

**ANALISIS DEL ROL DE LOS INTERMEDIARIOS EN
MERCADOS ELECTRONICOS. UNA APROXIMACION BASADA
EN AGENTES.**

FERNANDO HORACIO GONZALEZ ARIZA

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

2002

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	3
II. MERCADOS ELECTRÓNICOS	6
INTERMEDIARIOS.....	8
III. COSTOS DE TRANSACCION	11
IV. ECONOMÍA COMPUTACIONAL BASADA EN AGENTES(ACE)	14
COMPLEJIDAD Y MODELOS DE AGENTES	18
V. AGENTES	21
1. CONSUMIDORES:	21
2. INTERMEDIARIOS:	23
3. PRODUCTORES:.....	25
4. PRODUCTOS	26
VI. MODELOS	27
1. MODELO SIN INTERMEDIARIOS	27
2. MODELO CON INTERMEDIARIOS	30
VII. EL ALGORITMO	34
1. GENERALIDADES DE SDML	34
2. PROGRAMACIÓN DE LOS MODELOS.....	37
3. MODELO SIN INTERMEDIARIOS	40
4. MODELO CON INTERMEDIARIOS.....	48
VIII. RESULTADOS	55
1. PRIMERA REPLICA	55
2. SEGUNDA REPLICA.....	62
IX. CONCLUSIÓN	69
1. RESULTADOS DE LA TESIS	69
2. TRABAJOS POSTERIORES	73
BIBLIOGRAFIA	74

I. INTRODUCCIÓN

La labor de los intermediarios en comercio electrónico se ha convertido en un punto de discusión importante entre los estudiosos del comercio electrónico basado en Internet. Joseph Bailey en su tesis doctoral[1], analiza dos funciones principales de los intermediarios: agregación y discriminación de precios. En este trabajo se encuentra un análisis de la labor de los intermediarios como agregadores de productos. El estudio utiliza como marco para el análisis la teoría de costos de transacción.

Tomando esto como punto de partida, esta tesis busca desarrollar un modelo computacional (basado en agentes), para comprender los efectos de la intermediación cuando la función de los intermediarios es agregar productos. Para ello se vale del uso de economía computacional basada en agentes.

El objetivo de este trabajo, es el de crear un modelo computacional usando Economía Computacional Basada en Agentes, de la actividad de los intermediarios en comercio electrónico sobre Internet. Este modelo permitirá estudiar comportamientos emergentes, derivados de la interacción de los agentes que hacen parte de este mercado. También permitirá medir o comparar los efectos de la intermediación, en un mercado donde los consumidores consumen dos productos, cada uno de

los cuales tendrá asociado un nivel de calidad. Los dos productos forman un agregado el cuál será el que ofrecerán los intermediarios una vez ingresen al mercado.

Derivados de este objetivo principal surgen tres objetivos específicos a conseguir con este trabajo. El primero es analizar la función de agregación de los intermediarios. El segundo, estudiar si la labor de los intermediarios como agregadores de productos, hace a un mercado más eficiente en términos de disminución de los costos de transacción. Como tercer objetivo, está el uso de un software para desarrollar el modelo basado en agentes, que permita observar la dinámica de interacción de los agentes en un mercado electrónico.

Las hipótesis que se quieren evaluar, están relacionadas con la eficiencia del mercado en comercio electrónico. Analizar si hay un cambio en los costos de transacción con la aparición de intermediarios en un mercado. Verificar si la aparición de los intermediarios lleva a un cambio en el comportamiento de los precios de los agregados. Analizar el aumento o disminución de las utilidades de los agentes involucrados en el mercado, a través del tiempo. Para lograr esto se trabajan dos modelos computacionales, uno con intermediarios y otro sin intermediarios.

La economía computacional basada en agentes nos proporciona la herramienta para comprobar las hipótesis. Porque permite mediante el uso de una simulación, crear el modelo de mercado que se quiere estudiar. Esta aplicación de la inteligencia artificial a la economía, hace parte de una nueva tendencia dirigida a una economía más ajustada desde la realidad y no hacia la realidad. Algunos de sus expositores son Leigh Tesfatsion de la Universidad de Iowa y Bruce Edmonds, Scott Moss, y Steve Wallis de la Universidad de Manchester. Ellos han realizado un amplio trabajo aplicando la herramienta en economía y organizaciones, creando software aplicable a problemas que tienen la posibilidad de ser simulados utilizando agentes¹.

¹ Se llama SDML y se hablará de el con mas detalle posteriormente.

II. MERCADOS ELECTRÓNICOS

Internet es la herramienta que usan los mercados electrónicos como soporte para su desarrollo, es aquí donde nacieron y donde tienen hasta hoy su mayor avance. El crecimiento del número de usuarios de Internet se ha visto acompañado por un desarrollo de World Wide Web(WWW), donde en 1996 había 61 millones de usuarios y en el año 2000 se supone una suma cercana a 320 millones de usuarios[1]. En Internet se ha popularizado el uso de comercio electrónico definido como: "El conjunto de transacciones de mercado facilitadas por un medio electrónico"[2]. Las transacciones que se realizan en Internet involucran bienes tangibles e intangibles: entretenimiento, viajes, información y servicios bancarios. Internet hace posible el acercamiento masivo de algunos proveedores a muchos países, eliminando la distancia geográfica necesaria para la transacción.

Un mercado está constituido principalmente por tres elementos: agentes, productos y procesos. Los agentes son vendedores, compradores e intermediarios; otros agentes intervienen también pero no se analizan en este trabajo, por ejemplo el gobierno y grupos de protección al consumidor. Cada uno de los agentes antes mencionados tiene una característica que a la vez sirve como diferencia entre uno y otro. El consumidor es aquel agente que deriva valor de poseer o consumir un producto. El productor

por su parte es aquel agente que produce un producto o servicio y que compite con otros agentes que pueden ofrecer productos o servicios sustitutos. El intermediario es el agente que compra del productor y vende al consumidor sin derivar utilidad por la posesión del producto, o que sencillamente, colabora en la transacción de estos dos[2].

Al utilizar un medio electrónico, los consumidores se ven beneficiados al tener gran cantidad de información a su disposición. Disminuyen los costos asociados a la búsqueda, ya que no tienen que ir hasta la ubicación del productor como tenían que hacer en un mercado tradicional, solo tienen que acceder a la página web del productor o intermediario que ofrece el producto. Al tener más información disponible, el consumidor puede realizar una elección mejor en cuanto a precio o condiciones para quedar satisfecho se refiere.

Los productores por su parte encuentran un acceso a un mercado global sin incurrir en costos exorbitantes o grandes inventarios, pues con Internet no existen límites geográficos. Los clientes no tienen que cruzar grandes distancias para ver los productos, pues estos están en vitrinas virtuales que pueden ser vistas en la página web del productor. También los productores eliminan el problema del horario, porque la página web no necesita dormir y puede atender clientes de uno u otro hemisferio en el mismo día a cualquier hora.

Los intermediarios además de compartir las ventajas del productor, encuentran una oportunidad de negocio en Internet al servir como agregadores de productos. Crean paquetes de productos complementarios entre sí y los ofrecen a los consumidores. A medida que transcurre el tiempo, al llevarse un registro computacional de las preferencias de los clientes, el intermediario puede crear paquetes personalizados de productos para cada uno de sus clientes, con un precio único por paquete. Realiza una discriminación de precios en la cual deja satisfecho al cliente y se le cobra lo que está dispuesto a pagar por ese agregado, reportando beneficios para las utilidades del intermediario.

INTERMEDIARIOS

El intermediario es aquella firma que vende el producto pero no lo crea o lo consume, no deriva ninguna utilidad por poseer o consumir el producto. El rol de los intermediarios en el mercado electrónico ha llevado pensar en la posibilidad de su desaparición dada la facilidad tiene el cliente de acceder directamente al productor. Bailey propone que el rol de intermediarios no desaparece, sino que cambia y describe cuatro funciones principales de los intermediarios[2]: Agregación, discriminación de precios, búsqueda y confianza.

La agregación es la función en la cual el intermediario reúne productos de diferentes proveedores o firmas, permitiendo al consumidor la comparación de precios y de características. Los agregados formados por los intermediarios reducen los costos en los que incurren los productores al momento de dar a conocer los productos, ya que es el intermediario quien se encarga de darlos a conocer. Esta labor es la que se va a analizar en este trabajo y sobre la cual se desarrollarán los modelos de simulación.

En cuanto a discriminación de precios, el intermediario puede ofrecerles a los clientes un precio mayor o menor de acuerdo a lo que él conoce sobre la disponibilidad a pagar por un determinado tipo de producto.

La labor de búsqueda del intermediario consiste en dar a los consumidores la mayor cantidad de información posible, haciendo más fácil que los consumidores encuentren lo que necesitan. Es aquí donde el intermediario sirve como coordinador de información, haciendo posible que las preferencias de los consumidores sean satisfechas.

El intermediario ejerce la labor de confianza cuando actúa como tercera parte y controla comportamientos oportunistas de los consumidores o de los productores.

Es característico del comercio electrónico la aparición de agregados que incluyen un gran número de productos, y que además pueden ser

enviados al consumidor por medios electrónicos por ejemplo, paquetes de software o paquetes de información sobre un tema específico. El producto empaquetado no se vende necesariamente a un precio igual a la suma de los precios de los productos individuales y para el consumidor ese paquete puede valer más que cada uno de los productos por aparte. El consumidor puede llegar en una única búsqueda a encontrar y satisfacer todas sus necesidades, sin tener que ir a cada productor. Estos paquetes pueden incluir más de diez productos y no se necesitan empaques porque son entregados directamente al computador del cliente.

III. COSTOS DE TRANSACCION

Coase define[3] el costo de transacción como, "el costo de negociar y concluir un contrato separado por cada intercambio que tome lugar en el mercado". Es el costo que surge de usar el mecanismo precio por la falta de confianza.

Williamson[4], por su parte afirma que la complejidad del mundo hace los acuerdos incompletos e incluso puede llevar a alguno al fracaso. Los costos de transacción surgen entonces cuando la identidad específica de las partes tiene consecuencias importantes en la relación de costos. De manera más simple, cuando los agentes económicos realizan inversiones específicas. Define a su vez como características de una transacción la incertidumbre, la frecuencia y el grado en el cual transacciones específicas tienen lugar. Si la falta de información es alta, todas estas características resultan en la generación de costos de transacción.

En un mercado el precio actúa como el mecanismo para asignación de recursos, permite tomar decisiones acerca de cómo comprar, qué comprar o de cómo vender y qué vender. En un sistema económico el coordinador es el precio y los costos relacionados con conocer cuál es el precio relevante son los costos de transacción. El costo de transacción aparece cuando se negocia un contrato, cuando se establece cualquier relación

económica se asocia a ella un costo de transacción. Los costos de transacción no guardan ninguna relación con la creación o la posesión de un producto, por lo cual se pueden relacionar a la labor de un intermediario.

En Internet al no existir límites geográficos, el consumidor puede encontrar muchos proveedores del producto que busca y la empresa siempre estará dispuesta a atenderlo, porque el sitio web no necesita dormir y no depende de un estado de ánimo para la venta. Un intermediario, puede diseñar una estrategia que cubra muchos productores de diferentes puntos del planeta y acercarlos a donde tiene influencia, aumentando el número de consumidores potenciales para sus productos, o en el caso tratado en este trabajo sus agregados.

Bailey afirma que los costos de transacción pueden ser absorbidos por una tercera parte: el intermediario. "Los intermediarios pueden estar en mejor posición de disminuir los costos de transacción que un productor o un consumidor. Como el intermediario está involucrado en muchas transacciones repetidas, desarrolla un conjunto de relaciones y experiencia que puede disminuir el costo de transacción.... El intermediario puede entonces amortizar los costos fijos sobre un mayor número de transacciones".

La negociación de los términos, la creación de confianza y el control del oportunismo son los puntos generadores de los costos. La experiencia y el aprendizaje de las transacciones lleva a disminuir los costos.

Los costos de transacción son un punto importante en el análisis de eficiencia del mercado. Cuando se trabaja con agregados, los costos que estarían relacionados a la compra individual de cada uno de los productos que conforman el agregado, se reducen a los costos de establecer una relación comercial con un intermediario que ofrece ese paquete. No se hacen múltiples negociaciones porque solo se hace necesario negociar el agregado y no cada uno de los productos que lo componen. Surgen dos preguntas: ¿La agregación por parte de intermediarios, reduce los costos de transacción en un mercado? y ¿esa agregación de productos hace que un mercado sea más eficiente que uno sin agregación?. Estas preguntas se tratarán de responder en los modelos presentados en este trabajo.

IV. ECONOMÍA COMPUTACIONAL BASADA EN AGENTES(ACE)²

La Economía Computacional Basada en Agentes, es el estudio de modelos económicos como sistemas evolutivos descentralizados, de agentes autónomos interactuantes³. Los principales objetivos de esta metodología son: primero observar comportamientos emergentes en un mercado u organización que vengan de *abajo hacia arriba*⁴ por ejemplo, la aceptación de un tipo de moneda socialmente o de unos protocolos de mercado. El segundo es usar estructuras computacionales, como laboratorios que permitan probar alternativas a estructuras sociales, analizando efectos en los individuos y en el beneficio social.

Los mundos computacionales tienen cuatro características principales⁵:

- Son modelos de agentes homogéneos y/o heterogéneos, que determinan las interacciones con otros agentes y con el ambiente, sobre la base de normas sociales, reglas internas y datos adquiridos a través de la experiencia.
- Se permite una amplia cantidad de interacciones, incluyendo asociaciones basadas exclusivamente en precio y cantidad, unas

² Siglas en Inglés. "Agent-based Computational Economics"

³ Referencia [5], [6].

