

LA TEORÍA ESPECIAL DEL COMPORTAMIENTO ECONÓMICO:
SOBRE LA RACIONALIDAD LIMITADA, EL TIEMPO Y EL
INTERCAMBIO

Jairo Andrés Olarte

Como continuación de la elaboración de una teoría especial del comportamiento económico, presento un modelo computacional basado en agentes, en el que se construyen interacciones económicas dinámicas agregadas para una sociedad sedentaria de recolectores que esporádicamente pueden intercambiar. En el modelo específico las condiciones de racionalidad limitada, los mecanismos de toma de decisiones con aprendizaje, las condiciones de intercambio bajo diversas relaciones de simpatía y el ambiente en que se desenvuelven los individuos. El modelo, de una forma didáctica, agrupando el conocimiento en las distintas áreas mencionadas, muestra que incluso bajo estas condiciones, los precios resultantes de los intercambios esporádicos se dan en promedio inversamente a la escasez relativa como se obtiene de un modelo de equilibrio general walrasiano.

PALABRAS CLAVE: Racionalidad limitada, aprendizaje, equilibrio general, preferencias inestables, economía computacional.

I. INTRODUCCIÓN

El rico trabajo de Walras contenido en sus Elementos de economía política [1938 [1874]], sobre el método matemático que ronda al equilibrio general y del cual se puede establecer en general que los precios de los productos se determinan inversamente a su nivel de escasez relativa, entendida ésta como la relación entre la utilidad relativa que obtienen los individuos y la relación de dotación de los productos en la naturaleza¹, ha generado desde su época, una gran cantidad de investigaciones para complementarlo, mejorarlo y criticarlo indicando sus puntos débiles y los elementos que hacen falta y que se piensa, pueden alterar el resultado del mismo. En un principio, surgieron varios intentos matemáticos por hallar las condiciones en las cuales se obtenía el sistema de oferta y demanda de una economía. El primer trabajo se realizó en la dirección de mostrar la existencia de un sistema de equilibrio general iniciando con la labor de Abraham Wald, y tuvo su punto álgido con la publicación de la Existencia del equilibrio general para economías competitivas de Arrow y Debreu [1954].

Para el momento en que se desarrolló el estudio del equilibrio general, ya se escuchaban las voces de disensión de algunos economistas que afirmaban que el análisis de equilibrio dejaba de lado importantes aspectos de las economías. La discusión no solo giró en torno al problema de hallar el equilibrio, sino en torno a la concepción del individuo y a la percepción del tiempo en los modelos [Shackle 1966 y 1976] y en la forma de medir estadísticamente la oferta y la demanda, bajo la condición de temporalidad [Waterman 1930].

Aunque se le ha atribuido a Walras una simplificación excesiva de los elementos de la conducta humana y una falta de atención a los elementos institucionales [Bowles y Gintis 2000], trabajos biográficos y bibliográficos alrededor de su obra [Hicks 1930 y Walter 1987] indican que el problema está más en la interpretación que se le dio a la parte final de su obra, dejando de lado muchos aspectos tratados por Walras.

Tres líneas de investigación se derivan de las críticas no sólo a la estructura Walrasiana subsiguiente, sino en general a la perspectiva que tomó el análisis económico en los años 60 y 70. Una primera, que se deriva del acercamiento entre la psicología y la economía [Kahneman 2003a], es la que describe las distintas variantes del comportamiento

¹ Pensando en un intercambio puro sin la introducción de la producción y sus costos.

económico y que ha generado un conjunto de estudios sobre elementos ya mencionados por Adam Smith [Ashraf, Camerer y Lowenstein 2005], por Marshall y por el mismo Walras. Este análisis se ha hecho exclusivamente sobre el comportamiento individual y muestra la influencia de factores psicológicos en la conducta, como las heurísticas y los efectos de referencia y marco [Kahneman 2003b], todas ellas dentro de la amplia gama que guía la conducta de elección entre lo racional y lo irracional [Simon 1989 y Elster 1979].

Una segunda línea, en la cual hay menos trabajos, es la que ha intentado lograr unir estos estudios individuales en sistemas sociales y específicamente en los sistemas económicos. Sin embargo, esta línea ha tratado los temas de forma separada y no hay esfuerzos unificadores claros. Se han mostrado las consecuencias que tiene para los mercados, el que los individuos no sean racionales, entendido como individuos no maximizadores de la utilidad [Becker 1962], o con individuos cuyo resultado maximizador se invierte por los efectos marco [Grether y Plott 1979 y 1982] dentro de lo que se pudo hallar las condiciones en las cuales los mercados son bien o mal comportados con este tipo de individuos. La discusión, sin embargo, también ha mostrado análisis más complejos con sistemas de aprendizaje que muestran a los individuos como maximizadores contextuales [Loomes y Sugden 1983 y Russell y Thaler 1985 y 1987]. Recientemente se han realizado modelos para ver como se comportan las economías con varios individuos que están dentro de las distintas gamas de racionalidad y cómo afectan a estos mercados la presencia de externalidades [Akerlof y Yellen 1985 y Fehr y Tyran 2005]. Así mismo, hay un interés en mostrar la influencia de los factores institucionales y del mismo mercado como institución dentro del comportamiento de los individuos y la retroalimentación que esto tiene en el mercado [Bowles 1998].

Otra línea de investigación diferente, se forjó a inicios de los años setenta para responder a las críticas sobre la importancia de la introducción del tiempo como una variable fundamental en el desempeño de las economías. Esta línea aunque se originó prestando atención a los temas microeconómicos del proceso de alcance del equilibrio, pronto se inclinó por los temas macroeconómicos y dio origen a los trabajos dinámicos alrededor de la teoría del crecimiento, así como por los trabajos en mercados financieros sobre los ciclos económicos o la teoría de juegos evolutivos.

