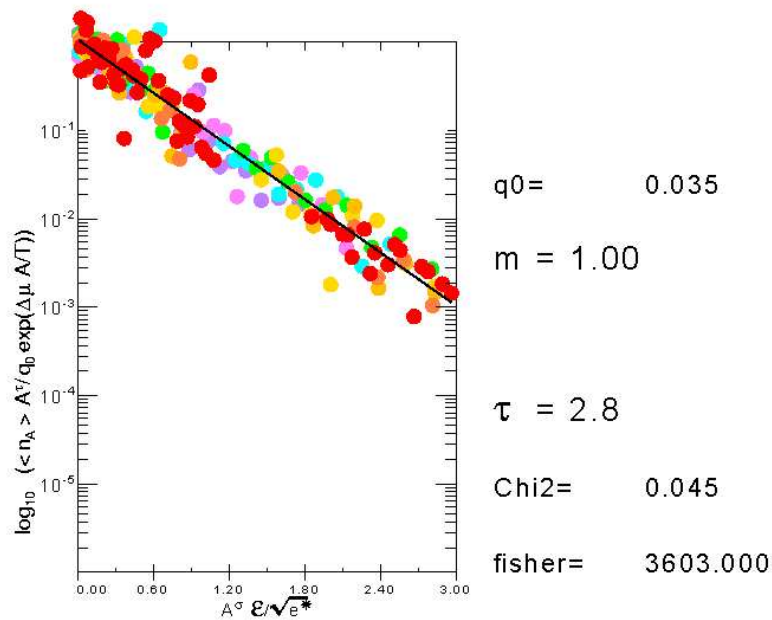


Fig. 9.- ley de Fisher en términos del tamaño del cúmulo de consumidores, obteniéndose un exponente crítico de la ley de potencias igual a 2.88.

## VII Conclusiones

El análisis derivado de la entropía de nuevos consumidores pone en evidencia la importancia de la etapa temprana de la formación de cúmulos de nuevos consumidores, pues de ella depende la transformación irreversible del mercado gracias a la aparición de consumidores entrópicos que logran formar cúmulos de nuevos consumidores. Además, los análisis complementarios en base a las gráficas de Arrhenius y la Ley de Fisher, dan evidencia de que la formación de cúmulos de nuevos consumidores en un tejido social homogéneo en el que la interacción social es fuerte, depende del umbral inicial de nuevos consumidores. Por esta razón, es fundamental aplicar técnicas de mercadotecnia como son la mercadotecnia viral, la mercadotecnia interactiva, o cualquier otro esquema de en el que se aumente este umbral [Dallas-Feeney col., 1998.]. Este estudio nos permite comprender los alcances del grado de confusión, en el que un producto de baja calidad puede desplazar a un producto de alta calidad, en la medida en que lo limite a un nivel suficiente en el que sea aceptado igual que el otro producto en el círculo social al que pertenece el consumidor.

En el caso de las sociedades con una composición social heterogénea, se espera obtener resultados diferentes, en la medida en que el sistema se auto-organiza en subgrupos de acuerdo a la afinidad de intereses de los agentes que los componen. Esto puede conducir a la adopción selectiva del nuevo producto por los subsistemas que componen al todo, lo que aumenta el riesgo de modificar la canasta de productos que se ofrecen al consumidor. De ahí que se explique la tendencia actual que existe a homogeneizar mundialmente los productos que se ofrecen y los hábitos sociales, en el proceso de globalización, para facilitar la producción en escala y garantizar el dominio del mercado. De esta manera, un escenario de mercado libre se transforma en uno de mercado controlado por un solo productor que genera su propia competencia al formular sus nuevos productos. En este sentido es importante añadir al criterio de simplificación que requiere la cohesión de una sociedad heterogénea y masiva como la nuestra, el uso de otros medios para garantizar la formación de cúmulos estables de nuevos consumidores como son el aspecto afectivo y la veracidad. Estos últimos coadyuvan a la integración social sin necesidad de realizar algún tipo de coerción que sincronice los niveles del todo que representa una sociedad masiva altamente diferenciada [N. Luhmann, 1995].

El autor agradece el apoyo parcial de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAM-A y el acceso a los recursos computacionales del Laboratorio de Cómputo Intensivo de la UAM-A.