⁴ Traducción de Bottom-Up.

⁵ Referencia [5], [6].

cooperativas en las que los agentes trabajan por un mejor resultado y otras predatorias en las que sobrevive el agente más competitivo.

- El proceso que se sucede en el tiempo, va obligando a los agentes, a experimentar continuamente con sus reglas de comportamiento, generando un entorno de competencia y cooperación en el cual unos dependen de la relación con los otros para sobrevivir.
- Los eventos en los mundos computacionales, dependen casi exclusivamente, de las interacciones que realizan los agentes entre sí y con el ambiente. El modelador solo da las condiciones iniciales.

Estos modelos permiten analizar cómo los agentes interactúan, cómo la información se distribuye entre ellos y cómo tienen lugar desequilibrios en el mercado. Los modelos se basan en el estudio de sistemas adaptativos complejos[7], es decir sistemas que contienen agentes que se relacionan en una especie de red, de forma que el ambiente de cada agente esta influenciado por los demás agentes o los incluye.

Se puede pensar en esta metodología, como una aplicación del paradigma de Vida Artificial, al estudio computacional de procesos económicos evolutivos [8]. Este paradigma consiste en estudiar de *abajo hacia arriba*⁶ fenómenos comúnmente asociados a organismos vivos como autoreplicación, evolución, adaptación, autoorganización, parasitismo,

competencia, cooperación y formación de redes sociales. Con dos metas principales, entender la potencialidad actual y posterior de los procesos vitales y segundo usar la naturaleza como inspiración para el desarrollo de algoritmos solución a problemas de optimización caracterizados por múltiples óptimos locales o falta de linealidad.

La metodología ha sido usada en diferentes trabajos[9], por ejemplo, en experimentos comparativos entre agentes reales y agentes artificiales[10], en competencia de agentes por dar el mejor pronóstico de stock de retornos[11], análisis de dispersión de precios y lealtad[7], análisis de costos económicos de transacción[12], entre otros.

El software basado en objetos es muy útil porque permite, establecer relaciones entre los agentes y las estructuras de reglas, las cuales son la base del comportamiento del agente. Es así como se ha trabajado en el lenguaje C++[5] y se creó un software totalmente nuevo especializado en la aplicación de la metodología, este se llama SDML (*Strictly Declarative Modelling Language*)⁷, desarrollado en la Universidad Metropolitana de Manchester[13] por el *Centre for Policy Modelling*.

Este software se caracteriza, por permitir el modelamiento de sistemas complejos a través del uso de lógica formal. La cual, incluye: objetos

⁶ Traducción de Bottom-up.

definidos por el usuario, funciones y predicados; que representan información cualitativa de preferencias y permiten ver resultados ante una decisión.

En el comercio electrónico como se ha descrito, interactúan una serie de agentes que pueden definir estrategias, de acuerdo a la interacción con los demás agentes. Cada agente tiene sus propias reglas y bases de datos(experiencias), sobre las cuales basan sus decisiones⁸. Los modelos computacionales trabajan con compradores y vendedores que realizan transacciones entre sí y que aprenden de la experiencia. Además estos agentes manejan información imperfecta, lo cual hace posible trabajar con mercados en los cuales haya intermediarios o agentes productores-consumidores.

Pocas aproximaciones han sido hechas en comercio electrónico. La más cercana es una tesis doctoral⁹ en la universidad de Manchester de Richard Taylor[14]. El busca crear modelos basados en agentes, para modelar comercio electrónico de negocio a negocio(B2B), utilizando como punto de partida un caso de estudio de las operaciones en comercio electrónico de una empresa manufacturera.

⁷ En la actualidad existen muchos paquetes además del SDML.

⁸ Se esta hablando de las decisiones económicas.

⁹ Tesis doctoral en desarrollo.

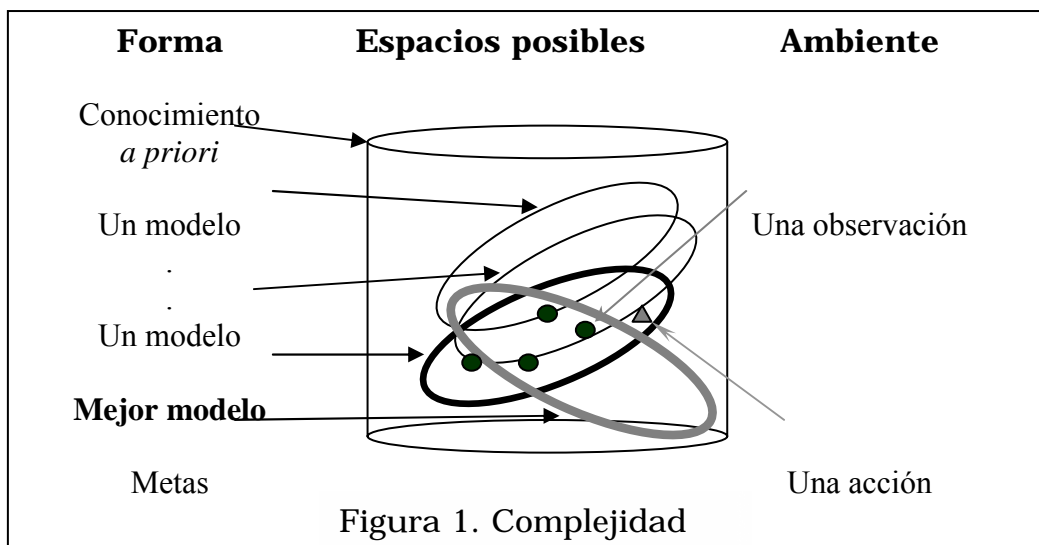
Los procesos de mercado al ser procesos dinámicos, necesitan que las propiedades globales se desarrollen con el tiempo, con un modelo computacional pueden hacerlo. Los agentes económicos son racionalmente limitados, con prejuicios sociales y adaptativos, lo que permite al modelo computacional hacer una aproximación a ellos por: la heterogeneidad de agentes, limitación computacional, preferencias y adaptabilidad a un ambiente económico cambiante, con sus estructuras sociales e instituciones. La economía computacional basada en agentes permite analizar los comportamientos que surgirían, en un sistema en el que los intermediarios sean coordinadores de información interactuando entre dos tipos de agentes, consumidores y productores.

COMPLEJIDAD Y MODELOS DE AGENTES

Cuando en un modelo se va teniendo en consideración una mayor cantidad de aspectos, o una mayor cantidad de detalles, se puede decir que se está aumentando su complejidad. Edmonds[15] define complejidad como "aquello que en un modelo, hace difícil formular su comportamiento total en un lenguaje de representación, aun cuando se tenga completa información, acerca de sus componentes y de sus interrelaciones". El concepto de complejidad, se aplica cuando se relajan los supuestos que hacen a los modelos económicos más simples.

En procesos de programación de modelos, la complejidad es vista como: la dificultad computacional de alcanzar y probar un modelo, dadas las restricciones del lenguaje y del ajuste de los datos conocidos. Desde otro punto de vista, es la dificultad de encontrar un modelo del comportamiento del total de la población, dado un conocimiento de algoritmos, estructura y puesta a punto de cada agente.

Esta complejidad resultante en un modelo tiene que ser solucionada. Edmonds propone primero distinguir entre la forma y el significado, de forma que a pesar que dos modelos arrojen resultados similares, puede ser que uno sea más costoso que otro al momento de decidir. Gráficamente¹⁰:



En el gráfico se observa, que de todos los modelos posibles, surgidos del conocimiento a priori de la realidad, hay uno que se aproxima mejor a la meta, siendo el más eficiente en términos de costos y cercanía al

comportamiento real de los agentes. El resultado que propone ante situaciones demasiado complejas, es desarrollar agentes que evalúen sus modelos usando otras cosas diferentes a la exactitud o la precisión, por ejemplo mayor especificidad o usar un lenguaje que le permita al agente capturar otras posibilidades diferentes obtenidas con el aprendizaje.

¹⁰ Gráfica tomada de [15]

V. AGENTES

Los modelos desarrollados buscan evaluar la interacción de los agentes ante la aparición de intermediarios que ofrecen agregados de productos y comparar esta interacción con un mercado en el que no hay estos intermediarios y por lo tanto tampoco agregados.

Hay dos modelos principales: el primero es un modelo que no incluye a intermediarios y por lo tanto los que hacen la labor de agregación son los consumidores; ellos deben comprar directamente los productos que conformarían el agregado. En el segundo modelo el encargado de hacer la agregación es el intermediario y los consumidores realizan la compra de éstos.

Como se mencionó anteriormente, tres tipos de agentes aparecen en el modelo: consumidor, productor e intermediario. Se trabajará con un problema similar al que se encuentra en Londoño[16], pero enfocado a la interacción directa de los agentes.

1. CONSUMIDORES:

Los consumidores demandan periódicamente cantidades del agregado en la calidad de su preferencia. Para esto deben elegir entre un grupo de intermediarios que ofrecen el agregado que está buscando el que lo ofrezca a mejor precio, o ir directamente a los productores que elaboran los productos que conforman ese agregado, escoger el de menor precio y comprarle a cada uno la cantidad necesaria para crear el agregado. Cada consumidor tiene un acceso limitado a la información de los proveedores del producto. Esto significa, que el consumidor no conoce toda la información del mercado al momento de tomar una decisión de compra, lo que hace posible que la decisión que tome el consumidor no sea necesariamente la mejor existente. No escoge al productor o intermediario con el menor precio en el mercado, sino que escoge al productor o intermediario con el menor precio de los que conoce.

Para esta elección el consumidor tiene en cuenta una función de utilidad que involucra dos aspectos principales: el precio y la calidad. Cada consumidor busca su agregado de una calidad específica, al menor precio. Se utilizará la siguiente función de utilidad para el consumidor:

$$\pi_c = \theta \cdot q - t \geq 0$$

Donde:

θ es el tipo de consumidor de acuerdo con su disponibilidad a pagar, por un nivel dado de calidad.

q es el nivel de calidad que el consumidor busca.

t es el precio de un agregado con esa calidad.

El tipo de consumidor se refiere a la disponibilidad de un consumidor a pagar un precio por una calidad del producto. El tipo de calidad del agregado es una mezcla de calidades de cada uno de los productos. La utilidad de adquirir un agregado debe ser mayor que cero, para que el consumidor esté interesado en ese agregado.

Los supuestos iniciales sobre consumidores son:

- a. Cada consumidor consume unidades de agregado de su tipo, el cual se determina de acuerdo con la calidad que necesita.
- b. El tipo de cada consumidor se conoce, es decir θ es conocido.
- c. Los consumidores compran de los intermediarios cuando existen, de lo contrario compran a los productores y crean su agregado.
- d. El consumidor puede decidir en un periodo determinado si comprar o no comprar.

2. INTERMEDIARIOS:

Los intermediarios agregadores, se encargan de unir varios productos en uno solo llamado agregado o paquete. Como se está trabajando en el

entorno del comercio electrónico, se supone que los intermediarios funcionan por pedido, es decir no llevan inventarios de los agregados.

Cada intermediario ofrece agregados de determinado tipo y calidad. Una vez recibe el pedido, el intermediario realiza la adquisición de los productos que se incluyen en el agregado, con las calidades correspondientes. El precio que define puede estar influenciado por el que definen los demás intermediarios, pues la información del precio es la más accesible para la competencia.

La utilidad del intermediario estaría dada por:

$$\Pi_I = \sum_{j \in C} [\pi(e^j) - w^j]$$

Donde:

$\pi(e^j)$ esta relacionado con la ganancia de vender una unidad de producto al consumidor j, del conjunto de consumidores C.

w^j es el costo de esa unidad de agregado vendida al consumidor j.

Cada intermediario debe ofrecer una mayor utilidad a los consumidores, para que su oferta sea aceptada por encima de los demás.

3. PRODUCTORES:

Los productores son los encargados de crear los productos que harán parte del agregado, su principal objetivo es el de maximizar ganancias. Cada productor crea su producto con distintos niveles de calidad, asignándole a cada nivel un precio diferente, de acuerdo al costo que involucra. Un producto de mayor calidad, tendrá un precio mayor que uno de menor calidad. Utilizando lo anterior y la información de costos, los productores definen el precio que cobran a los intermediarios.

La función de utilidad del productor es de la siguiente forma:

$$\Pi_p = \alpha \cdot [\pi(b) - C(b)] + (1 - \alpha)[\pi(m) - C(m)]$$

Donde:

α es la fracción que corresponde a la venta de productos de calidad alta.

$\pi(b)$ es lo que se recibe por todos los productos de calidad alta vendidos.

$C(b)$ es lo que cuestan todos los productos vendidos de calidad alta.

$1-\alpha$ es la fracción que corresponde a la venta de productos de baja calidad.

$\pi(m)$ es lo que se recibe por todos los productos de baja calidad vendidos.

$C(m)$ es lo que cuestan los productos de baja calidad vendidos.

4. PRODUCTOS

En este análisis se trabaja con productos digitales o de información, los cuales tienen como principal característica que sus costos fijos son altos y sus costos variables son bajos, estos últimos asociados a su reproducción.

Los agregados que se crean de estos productos tienen dos características principales: el precio y la calidad. La calidad depende de la mezcla de calidades de los productos que componen el agregado, al igual el precio depende de los precios de estos. Si se tienen dos productos, cada uno con dos niveles de calidad, se pueden formar cuatro tipos de agregados, así:

Tabla 1. Tipos de Agregados

Agregado	Calidad Producto 1	Calidad Producto 2
1	Alta	Alta
2	Alta	Baja
3	Baja	Alta
4	Baja	Baja

VI. MODELOS

1. MODELO SIN INTERMEDIARIOS

El primer modelo incluye solo a productores y consumidores. Es así como cada uno de estos agentes, enfrenta situaciones que lo obligan a tomar decisiones, de acuerdo a lo que definido para el modelo.