En la microeconomía del equilibrio general, se mostró que, bajo condiciones de perfecta información y mercados de futuros y de seguros perfectamente formados y sólidos, las conclusiones del análisis de equilibrio general atemporal no cambian, siendo necesaria la introducción de vectores sobre expectativas de precios [Radner 1972]. Posteriormente se hicieron análisis del impacto en los mercados cuando no existe información perfecta y los individuos tienen expectativas de precios que no se hacen realidad, mostrando como los mercados tienen una velocidad reducida de ajuste de precios [Grandmont 1977]; Pero las aplicaciones de estos trabajos se filtraron a la economía financiera y no tuvieron muchas repercusiones en la microeconomía posterior. Queda un espacio grande de investigación para desarrollar modelos que incorporen los factores del comportamiento limitado [Thaler 2000] y la influencia del tiempo en el análisis de los mercados y el descubrimiento de las condiciones variantes sobre el resultado del análisis del equilibrio general. Es en este punto en el cual este artículo propone la construcción de modelos computacionales de agregación del comportamiento individual bajo un marco espacio temporal y con un mecanismo de comunicación de precios entre los individuos.

La ampliación de la capacidad de los computadores, así como la reducción de los mismos hasta alcanzar el nivel de las computadoras personales a finales de los 70, permitió a las diversas ciencias naturales y sociales el uso de este instrumento para la construcción de modelos complejos, especialmente de modelos dinámicos, no sólo para hallar las soluciones de largo plazo, sino para determinar los movimientos de corto plazo. Recientemente el uso de estos instrumentos fue organizado en el Handbook of Computational Economics [Amman, Kendrick y Rust 1996], en el cual se describe el uso de los computadores en tres grandes bloques. El más conocido y utilizado es la programación de los modelos econométricos para obtener los resultados estadísticos de estimación. El segundo uso se da en los modelos de equilibrio general tanto estáticos como dinámicos que no son lineales, dado que permiten hallar las soluciones numéricas a los problemas; y en los modelos lineales, para verificar o ayudar a aproximar las soluciones.

El tercer uso, corresponde a los modelos ACE (Agent-Based Computational Economics), descritos en el primer volumen del Handbook, pero sólo generalmente, dado que su uso es todavía limitado en economía, aunque se usan más intensamente en finanzas.

Estos modelos consisten en la creación de agentes con determinadas características, que interactúan en un determinado ambiente y dinámicamente se obtienen soluciones de comportamiento económico de largo plazo.

Uno de los principales referentes de estos modelos es el artículo eficiencia asignativa de los mercados [Gode y Sunder 1993], en el cual se realiza una simulación de un mercado de activos financieros con agentes que ingresan órdenes de compra y venta de forma aleatoria en el mercado, cumpliendo con un mínimo de requisitos, emulando los trabajos experimentales de Vernon Smith [1962 y 1982]. En la simulación del modelo de eficiencia asignativa se mostró para los agentes irracionales que lanzan órdenes de forma aleatoria un resultado similar que para los individuos con quienes se realizó el experimento, en términos de alcanzar un equilibrio de largo plazo y la forma en que los individuos llegan a dicho equilibrio.

Una de las principales aplicaciones de los modelos ACE es que permiten el diseño de mercados sin necesidad de recurrir a experimentos con individuos reales y permitiendo a las empresas y asociaciones realizar simulaciones del impacto de reglas y normas para la ejecución en dichos mercados, previo a la constitución de dichos mercados [LeBaron 2002 y Kutschinski, Polani y Uthmann 2000]. Recientemente se publicó el segundo volumen del Handbook of Computational Economics, del cual Leigh Tesfatsion [2006] presenta una compilación importante de los distintos temas que abordan los modelos ACE.

El presente artículo pretende integrar en un modelo ACE los elementos de la racionalidad limitada y utilizar una animación para representar los agentes mostrando de una forma muy didáctica las interacciones económicas de una comunidad muy sencilla. Esto, con el fin de observar, bajo distintas condiciones de preferencias y dotación de los bienes en el modelo, si las relaciones de intercambio que se realizan son inversas al nivel de escasez relativa, como se concluye de la propuesta walrasiana, a pesar de que las interacciones estén intervenidas por condiciones de racionalidad limitada y las negociaciones sean esporádicas y secuenciales.

Para completar el modelo de preferencias inestables propuesto en la primera parte de la Teoría Especial del Comportamiento Económico [Kronecker 2003], fundamental en la estructura de comportamiento de los agentes del modelo computacional, se realiza primero

una breve exposición basada en la neurociencia, de la diferencia entre la utilidad objetivo, la utilidad recordada, la utilidad experimentada, la utilidad instantánea y el mecanismo de integración de estas por aprendizaje, sustentado en la aproximación de Camerer, Lowenstein y Prelec [2005].

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma, en la sección II se expone el modelo neurocientífico de la interacción emocional en la toma de decisiones y se muestran los enlaces con la propuesta comportamentalista de aproximación a la teoría de la utilidad. La sección III describe el diseño del modelo y la sección IV presenta los resultados específicos respecto a los precios obtenidos del modelo y se realiza la comparación con el resultado esperado de un modelo de equilibrio general. En la sección V se concluye.

II. LA ESTRUCTURA DE LA ELECCIÓN

En la primera parte de la Teoría Especial del Comportamiento Económico [Kronecker 2003] se mostró el proceso de elección bajo un marco de preferencias inestables y se realizaron las especificaciones matemáticas que determinan dicho proceso, tanto para la elección puramente individual, como para la elección tomada teniendo en cuenta las preferencias de otros individuos con quienes se hace parte de un entorno social. Así mismo se identificó un mecanismo de aprendizaje por inferencia inductiva, a través del cual las preferencias se modelan con el tiempo, a partir de la experiencia previa. Sin embargo, quedó clara la necesidad de mostrar científicamente que esos procesos de aprendizaje y modificación de las preferencias efectivamente ocurren y lo hacen continuamente durante la vida de los individuos.