## REFERENCIAS

- T. Allen, 1997. *Architecture and Communication Among Product Development Engineers*, Sloan School of Management, MIT: Cambridge. pp. 1-35.
- A. Angyal, 1939. *The Structure of the Wholes*: «Philosophy of Science» VI.
- C. Asavathiratham, 2000. "The Influence Model: A Tractable Representation for the Dynamics of Networked Markov Chains". En: Dept. of EECS, MIT. Cambridge.
- A. Barrañón, 2002. "Segregación digital y globalización de la investigación científica", *Razón y Palabra*, núm. 29.
- A. Barrañón y col., 2003. *Heavy Ion Phys.* 17-1, 59.
- S. Basu y col., 2001 . "Learning Human Interactions with the Influence Model", MIT Media Laboratory Vision and Modeling Technical Report # 539. June.
- R. Benartzi y R. Thaler, 2001. *Journal of Finance Economics*, 37, 39-65.
- Bianconi y col., 2004. Preprint arXiv:cond-mat/0408349, Ago. Vol. 1.
- L. Bravina y col., 1996. *Phys. Rev. C*, **54**, 2493.
- A. Coniglio, 2001. *Percolation. Approach to Phase Transitions*. Memorias CRIS2001.
- L. Chayes y col., 1999. *J. Stat. Phys.* 94, p. 53-66.
- Ph. Chomaz et. al., 2000. Preprint:arXiv:nucl-ex/0010365.
- C. Dallas-Feeney col., 1998. Booz Allen & Hamilton ES-004 5/01, Financial Services Group, Vol.4 No. 1. cf. www.bah.com.
- Derrida y col., 1996. *Physica A* 224, 604.
- Y. Dover, 2004. *Physica A* vol. 334, No. 3-4, pp. 591-599.
- M.E. Fisher, 1967. *Physics* **3**, 255.
- Fox y col., 2004. Experimental Business Research, Vol. XX, 2004, Ch. 19, pp. 338-360.
- Fox y col., 1995. Quarterly Journal of Economics, 110, 585-603..
- W.H. Green, 1997. *Econometric Analysis*, 3a. edición, Engewood Cliffs NJ:



Prentice Hall.

D.H.E. Gross, 2001. Preprint:arXiv:cond-mat/0105313.

Gibbs J.W., 1902. The Collected Works of J. Willard Gibbs, vol. II, Yale University Press, New Haven, 75.

J. Habermas y N. Luhman, 1971. *Theorie der Gesellschaft oder Sozialtechnologie*, p. 252.

F. A. HAYEK, 1933. *Monetary Theory and the Trade Cycle*, London: Jonathan Cape.

M. Herfert y P. La Mura, 2004. Leipzig Graduate School of Management (HHL). Working Paper # 64.

M. Hohnisch y col., 2003. LANL Preprint arXiv:cond-mat/0308358, Ago. Vol. 1.

Manuel Kant, 1991. *Crítica de la razón pura*. México: Porrúa, p. 129.

P. La Mura, 2003. *Decision-Theoretic Entropy*, TARK 03 Proceedings, Bloomington, Indiana University.

B.H. Lavanda et. al., 1990. Foundations of Physics Letters **5**, 435.

J.L. Lebowitz, 1999. Rev.Mod.Phys. **71**, S346.

J.L. Lebowitz, 1999. Physica A **263**, 516.

E. H. Lieb et. al., 1998. Notices Amer. Math. Soc. **45**, 571-581

N. Luhmann, 1995. *Poder*. Barcelona: Anthropos-U. Iberoamericana, p. 93.

Y.G. Ma, 1999. Phys. Rev. Lett. **83**, 3617.

Mead, 1965. *Mind, Self and Society*, p. 190ss.

M. E. J. Newman, 2002. Phys. Rev. Lett. **89**, 208701.

M. Orlando y M. Verba, 2005., Economic Review, Second Quarter, pp. 31-57.

Rickert. *Die Grenzen der der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung*, p. 516.

B. Ryan y N.C. Gross, 1943. "The Diffusion of Hybrid Seed Corn in Two Iowa Communities", Rural Sociology **8**, 15-24..

D. Stauffer y col., 2002.. LANL Preprint: arXiv:cond-math/0208296

K. Sznajd-Weron y J. Sznajd, 2000. Int. J. Mod. Phys. C **11**, 1157.

Dr. Ralph F. Wilson, 2000. "The Six Simple Principles of Viral Marketing". Web Marketing Today, Issue 70, February 1.