Las principales características del modelo son las siguientes:

- Hacer que los consumidores compren de los productores *agregados* de productos, por lo cual compran a un productor de cada tipo de producto.
- Los consumidores tendrán acceso a los precios de los productores, pero a un número limitado de productores.
- Los consumidores pueden decidir un periodo si comprar o no comprar.
- Los productores se clasifican de acuerdo al tipo de producto que crean. Cada tipo de producto se incluye en el agregado.
- El costo de transacción es constante y se incurre en él al averiguar el precio de un productor.
- Los productores incluyen dos niveles de calidad a sus productos, alto y bajo.

Cada productor tiene un producto único e incurre en una estructura de costos variables y fijos. Buscan alcanzar una utilidad objetivo. Al trabajar con productos de información los costos fijos son altos y los variables son bajos. Cada producto tiene dos tipos de calidad: baja y alta estas se diferencian por el precio. Una calidad alta tendrá un precio mayor a una calidad baja. El modelo que se trabaja incluye solo dos productos, por lo cual solo hay dos tipos de productores. Los consumidores son de cuatro tipos de acuerdo a las calidades que forman los agregados, así:

Tabla 2. Tipos de Consumidores

<i>Agregado</i>	<i>Calidad Producto 1</i>	<i>Calidad Producto 2</i>
1	Alta	Alta
2	Alta	Baja
3	Baja	Alta
4	Baja	Baja

Cada consumidor de acuerdo a su tipo será más sofisticado en su búsqueda, lo cual se ve reflejado en el tamaño de la lista de la que escogen el productor al cual le compran. Un consumidor que requiere agregados de tipo 4, tendrá una lista más pequeña que uno que necesita agregados de tipo 1. También un consumidor que requiera una calidad más alta tendrá una cantidad de dinero mayor a su disposición.

Cada periodo el consumidor decide si compra o no de acuerdo a una probabilidad de compra, la cual dependerá del comportamiento de los precios. Si el precio sube con respecto al periodo anterior, el consumidor puede decidir no realizar la compra

Gráficamente el modelo es así, con $n < p$:

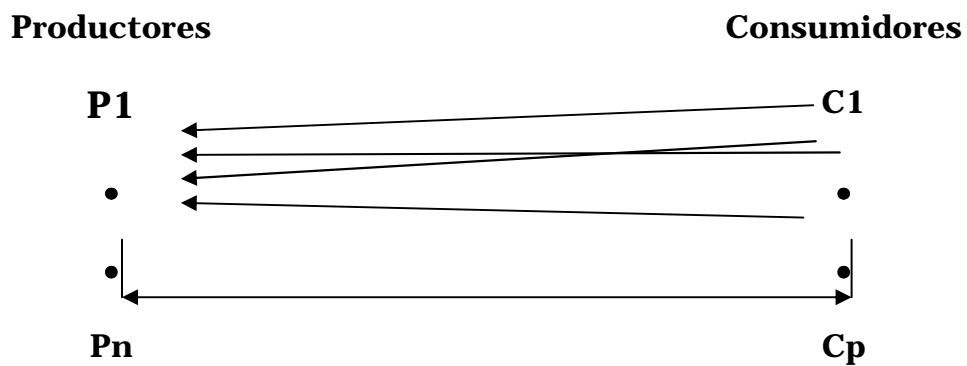


Figura 2. Modelo sin intermediarios

2. MODELO CON INTERMEDIARIOS

Este modelo incluye tres tipos de agentes: productores, consumidores e intermediarios. El proceso comienza con la asignación de los parámetros aleatorios y no aleatorios de los agentes: su tipo, sus recursos y sus necesidades. La definición de los costos y los precios de los productores se hace utilizando una distribución de probabilidad uniforme. Posteriormente se inicia la labor de creación de los agentes. Para definir el precio, los intermediarios llevan a cabo una búsqueda entre una lista de productores y escogen el de menor precio. Cada intermediario ofrece un tipo de agregado, como en la tabla 3:

Tabla 3. Tipos de Intermediarios

<i>Agregado</i>	<i>Calidad Producto 1</i>	<i>Calidad Producto 2</i>
1	Alta	Alta
2	Alta	Baja
3	Baja	Alta
4	Baja	Baja

El precio de los agregados ofrecidos a los consumidores será de acuerdo a su disponibilidad a pagar, al igual que el agregado en si mismo. Hay por lo tanto cuatro tipos de consumidor

Alto, consume agregados de tipo 1.

Medio 1, consume agregados de tipo 2.

Medio 2, consume agregados de tipo 3.

Bajo, consume agregados de tipo 4.

Al final de cada periodo se obtienen valores de: la utilidad de los intermediarios, el precio cobrado y la utilidad de los productores para realizar el análisis una vez finalizada la simulación.

Los productores tienen un comportamiento similar al del modelo sin intermediarios. Crean un tipo de producto y lo ofrecen directamente a los intermediarios. Buscan alcanzar una utilidad objetivo. Incurren en una estructura de costos variables y fijos; al trabajar con productos de información los costos fijos son altos y los variables son bajos. Cada producto tiene dos tipos de calidades que se diferencian una de otra de acuerdo al precio.

Los intermediarios compran de los productores y forman un agregado de acuerdo a su tipo para ofrecerlo a los consumidores. Se diferencian al momento de definir el precio, pues lo hacen mediante una combinación de los precios de los productos que componen el agregado. Su objetivo es obtener una utilidad esperada e incurren en costos fijos y variables.

Los consumidores son de diferente tipo, de acuerdo al tipo de agregado que necesiten. Tienen un capital inicial y conocimiento limitado de los intermediarios. Su estrategia de compra va a estar basada en satisfacer su

necesidad al menor precio. Por lo cual también en este modelo cada periodo pueden decidir si realizar la compra o no, de acuerdo si los precios suben o bajan con respecto al periodo anterior.

El proceso de compra es así en general:

1. Asignación de valores iniciales: costos, capital, necesidades y utilidades objetivo.
2. Los productores de acuerdo a sus costos y utilidad objetivo definen un precio.
3. Los intermediarios crean su agregado y definen el precio de acuerdo a la estructura de costos que poseen y la utilidad que desean.
4. Los consumidores buscan entre las posibilidades a las que tienen acceso y escogen la opción que menor precio les ofrece para satisfacer sus necesidades y le compran a esa opción.
5. Si los precios subieron con respecto al periodo anterior, el consumidor puede decidir no realizar la compra.

Gráficamente el modelo tiene la siguiente forma (Figura 3):

Modelo Objetivo: $n < m \leq p$

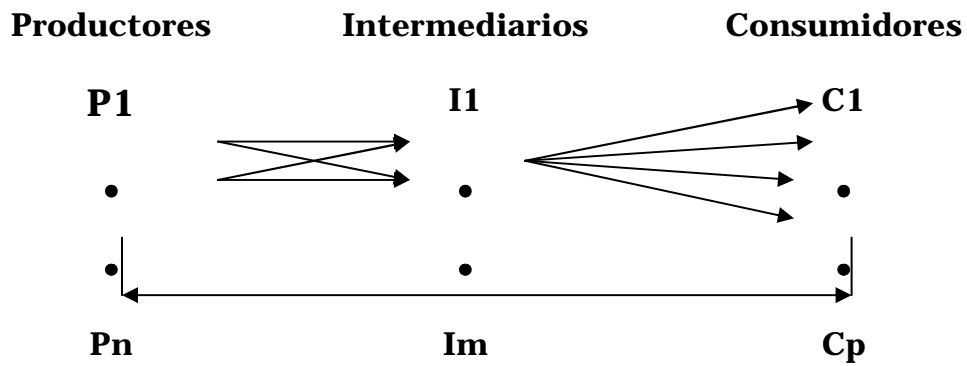


Figura 3. Modelo con intermediarios.

En la gráfica se puede ver que el número de productores y de consumidores es diferente, esto porque el mercado debe ser atractivo para los productores, aunque en Internet la competencia es mayor, aún así es mucho menor que el número de consumidores.

VII. EL ALGORITMO

1. GENERALIDADES DE SDML

SDML es un programa destinado a facilitar el modelaje multiagente de entornos económicos y organizaciones. Puede ser usado para representar, agentes simples o sofisticados de acuerdo a la naturaleza de las relaciones que existen entre ellos. Al ser necesario que los agentes incorporen reglas para determinar su comportamiento, una representación declarativa es útil, pues permite diferenciar entre el comportamiento y su explicación. Por ejemplo, los consumidores comparten entre sí reglas como la de asignación del capital inicial o la regla de compra. SDML permite que la interacción entre los agentes exista a través de comunicación entre ellos, pero manteniendo privacidad en especial con datos que pueden ser claves para competir, o en el caso de los consumidores para obtener un mejor precio.

Una regla en SDML tiene antecedentes y consecuentes. Si los antecedentes son ciertos, entonces los consecuentes también lo son. Los dos consisten de cláusulas que pueden asociarse, desasociarse o negarse en el caso de los antecedentes y asociarse en el caso de los consecuentes. De esta forma, un consumidor en la regla que escoge el menor precio, tendrá en el

anteriormente la búsqueda del precio entre los intermediarios, hasta encontrar el menor. Al encontrarlo, en el consecuente se hará el registro del precio al que comprará ese consumidor y la cantidad comprada.

La principal parte en una cláusula y por lo tanto en una regla son las denominadas definiciones. Estas definiciones son creadas como objetos con una serie de argumentos, los cuales son instanciados¹¹ cuando las reglas se activan. Las definiciones se crean de dos formas, forward-chaining y backward-chaining. La primera forma hace que los resultados de los consecuentes sean declarados en una base de datos, de la cual hay una para cada agente. La segunda forma es importante en procesos en los cuales hay que procesar listas y consiste más de un conjunto de acciones que de una secuencia, esta forma actúa de manera inversa y se ejecuta con una regla interna a la propia definición.

En SDML se trabaja con varios niveles de tiempo; el periodo común a todos los modelos es la eternidad, que es el tiempo durante el cual todas las reglas se activan. Otros periodos de tiempo son creados de acuerdo con las necesidades de programación; por ejemplo, semanas o días. Las reglas que almacenan registro en bases de datos crean una base cada periodo que son ejecutadas.

El algoritmo involucra tres fases principales: inicial, contenido y final. En la fase inicial se definen los parámetros y semillas que usará la simulación para comenzar. En la fase de contenido se ejecutan las reglas de interacción entre los agentes. En la fase final se ejecutan las reglas que permitirán el análisis posterior a la simulación, así como también las reglas que la terminan.

El algoritmo utiliza además tres tipos de variables: iniciales, relacionadas con los parámetros y semillas, de construcción, relacionadas con el funcionamiento del modelo, y de decisión, relacionadas directamente con la interacción de los agentes entre sí y con el entorno. Estas variables permiten descubrir con mayor facilidad comportamientos de aprendizaje y verificar que tan ajustado es el modelo al ambiente económico que se quiere estudiar. El modelo además debe asegurar que los agentes adopten estrategias para desechar información no relevante, al momento de calcular acciones o expectativas¹².

La información de las variables se mantiene en una base de datos pública, encontrada en el ambiente de la simulación es decir, el mercado. La información exclusiva para cada agente puede ser utilizada solo por ese agente, a menos que una regla específica permita lo contrario. Por ejemplo, un consumidor tiene acceso a información sobre el precio de un

¹¹ Instanciados quiere decir que se le da valor a los argumentos que componen la definición.

intermediario pero no sobre sus utilidades. El proceso de actualización por periodo es así(Figura 4):