Este capítulo resume los hallazgos de la neurociencia con respecto al proceso específico de la formación de nuestras preferencias por los alimentos, el cual en cierta medida puede ser aplicado a la elección sobre otros objetos o eventos, pero en este artículo me concentro exclusivamente en los alimentos por simplicidad.

II.A. La Arquitectura de la Elección Humana

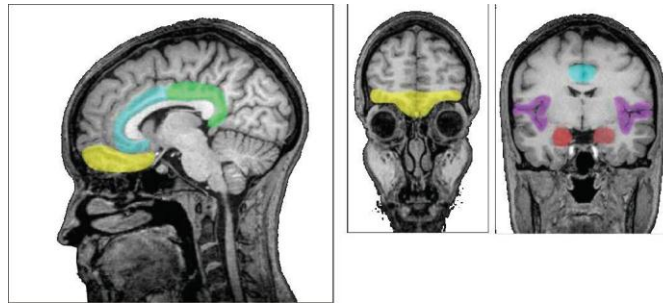
Siguiendo a Carpenter [1995], Purves, Augustine, Fitzpatrick, Katz, LaMantia y McNamara [1998], Guyton [2000] y Bechara y Naqvi [2004], el proceso de elección

humana dentro de un marco de aprendizaje, es un ciclo de interacciones que van entre la percepción de una necesidad corporal o mental, que relaciona un objeto o un evento con la satisfacción de una necesidad y genera en el individuo la idea de la utilidad que se espera obtener, lo que Daniel Kahneman [1999 y 2000] y Kahneman, Wakker y Sarin [1997] denominan la “*utilidad objetivo*” y que Shizgal [1999] denomina *utilidad predicha*; dicha *utilidad objetivo* es la que nos lleva a tomar las decisiones. El ciclo se cierra porque ante cada decisión tomada hay una consecuencia sobre el individuo que es somática; ésta es procesada por el cerebro, realizando el cálculo del diferencial de utilidad, entre la utilidad que se estaba experimentando antes de la ejecución de la acción sobre el objeto o evento² que lleva a obtener la satisfacción de la necesidad y la utilidad que hay después de dicha ejecución, y a continuación se memoriza ese resultado³. Este proceso de evaluación de la utilidad durante la realización de una actividad se denomina *utilidad experimentada* y es el concepto al que se refiere Bentham en su obra. La utilidad experimentada que se nos graba en la memoria y que recordamos asociándola a la realización de una actividad, y teniendo en cuenta que aunque no recordamos la totalidad de lo que experimentamos, sí podemos atribuir un carácter comparable a una determinada experiencia frente a otra, la denominamos *utilidad recordada*.

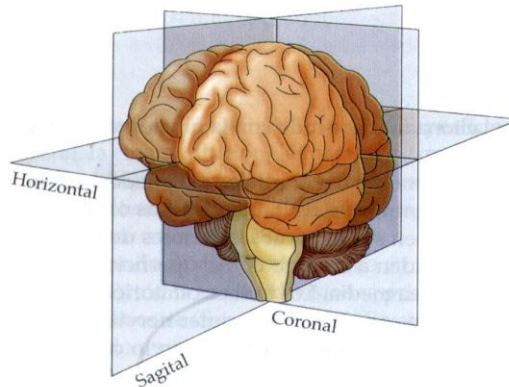
El doble proceso mencionado tiene por supuesto un inicio que se da en la formación básica de las preferencias del individuo durante el periodo del desarrollo embrionario y hasta la mitad del proceso de gestación. El valor original de las preferencias debería estar en los genes, aunque por supuesto esto no es así siempre [Kandell, Schwartz y Jessell 1997]; existen ciertas actividades que realizamos para las cuales las preferencias se tienen que formar completamente. Concentrándonos en aquellas que sí van determinadas por los genes, para una gran parte de las necesidades básicas, el cuerpo humano ya viene dotado

² Por ejemplo, comerse una manzana, donde el objeto es la manzana y la acción es comer.

³ Este proceso se conoce como interocepción que es la forma como sentimos a través de los cambios que las emociones generan en las vísceras. [Craig 2002, Bechara y Naqvi 2004 y Critchley, Wiens, Rotshtein, Öhman y Dolan 2004].



Fuente: Dolan 2002.

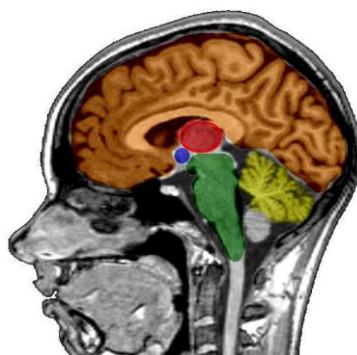


Fuente: Purves, Augustine, Fitzpatrick, Katz, LaMantia y McNamara 1997.

FIGURA Ia

Estructuras del cerebro asociadas a los procesos emocionales

La figura Ia, muestra la ubicación de distintas estructuras cerebrales que controlan las emociones, en imágenes funcionales de resonancia magnética de la cabeza para un corte sagital y dos cortes coronales como los especificados en la figura Ib. En amarillo se dibuja la corteza orbitofrontal, en azul la corteza singular anterior y en verde la corteza singular posterior, en morado la corteza insular y en rojo la amígdala.

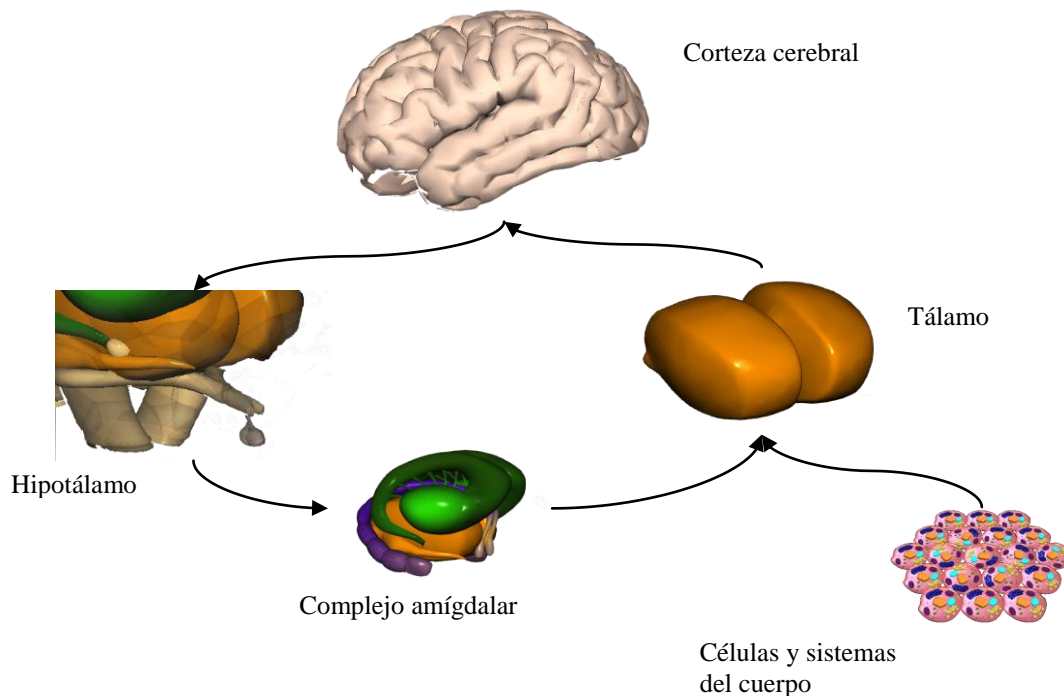


Fuente: Josephson y Nixon 2006.
Modificado por el autor.

FIGURA Ib

Corte sagital del cerebro mostrando las estructuras principales

La figura 1c, muestra la ubicación de distintas estructuras cerebrales principales en un corte sagital. En rojo se dibuja el tálamo, y en azul el hipotálamo, que forma el diencefalo. En verde la ubicación del tronco encefálico y en amarillo el cerebelo. Finalmente en naranja está la ubicación del encéfalo.



Fuente gráficos individuales: Fuente: Josephson y Nixon 2007. Ensamblaje del autor.

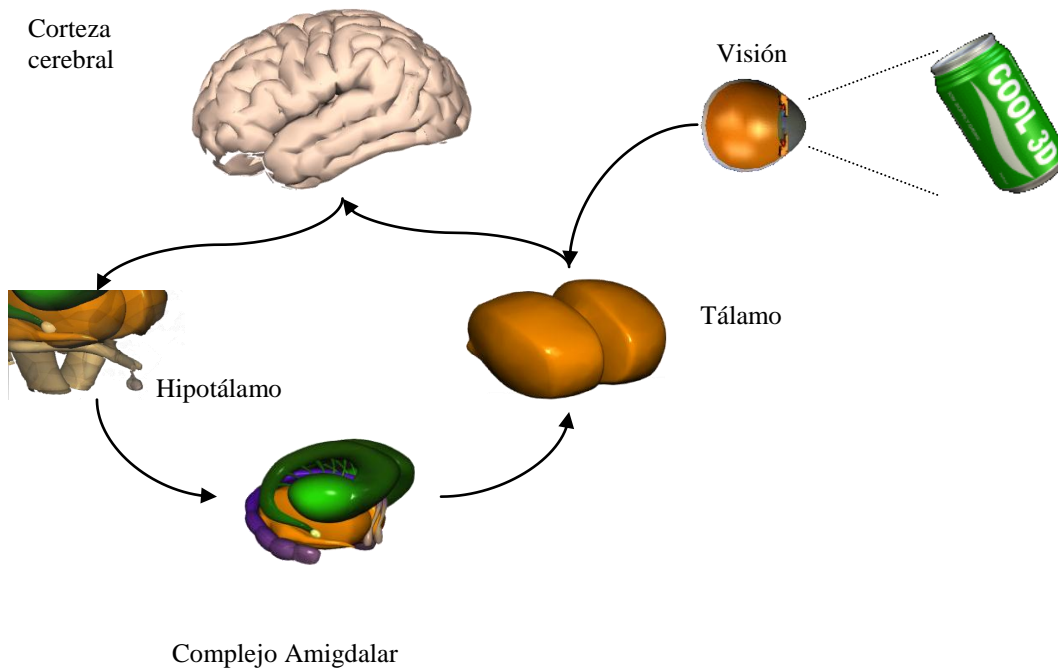
FIGURA II
Comunicación del cuerpo al cerebro de las necesidades

con valores iniciales que le indican al bebé al nacer, el grado de satisfacción que puede obtener por realizar determinadas acciones. Para determinados comportamientos, esos valores no están presentes en el nacimiento y se inician en distintas etapas de la vida, según la activación de los genes⁴.

La Figura II ilustra⁵ el circuito a través del cual las señales de las células y los sistemas del cuerpo son recabadas por el sistema nervioso central, llegando inicialmente al tálamo, que las envía a la corteza cerebral, para que sean analizadas. A continuación el proceso

⁴ Por ejemplo durante la pubertad se activan genes que dan el valor de preferencia inicial sobre ciertos objetos o eventos alrededor de una cierta necesidad y durante los siguientes años, la preferencia sobre ese objeto o evento se modifica con el aprendizaje.

⁵ La Figura I denota la ubicación de las distintas estructuras cerebrales dibujadas en las figuras II, III, IV y V, a partir de imágenes funcionales de resonancia magnética y dependiendo de los distintos cortes que realizan los neurólogos al cerebro.