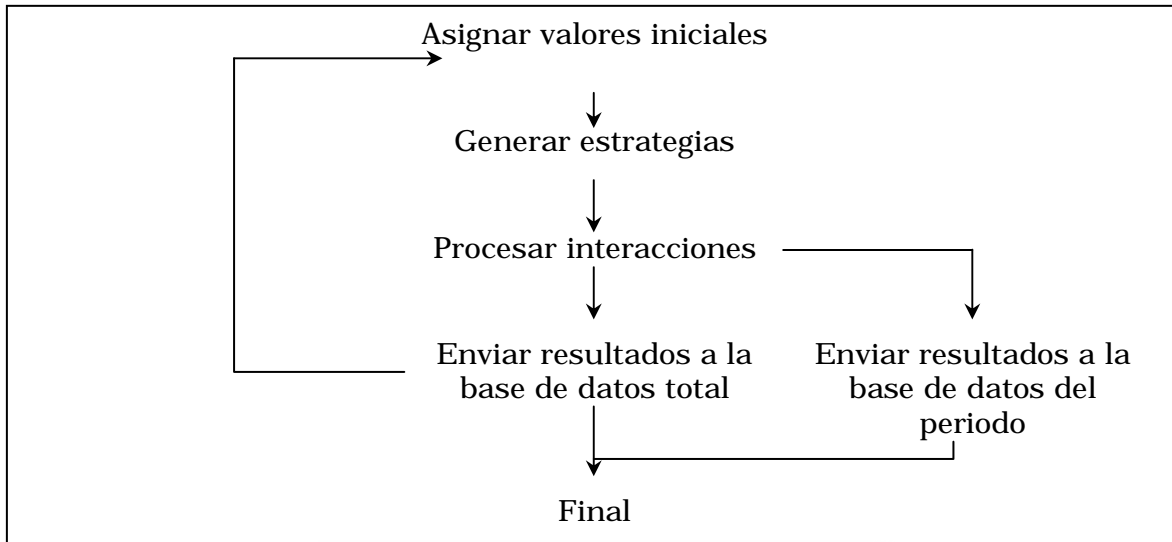


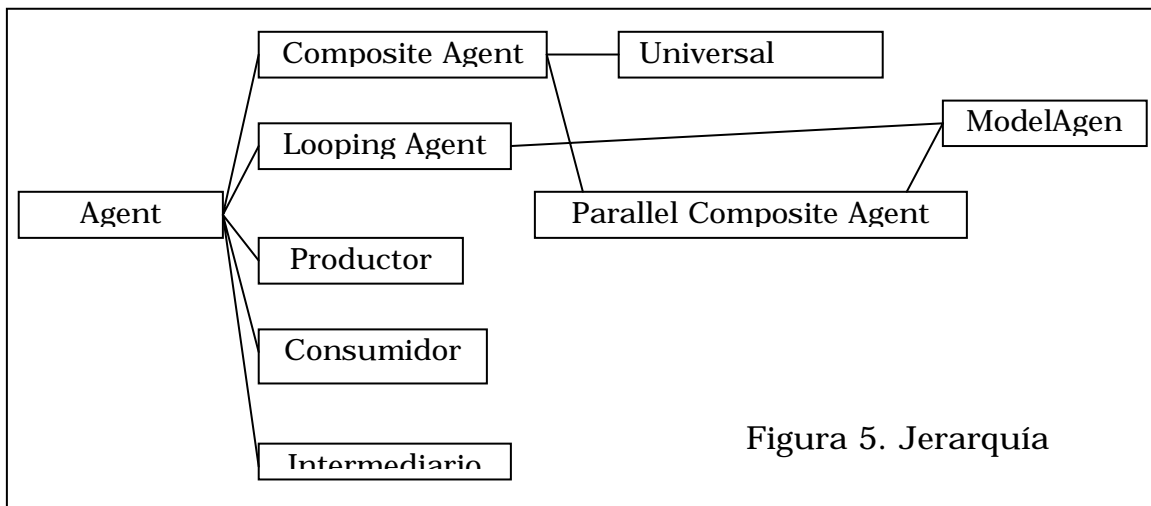
Figura 4. Proceso del algoritmo

En la asignación de valores iniciales los agentes definen necesidades, capital y otros agentes conocidos. En la generación de estrategias el agente ejecuta funciones relacionadas con la interacción; por ejemplo, un consumidor debe escoger cómo va a iniciar la búsqueda y la compra. Al procesar las interacciones el agente toma sus decisiones, que en el caso de un consumidor significa que este compra. Finalmente el algoritmo actualiza las bases de datos y reinicia o termina el proceso, dependiendo en que periodo se encuentra la simulación.

2. PROGRAMACIÓN DE LOS MODELOS

¹² Referencia [16].

Para los modelos se trabajan 5 tipos de agentes. El primero corresponde al universo(*universalAgent*), que incluye las reglas explicitas de SDML. El segundo es un subagente de este universo que se llama modelo. En este agente es donde van a interactuar consumidores, productores e intermediarios y es donde se hará la mayor parte de programación. A los miembros del mercado a analizar se les crea a su vez un tipo de agente con su nombre(Productor, Consumidor e Intermediario), separando unos de otros y obteniendo así los cinco agentes que conforman el modelo de agregación. La jerarquía queda de la siguiente forma:



Estos agentes responderán a una jerarquía propia de SDML, que recibe el nombre de jerarquía de contención¹³, la cual define la forma como van a ser lanzadas las reglas. Dentro de cada tipo agente se puede crear una restricción que incluya dependencia de las reglas del modelo. Esto facilita

el trabajo, porque las reglas solo se hacen una vez y afectarán a los agentes que las tienen como restricción.

Primero serán lanzadas las reglas de la fase inicial del principal y luego las de la fase inicial del subagente. Con las reglas finales irán primero las del subagente, luego las del principal. En este caso el principal sería el universo y el subagente el modelo; los consumidores, productores e intermediarios son subagentes del modelo, pues actúan en él. En la tabla 4 las flechas indican como sería el avance de las reglas durante la simulación.

Tabla 4. Ejecución de reglas

Universo	Inicial	Contenido	Final
Modelo	Inicial	Contenido	Final ↑
Productores	Inicial	Contenido	Final
Consumidores	Inicial	Contenido	Final
Intermediarios	Inicial	Contenido	Final →

Se trabaja con tres espacios de tiempo: eternidad, semana e iteración; cada semana los agentes realizan transacciones; en cada iteración se organiza la ejecución de las reglas.

¹³ Del inglés containment.

3. MODELO SIN INTERMEDIARIOS

Para este modelo solo se trabaja con agentes del tipo consumidor y del tipo productor. Por lo tanto, existen tres agentes en los que se hace programación: Modelo, Consumidor y Productor. Cada uno de estos agentes tienen definiciones en común lo cual facilita la interacción. Las bases de datos son privadas y solo serán conocidas por los demás agentes de acuerdo con la necesidad de información que exija una transacción. Por ejemplo, los consumidores necesitarán acceso al precio para la compra, pero no a los costos de los productores.

Hay tres periodos de tiempo. El primero es la eternidad; las reglas ejecutadas en este periodo se mantienen durante toda la simulación. Los otros dos periodos de tiempo(semana e iteración) se activan y se declaran con un tiempo inicial de uno¹⁴.

En el agente Productor se trabajan las reglas de acuerdo con el periodo de tiempo. En la fase inicial de iteración, se definen las reglas de precio inicial de cada productor, para cada una de las calidades y el tipo del productor. El precio inicial se define utilizando el valor aleatorio de la utilidad objetivo por el costo marginal:

¹⁴ Esto porque no existe semana cero. Por tanto se empieza desde la semana 1. Lo mismo para iteración.

$$\text{precio} = k * \text{costoMarginal}$$

Al precio de la calidad más alta se le suma un porcentaje menor al 100% del costo marginal, esto porque al productor le cuesta más producir esta calidad. El tipo del productor se asigna de una forma aleatoria, entre uno y dos, pues solo hay dos productos en este caso.

Para semanas posteriores se define la regla para cambiar de precio. Cada productor crea un indicador de precio, tomando datos de precio de otro productor. Si en comparación, los resultados del competidor son mejores el productor decide si aumenta o disminuye el precio acercándolo a su competidor. Si, por el contrario son peores, el productor toma la decisión de alejar su precio del precio del otro productor. Es un proceso de aprendizaje, en el cual un productor para tomar la decisión de definir el precio, toma la experiencia de otro productor para hacer una comparación y hacer que su precio sea más competitivo.

En la parte final del periodo de iteración, se definen reglas para actualizar el capital y la utilidad. La utilidad se actualiza de la siguiente forma:

$$\Pi_p = \alpha \cdot [I(b) - C(b)] + (1 - \alpha)[I(m) - C(m)]$$

Donde:

α es la fracción que corresponde a la venta de productos de calidad alta.

$I(b)$ es el ingreso recibido por todos los productos de calidad alta vendidos.

$C(b)$ es el costo de todos los productos vendidos de calidad alta.

$1-\alpha$ es la fracción que corresponde a la venta de productos de baja calidad.

$I(m)$ es lo que se recibe por todos los productos de baja calidad vendidos.

$C(m)$ es lo que cuestan los productos de baja calidad vendidos.

El capital se actualiza así(siendo i una semana determinada):

$$capital_i = capital_{i-1} + utilidad_{i-1}$$

En el agente Modelo, en la fase inicial de cada semana se crean los consumidores y se definen los parámetros que necesitará el modelo para funcionar. Estos son: el número de productores y consumidores, el número de semanas, los rangos de costo fijo y marginal, el costo de transacción y el rango de capital.

En cuanto a los productores en la fase inicial de iteración se definen el capital inicial y los costos. Esto se hace con valores tomados de una distribución uniforme. La función para estos valores es la siguiente:

$$valor = aleatorio * (máximo - mínimo) + mínimo$$

donde los valores “mínimo” y “máximo” vienen del rango definido en los parámetros para ese valor determinado.

En la fase de contenido se ejecuta la regla para finalizar el periodo de iteración. En la fase inicial de iteración, se ejecuta la regla que mantiene en el siguiente periodo a los productores, que obtuvieron una utilidad positiva el periodo anterior, la regla de supervivencia. De esta forma:

$$\sum_{t=1}^T \pi_t^i < 0, i \in P^{15},$$

si el productor cierra su actividad, no participa más en la lista de la que eligen los consumidores.

En Consumidor, en la fase inicial de iteración se le asigna el dinero y la necesidad de agregados a los consumidores, esto se hace de manera aleatoria, similar a como se le asigna el capital y los costos a los productores. En la fase de contenido se les asigna un tipo, haciendo que cada consumidor requiera una agregado determinado y realice su búsqueda únicamente entre los productores, que ofrezcan la calidad y el producto que lo conforman..

En la función de compra los consumidores primero definen de manera aleatoria, cuantos productores incluirán en su lista de búsqueda del total de productores. Este número se encontrará entre un mínimo de dos y un máximo determinado por el tipo del consumidor. El número de

¹⁵ Siendo t una semana dada. P es el conjunto de productores.

productores visitados es determinado por una distribución de probabilidad uniforme en el rango mencionado.

Una vez escogido el número de productores a incluir en la lista, el consumidor escoge el de menor precio, claro está de acuerdo a su tipo. Finalmente, en la regla se realiza la compra, se envía a cada productor el total de la venta y se realiza el cálculo del total del costo de transacción. Este último se calcula multiplicando un valor constante por el total de productores visitados, así:

$$\text{costoTransacción} = k \cdot \text{total Productores Visitados}$$

donde k es el costo de realizar una visita, el cual es constante.

El consumidor decide cada periodo si comprar o no, dependiendo de una probabilidad de distribución uniforme entre 0 y 1. Cuando el valor sea cercano a uno, el consumidor tendrá menos probabilidad de compra; si es cercana a cero tendrá mayor probabilidad de compra. Si el precio promedio, del agregado que el consumidor requiere, en la semana anterior es mayor que la suma de los menores precios encontrados en los mejores productores de sus listas, el consumidor disminuye su probabilidad de compra. Si por el contrario ese precio promedio es menor que la suma aumenta su probabilidad de compra.

Las reglas que permiten recoger la información de las bases de datos en gráficas se ejecutan una vez ha terminado la simulación. La función de costos de transacción, que suma el total de costos de transacción de los consumidores cada periodo es así:

$$CTA = \sum_{i=1}^n CT_i$$

donde CTA es el costo de transacción agregado y CT_i, es el costo de transacción para el consumidor i, de un total de n consumidores

La función que calcula la utilidad permite ver como se comportó cada periodo. Siendo t una semana en el horizonte de tiempo, el agregado de utilidad es la suma de las utilidades de cada productor en ese periodo, así:

$$\Pi_t = \sum_{i=1}^m \pi_i^t, i \in P$$

16

donde π_i , es la utilidad del productor i, y t es un periodo de tiempo.

La función para el promedio de los precios de cada uno de los agregados formados por los productos, es de la siguiente forma:

¹⁶ P es el conjunto de productores.

$$PPA_i = \frac{\sum_{i=1}^{m1} P_{i,1}^j}{m1} + \frac{\sum_{i=1}^{m2} P_{i,2}^{j'}}{m2}$$

donde PPA_i, es el precio para el agregado i, el cual está conformado por las calidades j y j'. El total de productores del tipo 1 es m1, del tipo 2 es m2. El término P es el precio para el producto de tipo 1 o 2, con la calidad j o j' para el productor i.

A continuación se presenta un resumen de los supuestos del modelo:

- Se trabaja con tres periodos de tiempo determinados, uno es la semana, en la cual ocurre todo el proceso de interacción de los agentes. Otro es iteración, el cual permite separar la función de compra en el proceso de la simulación.
- Los consumidores se crean al principio de cada semana pero no se mantienen durante más periodos de tiempo, lo cual hace que su número sea constante cada semana.
- Los productores se crean al principio de la simulación pero se mantienen durante los diferentes periodos de tiempo, si tienen una utilidad mayor que cero, por lo cual su número puede cambiar cada semana.

- A cada productor se le asignan usando una distribución uniforme: los costos fijos y marginales, la utilidad objetivo con la cual se define el precio inicial y el capital inicial.
- A cada consumidor al principio de la semana, se le asignan de manera aleatoria: el capital para la compra y la cantidad necesitada de agregado. Dado ese agregado define que calidad de cada producto requiere.
- Se trabaja con dos tipos de producto y cada producto tiene dos calidades. Para hacer la diferencia, a cada productor se le asigna un tipo de producto y se le asignan dos precios, uno para la calidad alta y otro para la calidad baja.
- Para la compra, cada consumidor crea una lista aleatoria de productores y escoge un número determinado de ellos. Ese número depende del tipo del consumidor. Un consumidor dispuesto a pagar más puede tener una cantidad mayor en su lista de elección. El consumidor escoge el productor que ofrece el menor precio de esa lista y le compra. Lo hace para cada tipo de producto.
- Los costos de transacción se contabilizan, como el número de productores visitados multiplicado por una constante definida al principio de la simulación.
- Al final de la semana, se actualiza el capital de los productores de acuerdo a lo que vendieron y gastaron. También se obtiene un total de los costos de transacción.

- Cada semana si un productor obtiene una utilidad mayor a cero continua en el mercado, de lo contrario no se cuenta en los demás periodos. Los productores que se mantienen realizan un cambio de precio, al compararse con otro productor. Cada productor puede aumentar o disminuir su precio al compararlo con el precio de otro productor.
- No se trabaja con faltantes, de forma que los productores siempre tienen productos a su disposición para ofrecer.