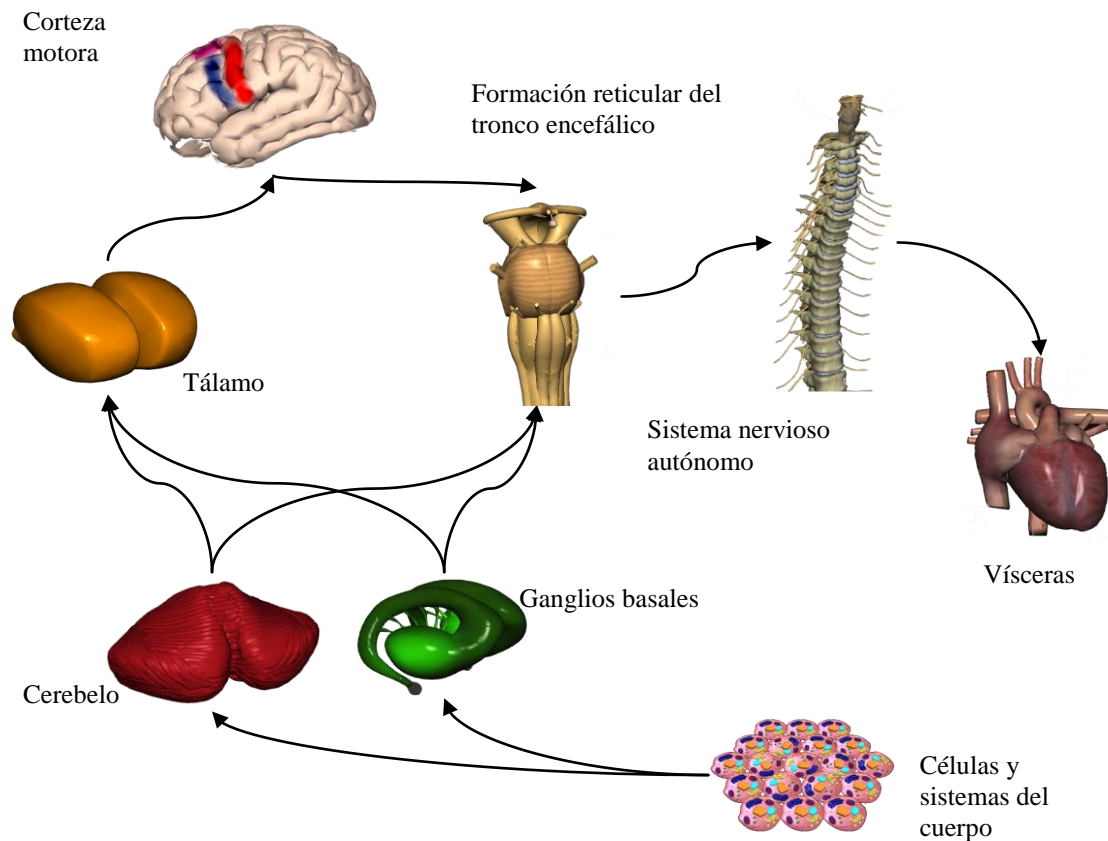


Fuente gráficos individuales: Fuente: Josephson y Nixon 2007. Ensamblaje del autor.

FIGURA III
Reconocimiento de la utilidad objetivo ante un estímulo

pasa al hipotálamo y de allí al complejo amigdalario que es el sistema donde se procesan las emociones. La acumulación de las distintas señales del cuerpo en este proceso define el nivel de felicidad del individuo y le permite situarse respecto a sus necesidades, es decir define la *utilidad instantánea*⁶. La Figura III ilustra el proceso a través del cual el sistema nervioso, a partir de una estimulación reconoce la variación de utilidad esperada y calcula la utilidad objetivo de la aprehensión del objeto generador del estímulo. El proceso es similar al proceso anterior, pero incluyendo ahora la información del objeto que se espera que genere un cambio en la utilidad.

⁶ La *utilidad instantánea* corresponde a la evaluación que se realiza en un instante de tiempo de nuestro estado en relación a lo que estamos percibiendo y de lo que estamos siendo conscientes, que corresponde a la intensidad de la utilidad descrita por Bentham, Jevons y Edgeworth en sus obras.

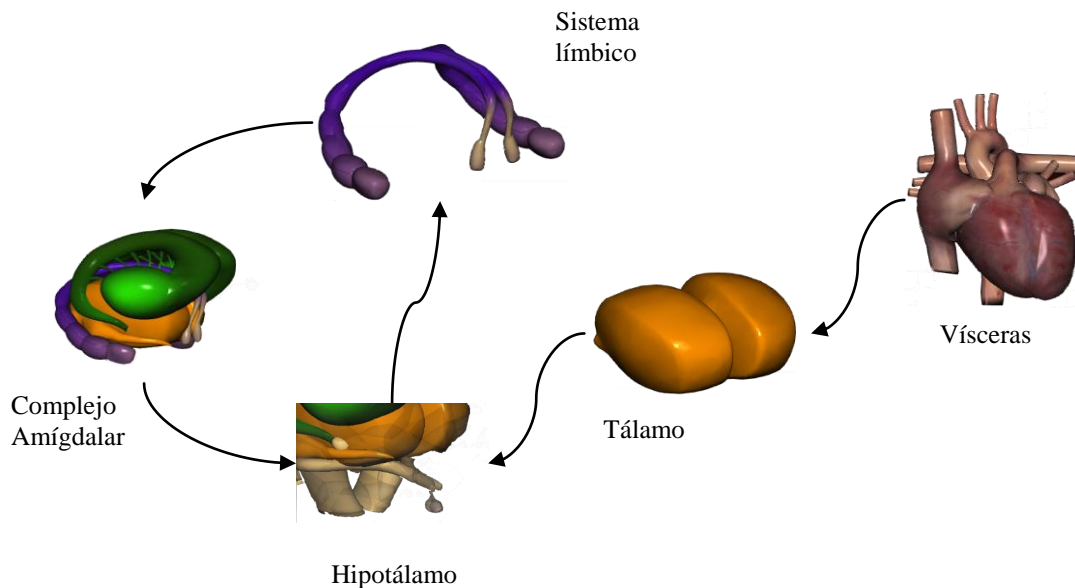


Fuente gráficos individuales: Fuente: Josephson y Nixon 2007. Ensamblaje del autor.

FIGURA IV

Comunicación hacia las vísceras de los cambios emocionales por el sistema nervioso autónomo

El segundo ciclo se asocia a los cambios emocionales reflejados en las vísceras por la aprehensión del objeto. Esencialmente los seres humanos no nos hacemos conscientes de las emociones directamente a través de los circuitos cerebrales sino a través del proceso de interocepción. En este proceso, el cuerpo responde con cambios viscerales ante las emociones registradas, es decir la variación de la utilidad esperada es procesada directamente en la corteza motora y luego las señales de este procesamiento viajan al tronco encefálico, y al mismo tiempo de forma inconsciente llegan señales a la formación reticular



Fuente gráficos individuales: Fuente: Josephson y Nixon 2007. Ensamblaje del autor.

FIGURA V
Registro de los cambios viscerales en la conciencia

del tronco encefálico. Las señales entran a continuación a afectar al sistema nervioso autónomo, alterando el registro del sistema simpático y el parasimpático que generan cambios viscerales; estos consisten en movimientos no voluntarios que somos capaces de registrar e interpretar como las señales de nuestra emoción. Los cambios viscerales son lo que sentimos como cambios en la agitación de la respiración, el movimiento del corazón, cambios en el estómago, pero también otros cambios más difíciles de identificar como por ejemplo el cambio en el tamaño de la pupila, que se dilata cuando vemos algo agradable y se cierra cuando vemos algo desagradable, como una señal de “es para verte mejor” [Audesirk y Audesirk 1996]. La Figura IV ilustra este proceso, así como el proceso de respuesta del cuerpo a partir de la aprehensión del objeto que se relaciona con el estímulo. La respuesta de las células y los sistemas del cuerpo ante los cambios generados por la aprehensión del objeto se procesan en el cerebelo y los ganglios basales y este proceso lleva a generar los cambios, que según la respuesta de los sistemas del cuerpo, relajan gradualmente, al sistema nervioso autónomo. La Figura V ilustra cómo los movimientos viscerales son registrados por la conciencia e interpretados como el producto de las

emociones al ingresar a lo que se conocía antiguamente como el circuito de Papez y grabarse en la memoria emocional de la circunvolución del cíngulo, así como grabarse en la corteza insular y la corteza orbitofrontal y reprocesarse en el complejo amigdalal, donde se memoriza específicamente si los estímulos son placenteros o aversos [Hamann, Ely, Grafton y Kilts 1999 y Bechara, Damasio, Damasio y Lee 1999].

A partir de este esquema conceptual, se proponen dos definiciones con las cuales se trabajará,

DEFINICIÓN 1. Un individuo que en un instante de tiempo espera alcanzar un nivel de utilidad n , por la aprehensión de un objeto o evento, se dice que ese nivel n es la *Utilidad Objetivo* del individuo.

DEFINICIÓN 2. Un individuo que tiene en un instante de tiempo una utilidad m , se dice que experimenta un nivel de *utilidad instantánea*.

Se puede proponer a partir de las anteriores definiciones, el esquema de comportamiento y el mecanismo de predicción⁷,

PROPOSICIÓN 1. Un individuo que ha experimentado una colección de variaciones de utilidad $\Delta U_i\{R\}$ en distintos instantes de tiempo t , repartidos de forma irregular dentro de su periodo de vida y que el individuo asocia a la aprehensión del objeto o evento R , y el proceso de aprendizaje corresponde a un mecanismo de aprendizaje por inferencia inductiva, entonces, se dice que la *utilidad objetivo* corresponde a la suma de la *utilidad instantánea* más el promedio de las variaciones de utilidad guardadas en la memoria,

⁷ Aunque no hay una referencia explícita conocida por el autor sobre que la heurística de aprendizaje en el cerebro sea por inferencia inductiva, los psicólogos emplean el mecanismo de aprendizaje por inferencia inductiva para interpretar el aprendizaje humano. En la presentación sobre las heurísticas y los sesgos humanos, la aproximación de la inferencia inductiva se ha vuelto importante (Kahneman, Diener y Schwarz 1999). En aplicaciones de neurociencia para la inteligencia artificial se utiliza notablemente este recurso, como el mecanismo de aprendizaje de las máquinas (Solomonoff 1975).

corregidas cada una por el efecto del tiempo en que han estado guardadas en la memoria.

Con esta proposición puedo cerrar el modelo de comportamiento individual propuesto en la primera parte de la Teoría Especial del Comportamiento Económico [Kronecker, 2003] al tener un sustento científico sobre la forma como se desarrolla el proceso de elección.

III. MODELO DE EQUILIBRIOS PARCIALES SECUENCIALES CON PRECIOS DISCRETOS BAJO RACIONALIDAD LIMITADA

Los avances recientes en el conocimiento sobre la toma de decisiones en un ambiente de racionalidad limitada han llegado a un nivel suficiente como para intrigarnos sobre cómo podrían ingresarse en un modelo de formación de precios, siguiendo la propuesta Walrasiana y ver qué diferencias puede existir con los modelos previos que se desarrollan bajo un ambiente de racionalidad. Otra parte igualmente enigmática es ingresar los efectos geográficos y temporales. La primera parte de la Teoría especial del comportamiento económico deja abierta esta posibilidad al mencionar el posible origen de los mercados.