4. MODELO CON INTERMEDIARIOS

En este modelo se trabaja con cuatro tipos de agentes: Productor, Consumidor, Intermediario y Modelo. Como en el caso anterior, en el agente Modelo es donde se ejecutan, funciones relacionadas directamente con la interacción de los agentes.

Este modelo se basa en el modelo sin intermediarios, ya que lo que se quiere es realizar una comparación de eficiencia de los dos tipos de mercado. Por lo tanto, la relación de compra entre los intermediarios con los productores, no cambia con respecto a la relación de compra que tenían en el modelo anterior los consumidores y productores.

Existen cuatro tipos de intermediarios de acuerdo con la combinación de calidades¹⁷. Los consumidores recurren a los intermediarios para realizar la compra del agregado que necesitan por lo tanto de consumidores hay cuatro tipos, uno por cada tipo de agregado.

La diferencia principal con respecto al modelo anterior además de la aparición del intermediario, es que el costo de transacción en el que incurre el consumidor por visitar a uno de los intermediarios, corresponde a un valor menor del que incurría en el modelo sin intermediarios.

En el agente Modelo, en la fase inicial de la semana, se crean los consumidores y se define el número de productores, consumidores e intermediarios que interactuarán de manera inicial en el mercado. En la fase inicial de iteración, se crean los productores y se les asigna el capital inicial y los costos. También se crean los intermediarios. En la fase de contenido se define la regla que finaliza el periodo iteración. En la fase final de iteración, se ejecuta la regla que termina con el periodo semana.

En el agente Productor en la fase inicial de iteración, se ejecutan las funciones que definen el precio inicial de las dos calidades del producto, baja y alta. También se define el tipo del productor, entre las dos opciones de tipo de producto. En la fase final de iteración, se definen las reglas de

¹⁷ Ver tabla 1. Tipos de agregados.

actualización del capital y la utilidad, estas siguen las mismas funciones del modelo sin intermediarios.

En el agente Intermediario en la fase inicial de iteración, se ejecutan reglas de asignación de tipo, con lo cual se sabe que tipo de agregado ofrecerá, se asigna el capital inicial y los requerimientos que se incluyen como un valor aleatorio. En la fase de contenido se ejecuta la regla de compra, en la cual cada intermediario escoge los productores con los cuales forma su agregado y por lo tanto define el precio que tiene su agregado. Siendo t una semana determinada, el precio del intermediario i para esa semana es:

$$precio_i^t = \sigma \cdot \left[\min(precio_j^{c_j}) + \min(precio_k^{c_k}) \right]$$

donde los subíndices j y k corresponden a los dos tipos de productores que hacen parte del agregado ofrecido por el intermediario, y los superíndices c_j y c_k , corresponden a la calidad de ese producto en el agregado. La constante σ es un porcentaje de más que cobra el intermediario como ganancia sobre la venta.

En la fase final van funciones de análisis incluyendo la actualización del capital de la siguiente forma, para una semana i determinada:

$$capital_i = capital_{i-1} + \pi_{i-1}$$

También la actualización de la utilidad del intermediario dada por:

$$\Pi_I = \sum_{j \in C} [\pi(e^j) - w^j]$$

Donde:

$\pi(e^j)$ esta relacionado con la ganancia de vender una unidad de producto al consumidor j , del conjunto de consumidores C .

w_j es el costo de esa unidad de agregado vendida al consumidor j .

En el agente Consumidor en la fase inicial de iteración se asigna el dinero inicial y la necesidad de agregados. En la fase de contenido a cada consumidor se le asigna un tipo, el cual determina que tipo de agregado requerirá. Se ejecuta la función de compra, donde los consumidores escogen el mejor intermediario de su tipo de acuerdo con el menor precio. Primero definen de manera aleatoria cuántos intermediarios incluirán en su lista de búsqueda. Este número se encontrará entre un mínimo de dos y un máximo determinado por el tipo del consumidor. El número de intermediarios visitados es determinado por una distribución de probabilidad uniforme en el rango anterior.

El consumidor decide cada periodo si comprar o no, dependiendo de una probabilidad de distribución uniforme entre 0 y 1. Cuando el valor sea cercano a uno, el consumidor tendrá menos probabilidad de compra; si es cercana a cero tendrá mayor probabilidad de compra. Si el precio

promedio, del agregado que el consumidor requiere, en la semana anterior es mayor que el menor precio de su lista, el consumidor disminuye su probabilidad de compra. Si por el contrario ese precio promedio es menor que el de su lista el aumenta su probabilidad de compra.

Para crear las gráficas con las que se realiza el análisis, se ejecutan reglas como la de costos de transacción al final de la simulación. Esta regla suma el total de costos de transacción de los consumidores cada periodo, de la siguiente forma:

$$CTAF = \sum_{i=1}^n CTA_i$$

donde CTAF es el costo de transacción agregado y CTA_i, es el costo de transacción para el consumidor i, de un total de n consumidores. Esta regla es similar la que se usa en los intermediarios.

Para la utilidad de los intermediarios y de los productores se hace que, siendo t una semana en el horizonte de tiempo, el agregado de utilidad es la suma de las utilidades de cada productor o intermediario:

$$\Pi_t = \sum_{i=1}^m \pi_i^t$$

donde π_i , es la utilidad del productor o intermediario i.

Cabe aclarar que los intermediarios y productores a los que se le toma el valor es a aquellos que están activos en ese periodo, es decir, que su utilidad es mayor que cero¹⁸.

La regla para graficar el promedio de los precios de cada uno de los agregados formados por los productos, tiene la siguiente forma:

$$PPA_i = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} P_{i,j}}{\sum_{i=1}^{m-1} i}$$

donde PPA_i , es el precio promedio del agregado i , el cual está conformado por la calidad j . El total de intermediarios del tipo j es $m-1$. El término P es el precio para el agregado con la calidad j , del intermediario i .

A continuación un resumen de los supuestos del modelo:

- Los intermediarios se crean al comienzo de la simulación y solo se mantienen durante el transcurso de ella si obtienen una utilidad positiva.
- Cada intermediario ejecuta una función para determinar el precio, similar a la función de compra de los consumidores del modelo sin intermediarios, en ella no compran, solo determinan el precio de su agregado sumando los precios de los productos y multiplicándolo por un factor de ganancia.

¹⁸ M es el conjunto de intermediarios o productores, depende el caso.

- Los consumidores son creados al comienzo de cada semana y se les asigna una necesidad, un capital y un tipo.
- El proceso de compra primero involucra a los consumidores quienes de una lista aleatoria de intermediarios, escogen el que les ofrece el menor precio del agregado que necesitan, no compran de dos sino solo de uno. Luego cada intermediario compra a los productores que determinó que definirían su precio y se calculan los costos de transacción.
- Los costos de transacción, se calculan como la suma del total de intermediarios visitados por el consumidor y el total de productores visitados por el intermediario, multiplicado por una constante, menor que la del otro modelo.
- Se mantienen los supuestos del modelo sin intermediarios excepto por los que contradigan alguno de los anteriores.

VIII. RESULTADOS

En este trabajo se realizaron dos experimentos: el primero es con el modelo sin intermediarios y el segundo es con el modelo con intermediarios; esto con el objeto de realizar la comparación en cuanto a costos de transacción, utilidad y precios de los agregados entre los dos mercados. De cada uno de los experimentos se corrieron dos réplicas con semillas diferentes. En la primera réplica, las semillas son valores similares a los usados por los creadores de SDML para describir sus agentes y corresponden a valores pequeños. En la segunda réplica, algunos valores semilla están basados en datos publicados en “The Internet Economy Indicators”¹⁹, específicamente los relacionados con utilidad. Se tomaron los datos de lo que ellos describen como capa 3. En esta capa están los intermediarios de Internet e incluye los agregadores de contenido, portales de contenido, agentes de bolsa en línea, entre otros. Incluyen empresas como Yahoo, ZDNet, CommerceOne y DoubleClick.

1. PRIMERA REPLICA

En la tabla 5 se muestra la descripción de las semillas en los dos experimentos:

¹⁹ www.internetindicators.com

TABLA 5. PARAMETROS PRIMERA REPLICA

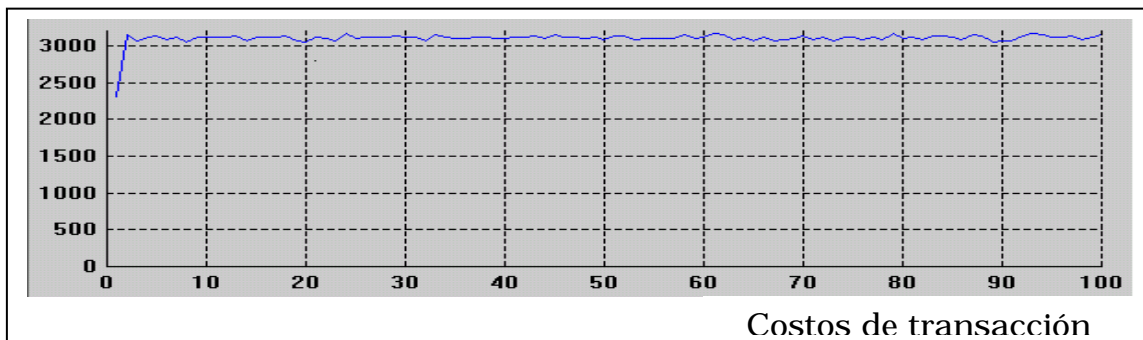
PARAMETRO	EXPERIMENTO 1	EXPERIMENTO 2
Número de productores.	50	25
Número de consumidores.	200	200
Número de semanas.	100	100
Rango para el capital	300 a 500	300 a 500
Proporción de aumento de precio	1.2	1.2
Proporción de disminución de precio	0.8	0.8
Rango de utilidad objetivo	300 a 500	300 a 500
Rango costo marginal productor	3 a 5	3 a 5
Rango costo fijo productor	150 a 200	150 a 200
%de diferencia en el precio entre calidades	10%	10%
Rango de dinero del consumidor	300 a 500	300 a 500
Rango necesidades del consumidor	15 a 25	15 a 25
Costo básico de la transacción	2	1
Rango tipo de productor	1 a 2	1 a 2
Rango tipo de consumidor	1 a 4	1 a 4
Número de intermediarios	**	50
Rango costo fijo intermediario	**	150 a 200
Rango tipo intermediario	**	1 a 4
Tamaño de lista de visitas del intermediario	**	2 a 4

El tamaño de la lista de elección de los consumidores trabaja con los rangos mostrados en la siguiente tabla:

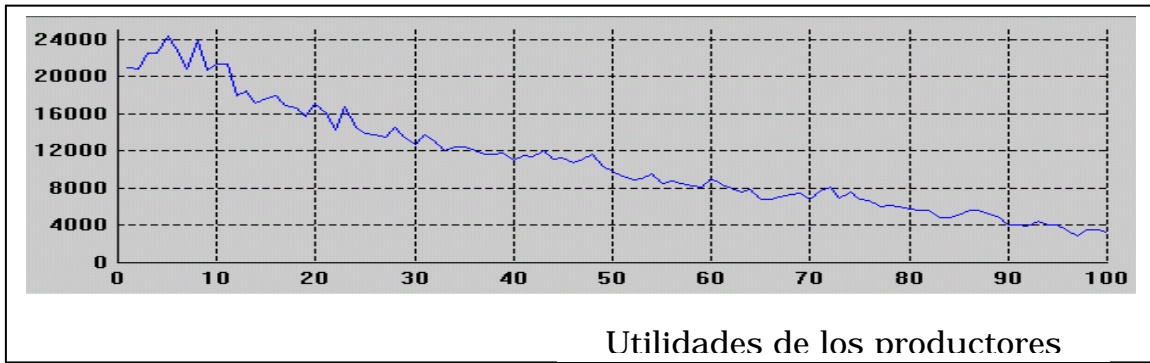
CONSUMIDOR	INFERIOR	SUPERIOR
1	2	4
2	2	5
3	2	6
4	2	7

Para el primer experimento es decir el modelo sin intermediarios se analizaron seis variables. Estas son: los costos de transacción, las utilidades de los productores y los precios promedio de los agregados(Son cuatro agregados).

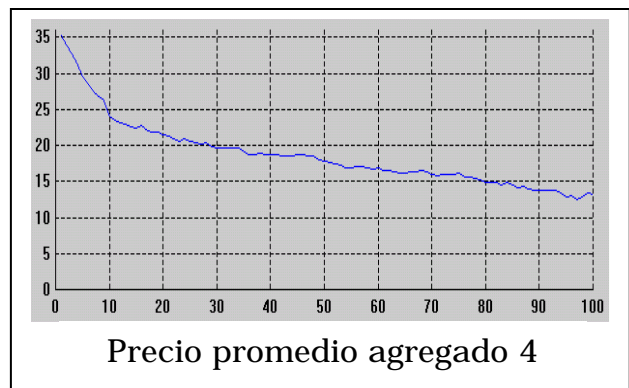
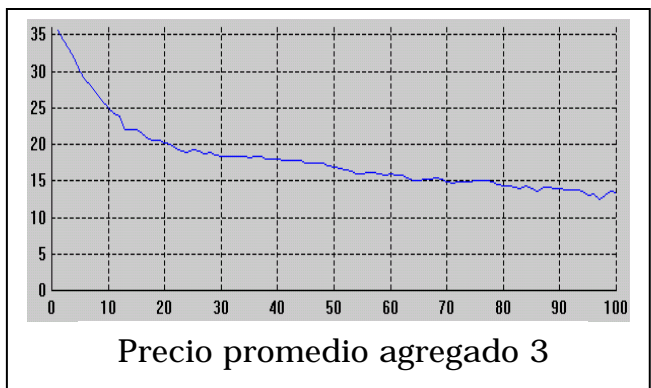
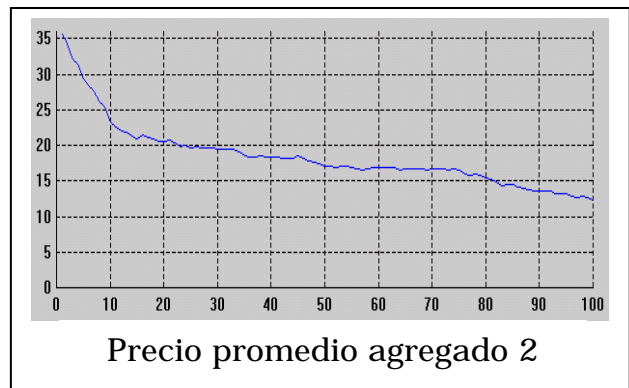
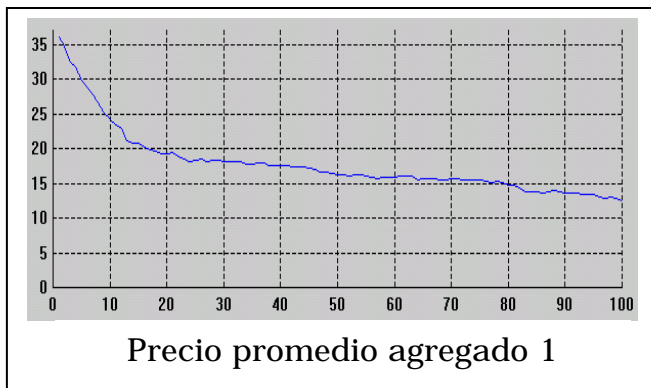
La gráfica de los costos de transacción, muestra que el promedio de productores visitados es de 3 en la primera semana pero después se estabiliza en 3.75. Esto se calcula dividiendo el número de la gráfica por el total de consumidores, el costo constante y el total de tipos de productores.



En cuanto a las utilidades de los productores, el agregado muestra una caída a través del tiempo. En un principio son bastante altas por el precio al que se venden los agregados, a medida que avanza la simulación el número de productores se reduce así como las utilidades. Al final de la simulación quedan 12 productores.

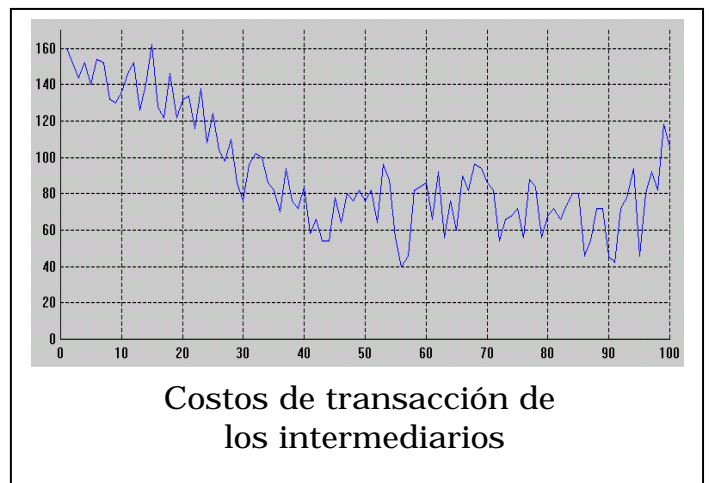
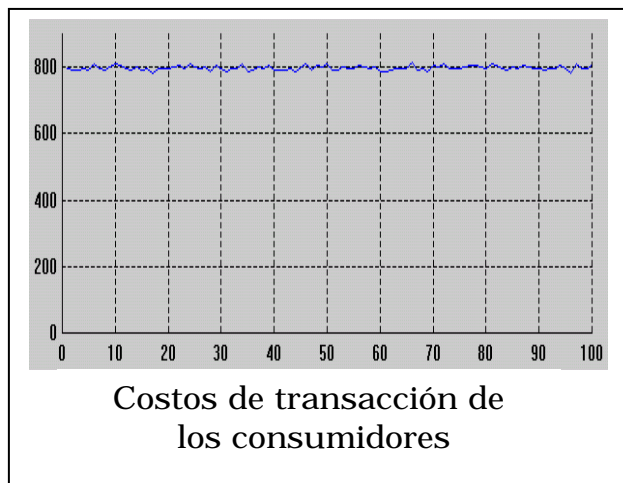


En las gráficas de precios promedio de los agregados se observa una baja con respecto al primer periodo, la diferencia entre las calidades no es muy alta pero el agregado más alto mantiene en su precio un pequeño margen que lo hace mayor al de los otros. Los agregados 2 y 3 no tienen un comportamiento claro de cual es más alto.



En el segundo experimento, es decir el modelo con intermediarios en el análisis se tienen en cuenta ocho variables, agregando a las analizadas anteriormente, los costos de transacción de los intermediarios y sus utilidades. En la gráfica de costos de transacción de los consumidores se observa que en promedio tienen 4 visitados durante toda la simulación, ya que el valor siempre está cercano a 800²⁰.

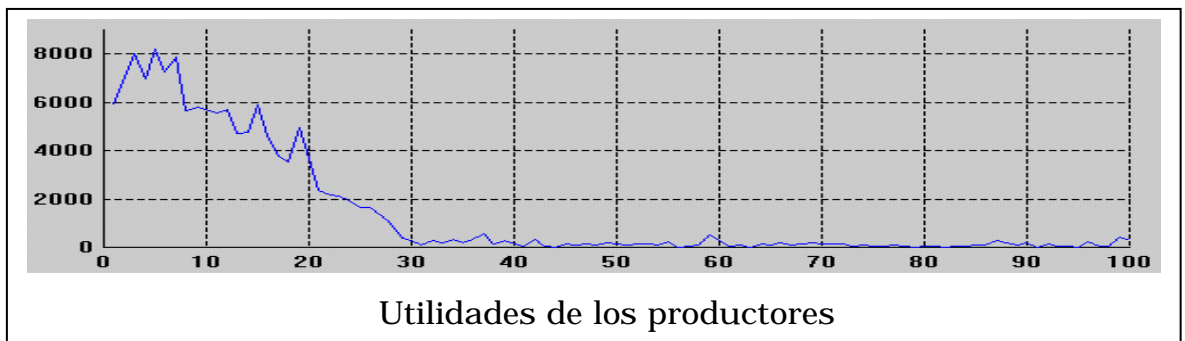
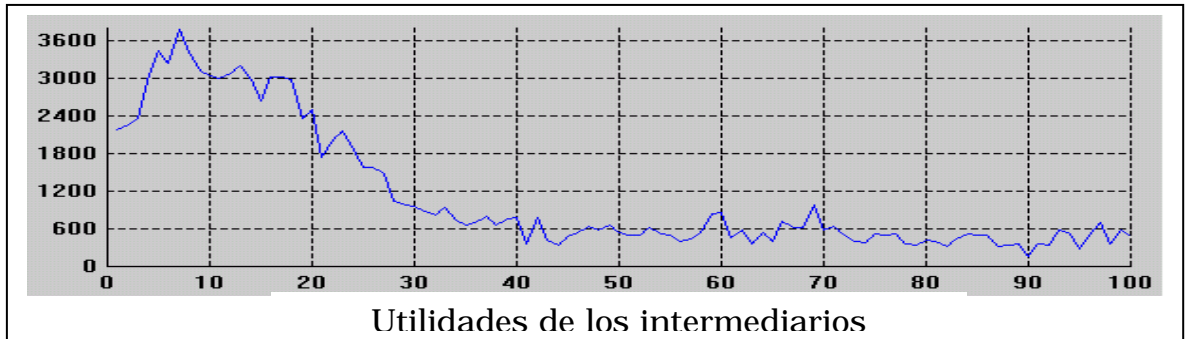
Por su parte los intermediarios muestran un comportamiento en sus visitas que se alterna entre los cuatro valores. En agregado el valor del costo de transacción es menor en este experimento con respecto al valor obtenido en el modelo sin intermediarios.



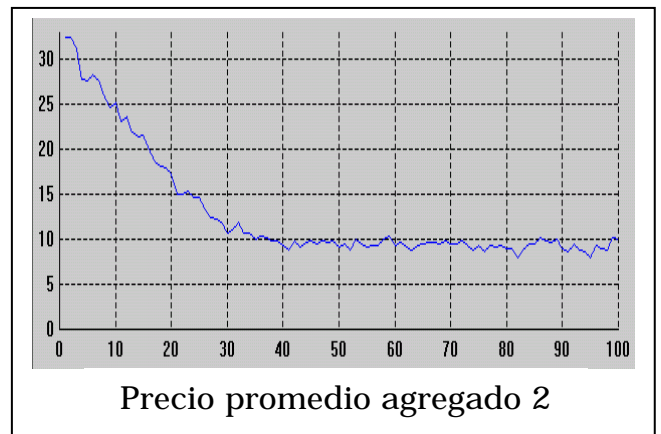
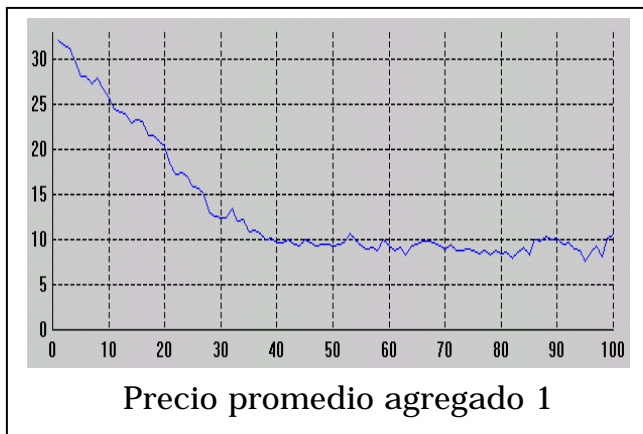
Las utilidades muestran un comportamiento diferente tanto en productores como en intermediarios. Mientras los intermediarios mantienen una utilidad positiva, los productores que sobreviven mantienen una utilidad baja, cercana a 0 pues solo recuperan lo necesario para superar los costos

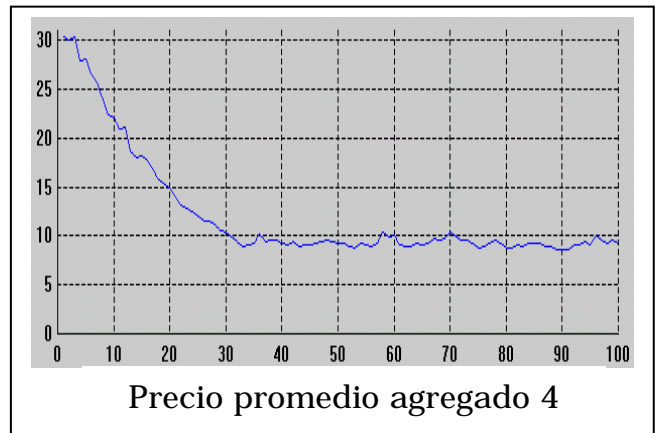
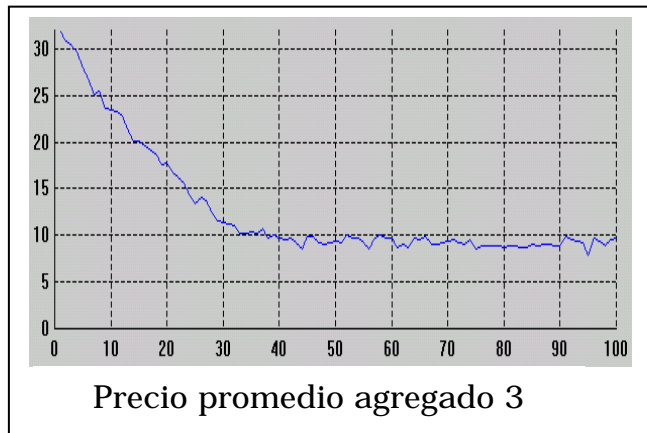
²⁰ Se calcula dividiendo 800 por el número de intermediarios .

fijos. Al final quedan cuatro productores, dos de cada tipo y trece intermediarios.



Los precios promedio de los agregados muestran una caída a través de la simulación. En comparación al primer experimento el valor alcanzado es menor, llegando casi al costo marginal. La diferencia entre los precios de los agregados no es muy significativa.





Las siguientes conclusiones surgen de la comparación de los dos modelos:

- Los costos de transacción son menores en el modelo con intermediarios que en el modelo sin intermediarios.
- En los dos experimentos, el mercado lleva a una baja en los precios hasta llegar a un valor estable. En el experimento con intermediarios esa baja es mucho más significativa que en el experimento sin intermediarios. El precio promedio para cada agregado es menor en el modelo con intermediarios.
- Las utilidades en el primer experimento se mantienen altas y varios productores sobreviven. En cambio, en el segundo experimento hay una competencia más agresiva. El valor de las utilidades se acerca al logrado al definir el precio cercano al costo marginal, y el número de productores se redujo a un monopolio para cada tipo de producto.

- El modelo con intermediarios es más beneficioso para los consumidores y el modelo sin intermediarios es más beneficioso para los productores.