En este capítulo se describe la construcción de un modelo de equilibrios parciales secuenciales con precios discretos bajo racionalidad limitada, que es la denominación del resultado de la integración de estos conceptos. Es un modelo secuencial, porque los eventos ocurren dentro de un marco temporal en el cual, en los distintos instantes de tiempo, los agentes del modelo realizan distintas actividades, una de ellas es comerciar. Al realizar la actividad de comercio, estos individuos realizan negociaciones de cuyo resultado se obtienen las canastas de precios y bienes finales, resultado de un equilibrio parcial. Dicha negociación se hace sobre bienes que se pueden dividir solamente en unidades discretas y por lo tanto las relaciones de intercambio están dadas en estas mismas unidades. Finalmente, las decisiones de negociación de los individuos están determinadas por preferencias cambiantes en el tiempo, que se modelan por aprendizaje, no solamente

individuales, sino en las que se incorporan las preferencias de individuos con los que se tienen relaciones sociales.

III.A. El Diseño del Modelo

La complejidad que implica la introducción de todos estos elementos en un modelo puramente matemático, me indujo a utilizar las herramientas de la economía computacional para poder construir el modelo como una simulación con unas reglas claras de comportamiento del mundo y los agentes del modelo.

Las tres reglas que generan las interacciones del modelo corresponden a:

REGLA 1. Existen en el modelo individuos, que replican a un ser vivo; es decir, nacen, crecen, se reproducen y mueren. El hecho de que los individuos del modelo de acuerdo a su edad están en un determinado estado, implica que el individuo se puede diferenciar según su edad como un tipo específico de individuo. En el modelo existen los niños, los adultos y los ancianos. Para emular la actividad humana, se define la existencia de la mujer y el hombre, donde la mujer adulta tiene la posibilidad de procrear. Los siete *tipos de individuos* del modelo son: niño, niña, hombre, mujer, embarazada, anciano y anciana⁸.

REGLA 2. Los individuos del modelo viven en un mundo plano (bidimensional), limitado en forma de rectángulo en el cual hay un mar en el cual existen islas. Los individuos no pueden estar en el mar, solamente sobre las islas. Los individuos no pueden trasladarse a otras islas, por lo que todos los individuos de una misma isla se dice que son familiares entre ellos. El alimento se encuentra exclusivamente en el mar.

REGLA 3. Los individuos del modelo realizan actividades que están circunscritas a un marco temporal y están asociadas a la posición geográfica.

⁸ Es importante indicar que no se creó ninguna regla evolutiva de los individuos, es decir los individuos procreados no comparten con su madre características especiales. Todos los individuos del modelo se crean siguiendo las mismas distribuciones de probabilidad que asignan sus características.

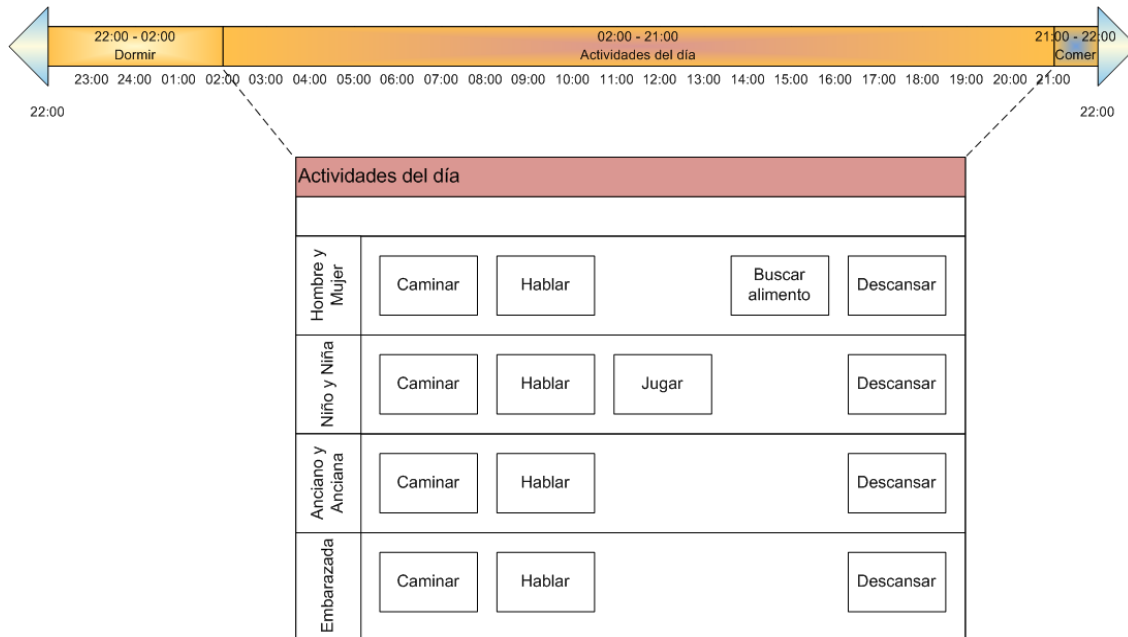


FIGURA VI

El tiempo y las actividades permitidas a los individuos del modelo.

DEFINICIÓN 3. El conjunto de eventos simples realizados en un periodo de tiempo por un individuo para alcanzar uno o más objetivos propuestos a partir de una decisión tomada se denomina *Actividad*. Un individuo no puede realizar más de una actividad al mismo tiempo; varias actividades diferentes pueden llevar a alcanzar el mismo objetivo.

Como lo muestra el esquema de la Figura VI, el modelo se estructura siguiendo la idea de la existencia de un periodo de tiempo cíclico que se denomina el día, en el cual hay tres periodos, un periodo que ocupa $1/6$ de tiempo del ciclo (de las 22:00 a las 2:00 horas), en el cual sólo se puede realizar la actividad dormir. Un periodo largo que ocupa $19/24$ del tiempo (de las 2:00 a las 21:00 horas) en el cual, se pueden realizar determinadas actividades según el *tipo de individuo*. Y un periodo corto que ocupa $1/24$ del tiempo en el cual sólo se puede realizar la actividad comer.