2. SEGUNDA REPLICA

La siguiente tabla resume los datos usados como parámetros en la simulación:

TABLA 6. PARÁMETROS SEGUNDA REPLICA

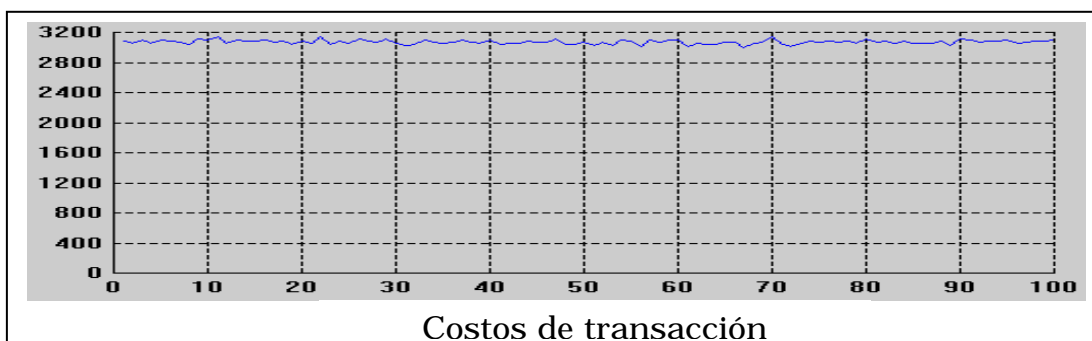
PARAMETRO	EXPERIMENTO 1	EXPERIMENTO 2
Número de productores.	50	25
Número de consumidores.	200	200
Número de semanas.	100	100
Rango para el capital	40000 a 60000	300 a 500
Proporción de aumento de precio	1.25	1.25
Proporción de disminución de precio	0.85	0.85
Rango de utilidad objetivo	27000 a 37000	27000 a 37000
Rango costo marginal productor	300 a 500	300 a 500
Rango costo fijo productor	17000 a 23000	17000 a 23000
Rango de dinero del consumidor	30000 a 50000	30000 a 50000
Rango necesidades del consumidor	5 a 15	5 a 15
Costo básico de la transacción	2	1
Rango tipo de productor	1 a 2	1 a 2
Rango tipo de consumidor	1 a 4	1 a 4
Número de intermediarios	**	50
Rango costo fijo intermediario	**	17000 a 23000
Rango tipo intermediario	**	1 a 4
Tamaño de lista de visitas del intermediario	**	2 a 4

El tamaño de la lista de elección de los consumidores trabaja con los rangos mostrados en la siguiente tabla:

CONSUMIDOR	INFERIOR	SUPERIOR
1	2	4
2	2	5
3	2	6
4	2	7

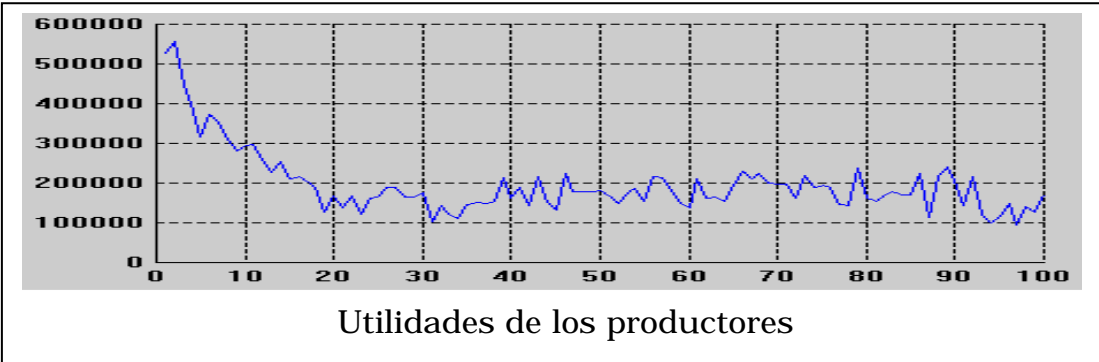
Debido al cambio en las semillas los precios iniciales se definen con respecto al costo marginal . Es así, como el producto de calidad baja usa para el precio inicial 2.5 veces el costo marginal y para los de calidad alta 3.5 veces.

En cuanto al experimento relacionado al modelo sin intermediarios se obtuvo los siguiente. Los costos de transacción de los consumidores, muestran que el promedio de visitas está entre tres y cuatro productores, lo cual se mantiene durante la simulación.

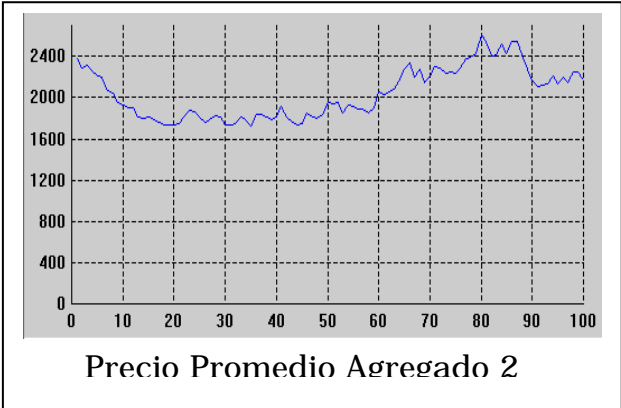
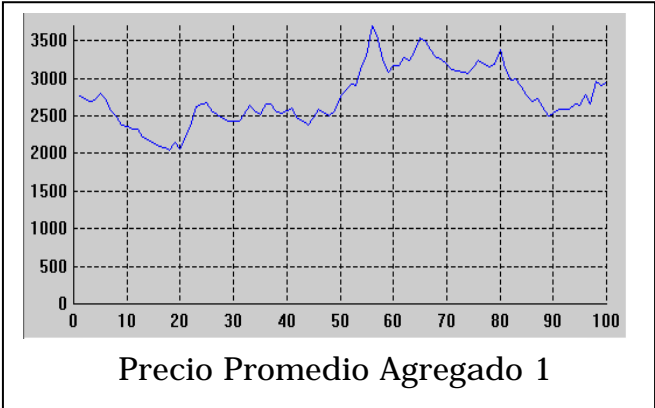


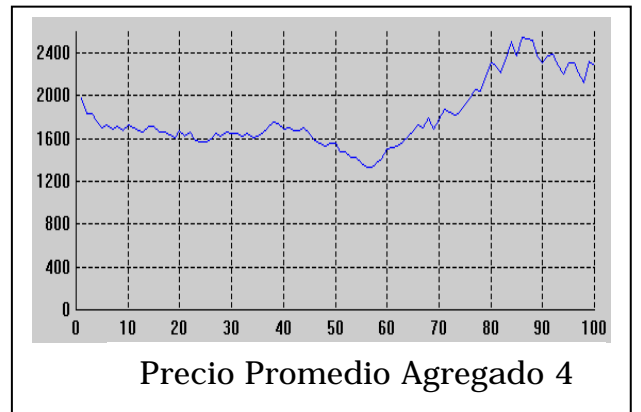
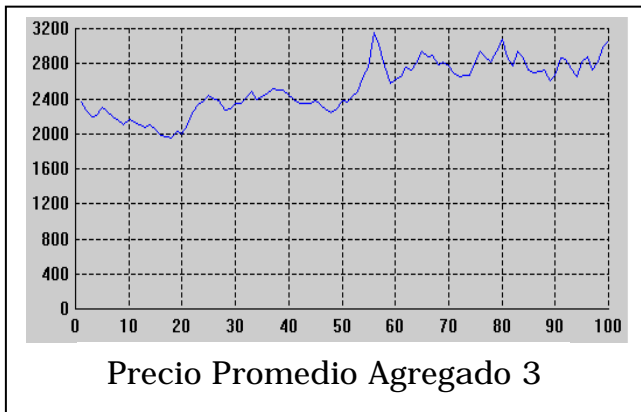
En cuanto a las utilidades se presenta una baja durante los primeros periodos, debido principalmente a la competencia entre los productores.

Después de la semana 30, se presenta una estabilización de las utilidades, dejando al final de la simulación un total de siete productores.

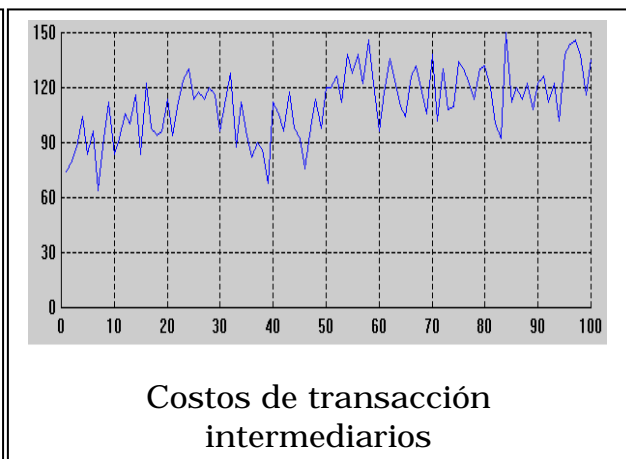
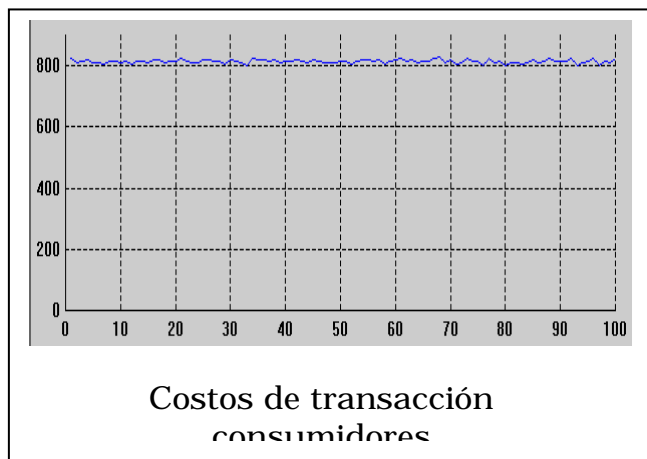


Los precios promedio al contrario de lo que pasó en la primera réplica no muestran una caída, al contrario parecen aumentar a medida que avanza la simulación. La diferencia entre los precios de los agregados se hace más evidente. El agregado 1 que es el de mejor calidad obtiene el mayor precio promedio, le sigue el agregado 3 por lo cual se puede afirmar que el mayor valor lo asigna el producto de tipo 1 en calidad alta. El agregado de calidad baja muestra el menor precio de los cuatro.



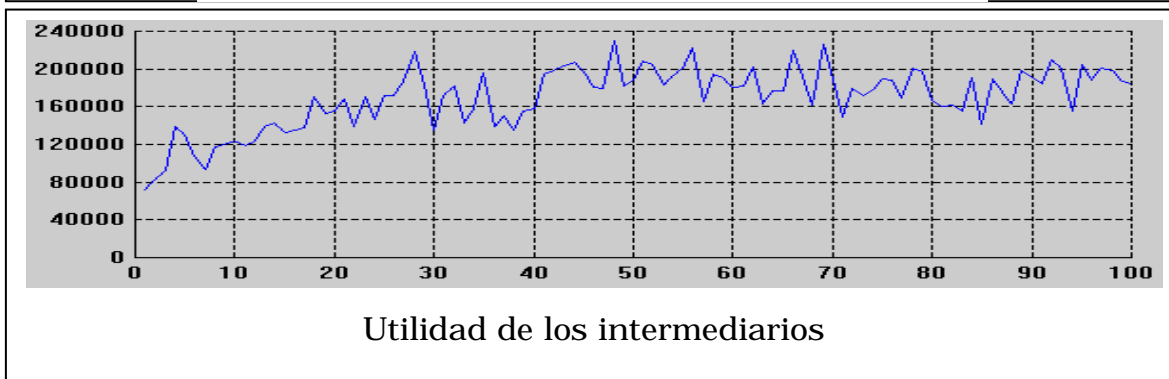
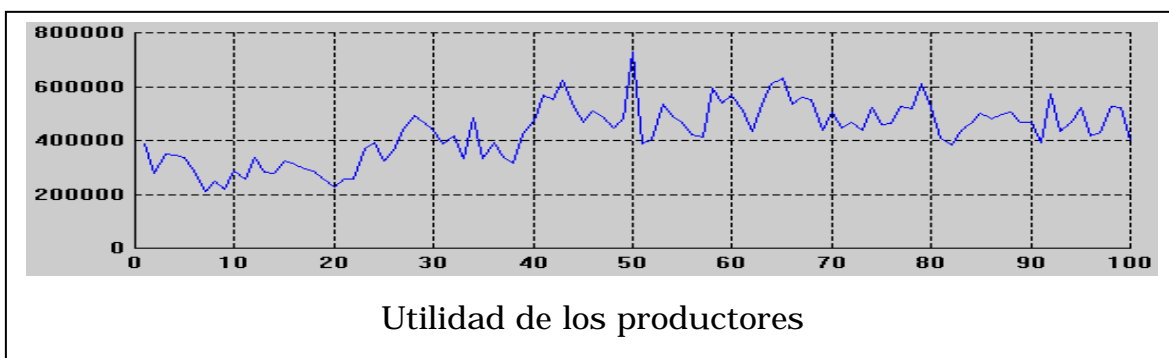


Para la segunda réplica del experimento con el modelo con intermediarios se obtuvo que en los costos de transacción, las visitas promedio de los consumidores es de cuatro intermediarios, lo cual se mantiene durante toda la simulación pues el valor es cercano a 800 siempre. En cambio los intermediarios alternan el número de productores visitados entre todas las posibilidades. Resultados similares a los de la primera réplica. En este caso los costos de transacción totales son menores que en el experimento sin intermediarios.

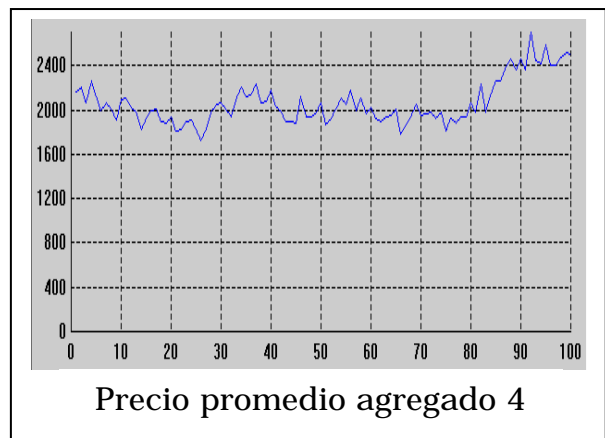
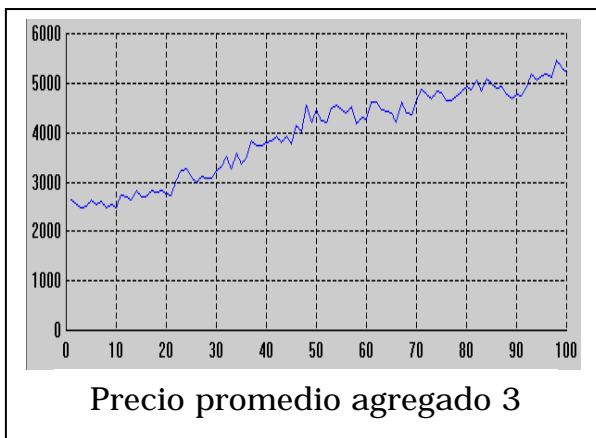
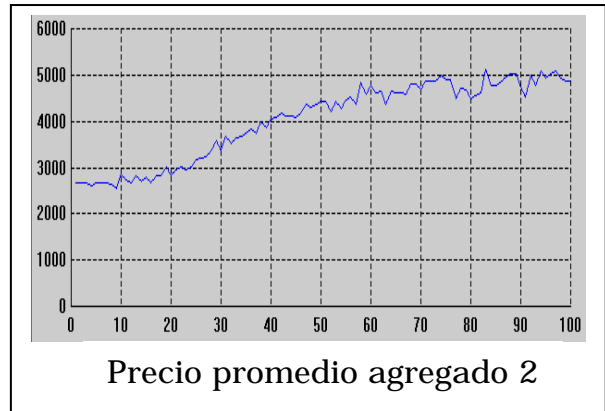
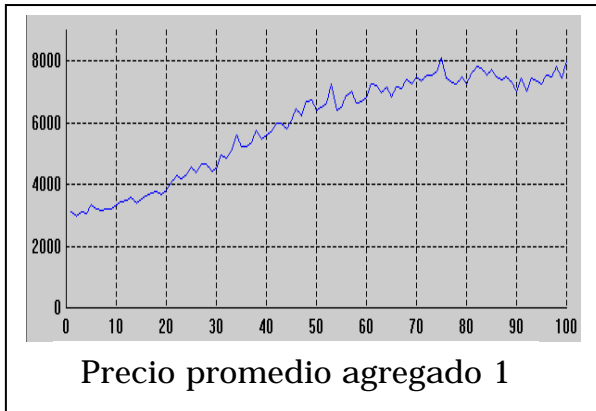


Las utilidades muestran un comportamiento diferente a cualquiera presentado hasta ahora. Es así como los productores mantienen una

ganancia relativamente estable, a pesar de la disminución de su número - al final de la simulación solo quedan nueve- esto se puede explicar con lo sucedido con el precio de los agregados. Los intermediarios también muestran un crecimiento en las utilidades inicialmente y se estabiliza en un valor el cual es menor que el de los productores. Al final quedan 12 intermediarios.



Los precios de los cuatro agregados aumentan con el paso del tiempo, el agregado de mayor calidad es el de mayor precio y comparándolo con el precio del agregado del experimento sin intermediarios su valor es bastante alto. Esto es contrario a lo que sucedió en la primera réplica. Sin embargo el agregado cuarto mantiene un precio similar en los dos experimentos.



Las conclusiones de la comparación entre las segundas réplicas de los experimentos son las siguientes:

- Si se tiene en cuenta solo el valor de los costos de transacción, se podría afirmar que el modelo con intermediarios, hace más eficiente la realización de transacciones, pues su costo agregado de transacción es menor, que el del modelo sin intermediarios.
- En los dos experimentos la interacción de los agentes hace que los precios de los agregados aumenten hasta estabilizarse cerca de un valor. Pero en el experimento con intermediarios los precios son mayores que los presentados en el modelo sin intermediarios.

- Las utilidades de los productores en el modelo sin intermediarios son inferiores a las obtenidas en el modelo con intermediarios. Esto se debe a la subida continua en los precios de los productos.
- En la segunda réplica el modelo sin intermediarios resultó más beneficioso que el modelo con intermediarios para los consumidores, pues se les ofrecen los productos a precios más baratos. Por otro lado, el modelo más beneficioso para los productores fue el de los intermediarios.
- El número de intermediarios se reduce a través de la simulación pero llega a un valor estable al final. Sin embargo, sus utilidades también se estabilizan lo que quiere decir que un menor número de empresas absorbe el mercado que inicialmente tendría la totalidad y con mejores resultados.

IX. CONCLUSIÓN

1. RESULTADOS DE LA TESIS

Esta tesis comienza explorando la hipótesis, que un mercado con intermediarios tiene menores costos de transacción, que un mercado sin intermediarios. Para esto se crearon dos modelos de simulación que representaban los dos casos utilizando, economía computacional basada en agentes. En cada uno de los modelos, se trabajaron reglas de comportamiento asociadas a los agentes, las cuales, acercaban a la realidad el comportamiento de los mismos.

El primer logro de la tesis es llevar a un modelo computacional comportamientos que presentan los agentes en la realidad. En el caso de los productores la búsqueda de utilidad, competencia por precio y diversidad de calidad en sus productos. Para los intermediarios, ofrecer no productos sino paquetes de productos convirtiéndolos en agregadores, buscando una utilidad y compitiendo por precios con otros intermediarios. En cuanto a los consumidores, se logró que buscarán la mejor opción entre las disponibles, ya que se les proporcionaba información limitada; y tener la posibilidad de elegir si comprar o no de acuerdo con una posible alza en el precio con respecto al periodo anterior. También se lograron

crear diferentes tipos de consumidores otorgándoles necesidades específicas en cuanto a calidad de los productos.

El modelo se acercó a la realidad en cuanto permite la relación entre los agentes, mediante transacciones. Cada periodo salían los competidores con utilidad negativa del mercado y solo quedaban los que obtenían utilidad positiva. Se logró implementar que al momento de la compra la decisión no tuviera un comportamiento predecible, cada consumidor podía tener una lista diferente de proveedores de su agregado.

El modelo sin intermediarios mostró como con el pasó del tiempo, los productores en su competencia llegan a un estado estable en los precios, obteniendo utilidades cada periodo. También mostró que los costos de transacción se mantenían en un valor estable durante la simulación. Situación que se repitió en el modelo con intermediarios.

El modelo con intermediarios por su parte, mostró que los productores e intermediarios llegaban a un número estable pero en dos formas diferentes. La primera cuando los precios caían hasta casi el costo marginal y la segunda cuando en vez de caer aumentaron obteniendo ganancias. Las utilidades en los dos casos mostraron una clara dependencia del comportamiento de los precios, si el precio era alto las

utilidades también, si por el contrario el precio era bajo las utilidades eran bajas.

Si se toma como punto de comparación entre los dos mercados a los costos de transacción, se puede afirmar que el más eficiente es el que tiene a los intermediarios, ya que el valor fue menor en las dos réplicas que se llevaron a cabo. Si se utilizaran los precios promedio de los agregados y las utilidades, no se podrían dar conclusiones claras debido a lo diferente de los comportamientos que presentó en cada una de las réplicas el modelo con intermediarios.

Estas conclusiones pueden llevar a reforzar la hipótesis que la aparición de un intermediario puede conducir a una mejora sustancial en cuanto a eficiencia en la realización de transacciones se refiere, ya que hace que los costos de transacción sean menores.

En esta tesis se comprobó la utilidad de la economía computacional basada en agentes, al momento de analizar modelos económicos complejos. Permitted replicar en un modelo computacional, comportamientos que presentan los agentes participantes de un mercado haciendo que en las interacciones aprendieran de la experiencia, tomaran decisiones para su beneficio y compitieran por la supervivencia con agentes similares. También mostró su eficacia en este caso la

programación por objetos ya que redujo la extensión de la programación, ejecutando la misma regla de comportamiento para los agentes que la compartían. La declaración estricta es la mejor forma de garantizar, que los agentes cumplan con las especificaciones necesarias dispuestas en la reglas y que garantizan un control sobre el comportamiento de los mismos, evitando situaciones absurdas y lejanas de la realidad.

Se lograron los siguientes objetivos de la tesis:

- ✓ Crear un modelo computacional de la actividad de los intermediarios en comercio electrónico soportado en Internet.
- ✓ Estudiar comportamientos emergentes, derivados de la interacción de los agentes que hacen parte de este mercado utilizando un modelo computacional.
- ✓ Medir y comparar los efectos de la intermediación, en un mercado donde los consumidores consumen paquetes de productos, cada uno de los cuales tiene asociado un nivel de calidad.
- ✓ Analizar la agregación como función de un intermediario en comercio electrónico
- ✓ Verificar si la aparición de intermediarios hace a un mercado más eficiente en términos de disminución de costos de transacción.
- ✓ Usar un software para desarrollar el modelo basado en agentes, que permite incluir reglas de comportamiento que acercan su comportamiento a un tipo de inteligencia artificial.

2. TRABAJOS POSTERIORES

La principal dificultad con la que se encontraron los modelos, fue el tiempo de simulación. En la fase de implementación de los modelos se intentaron correr réplicas con 1000 consumidores y 100 productores, desafortunadamente el tiempo de simulación era de tres días. Por esta razón se dejaron las cifras presentadas en la tesis, pues su tiempo de corrida era cercano a las 5 horas por réplica. Tal vez con otro tipo de programa o en un computador más potente, se podría contar con cifras más cercanas a las reales, en cuanto a números de agentes se refiere.

Un segundo punto que se podría tratar en trabajos posteriores, tiene que ver con agregar complejidad al comportamiento de los agentes. Por ejemplo, permitir comportamientos de lealtad por parte de los consumidores; hacer posible el ingreso de nuevos intermediarios o productores a competir en diferentes instancias de tiempo; permitir la formación de agregados con más de dos productos.

La economía computacional basada en agentes abre muchas posibilidades en cuanto a comercio electrónico se refiere, con modelos diferentes se pueden analizar situaciones como las subastas o la discriminación de precios, el control de comportamientos oportunistas y la generación de confianza.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Adamic, L. y Huberman, B. 1999. *The Nature of Markets in the World Wide Web*. Xerox Palo Alto Research Center.
- [2] Bailey, J.P. 1998. *Intermediation and Electronic Markets: Aggregation and Pricing in Internet Commerce*, Ph.D. Thesis, MIT, Boston, USA.
- [3] Coase, R. H. 1937. *The Nature of the firm*. Fte. Economic Journal 44.
- [4] Williamson, Oliver E. *Transaction-Cost Economics: The Governance of contractual relations*. 1979. Fte. Economic Journal 44.
- [5] Mcfadzean, D. Y Tesfatsion, L. 1999. *A C++ Platform for the Evolution of Trade Networks*. Computational Economics. Netherlands.
- [6] Tesfatsion, L. 2000b. *Introduction to the special Issue on Agent-Based computational Economics*. Department of Economics, Iowa State University.
- [7] Kirman, A. Y Vriend, N.J. 2001. *Evolving market structure: An ACE Model of price dispersion and loyalty*. Journal of Economic Dynamics and Control. Vol. 25. Pp. 459-502.
- [8] Tesfatsion, L. *How Economics can get Alife*. In W. Brian Arthur, Steven Durlauf and David Lane (eds). *The Economy as an Evolving Complex System, II, 533-564*. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Volume XXVII, Addison-Wesley.
- [9] Tesfatsion, L. 2000. *Agent-Based Computational Economics: a brief guide to the literature*. Department of Economics, Iowa State University.

- [10] Duffy, J. 2001. *Learning to speculate: Experiments with Artificial and Real Agents*. Journal of Economic Dynamics and Control. Vol. 25. Pp. 295-319.
- [11] Chen, S. Y Yeh, C. 2001. *Evolving traders and the business school with genetic programming: A new Architecture of the Agent-Based Artificial Stock Market*. Journal of Economic Dynamics and Control. Vol. 25. Pp. 395-417.
- [12] Klos, T.B. y Nooteboom, B. 2000. *Agent Based Computational Transaction Cost Economics*. Journal of Economic Dynamics and Control. Vol. 25. Pp. 419-457.
- [13]Edmonds, B., Moss, S. Y Wallis S. *Logic, Reasoning and A programming Language for simulating Economic and Business Processes with Artificially Intelligent Agent*. Manchester Metropolitan University.
- [14] Taylor, R. 1999. *Agent-Based Social Simulation Modelling of Electronic Markets*. Manchester Metropolitan University. Propuesta Tesis Doctoral.
- [15] Edmonds, B. *From complexity to agent modelling and back again - Some implications for economics*. Manchester Metropolitan University.
- [16] Londoño, A. 2001. *Análisis económico de las políticas de discriminación de precios de los intermediarios que operan en Internet* . Tesis del programa de pregrado de Ingeniería Industrial. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.