Las actividades responden, como indica la definición, al logro de unos objetivos propuestos y que se involucran en la función de felicidad, compuesta por la función de utilidad instantánea $U(\cdot)$, propia de los individuos del modelo, que depende de los elementos (objetos o eventos): nivel de descanso D , nivel de relaciones sociales R , nivel de juego J , y la cantidad de alimento $C(\cdot)$, tomando la forma,

$$(1) \quad U = \left\{ 2 - \sum_i \left[n_i \left(\frac{e_i - k_i}{k_i} \right)^2 \right] \right\} \cdot \frac{1}{2},$$

donde e_i corresponde a la cantidad asociada a los elementos $i = (D, R, \dots)$ de la utilidad, k_i es el nivel de saciedad del elemento i y n_i es el parámetro de encanto por el elemento i ⁹. Obsérvese que mientras la cantidad aprehendida de los elementos esté en el espacio $[0, k]$, el nivel de utilidad se circunscribe en el espacio $[0, 1]$. El parámetro k es un valor constante igual 1 para los eventos dormir, jugar y relacionarse y es fijo en 5 para todos los alimentos. El parámetro n es determinado en el nacimiento del individuo por una función de distribución de probabilidad normal con media y varianza parametrizables, limitado al espacio $[0,2]$, teniendo en cuenta que $\sum_i n_i = 1$. Como excepción a esto, los parámetros de encanto y de saciedad por el juego se convierten en 0 cuando el individuo entra a la edad adulta.

La felicidad instantánea del individuo F , está determinada por la función de la suma de la utilidad propia con las utilidades propias de cada individuo de la familia U_j , percibida por el individuo a través de la comunicación que se da al relacionarse socialmente con éstos, ponderada por un factor del nivel de relación alcanzada con ese individuo r_j ,

$$(2) \quad F = U + \sum_j r_j U_j,$$

Obsérvese que mientras que la utilidad instantánea que siente el individuo depende de un parámetro n fijo desde el nacimiento, el valor de la utilidad U_j percibida, varía con cada encuentro sostenido con otros individuos. En tanto que el parámetro del nivel de relación

⁹ Según Kronecker [2003], este parámetro revela el grado de encanto que siente un individuo por la aprehensión de la misma cantidad de un objeto o evento.

decrece mientras no se tienen relaciones sociales con ese individuo, a una tasa τ_r parametrizable en el modelo. Cuando se tienen relaciones sociales con el individuo j de la familia, se incrementa el valor de r , siguiendo la dinámica, $r_{t+1} = r_t + (1 - r_t) \cdot h_r$, donde

TABLA I
VARIACIÓN EN LA CANTIDAD PERSONAL DE CADA ELEMENTO AL REALIZAR UNA ACTIVIDAD

| Actividad | Efecto | | | |
|-----------------|------------|---------------------|------------|---------------------|
| | Descanso | Relaciones | Juego | Alimento |
| Comer | Reduce | Reduce | Reduce | Incremento |
| Caminar | Reduce | Probable incremento | Reduce | Probable incremento |
| Hablar | Reduce | Incremento | Reduce | Reduce |
| Jugar | Reduce | Incremento | Incremento | Reduce |
| Dormir | Incremento | Reduce | Reduce | Reduce |
| Buscar alimento | Reduce | Reduce | Reduce | Probable incremento |

Esta tabla presenta las variaciones que ocurren en la cantidad que cada individuo del modelo tiene entre una secuencia de tiempo y la siguiente, dada la actividad que está realizando.

$h_r > 0$ es la tasa de incremento del valor r , el cual está siempre dentro del rango $[0, 1]$.

Las actividades que los individuos pueden realizar implican variaciones en las cantidades personales de cada elemento. Al alimentarse, los individuos del modelo incrementan la cantidad de los distintos tipos de comida, mientras que cuando realizan otras actividades esa cantidad disminuye¹⁰. La Tabla I muestra la relación que hay entre las actividades realizadas y las variaciones en las cantidades de los elementos.

Todos ellos se reducen en el tiempo a una tasa τ_i , específica para cada elemento e independiente de la actividad, la cual se le da al individuo al momento de nacer, según una media y una varianza parametrizadas en el modelo para una distribución gamma de probabilidad; y crecen en el tiempo, siguiendo a la ecuación dinámica $i_{t+1} = i_t + (1 - i_t) \cdot h_i$, donde $h_i > 0$ es la tasa de incremento del valor de i .

¹⁰ A modo de ejemplo, cuando una persona come un dulce, o una harina, incrementa la cantidad de carbohidratos (azúcares) del cuerpo, necesarios para las funciones vitales, con lo que su satisfacción se incrementa. Cuando no está comiendo, los gasta, dependiendo de las actividades que realiza y de su propio metabolismo.

En las islas los individuos caminan porque tienen la expectativa de encontrar alimento o de encontrarse a otros individuos. Para hallar lo que buscan, se registra un algoritmo sencillo, de forma que los individuos tienen un radar que se extiende frente a ellos y registra lo que encuentra¹¹. A cada objeto que se encuentra se le asigna una utilidad, de tal forma que si es otro individuo se le asigna la probabilidad de ganar utilidad dado el nivel de relaciones sociales que se tiene y las que se podrían ganar. Si lo que se encuentra es algo que lleve al alimento, entonces se asigna una probabilidad alta de ganar utilidad dado el alimento que ya se tiene y la posible cantidad de alimento que se podría encontrar. Si se encuentra el mar, se le asigna una variación de utilidad negativa. Si no se encuentra nada, se asigna una probabilidad baja de ganar utilidad por la posibilidad de encontrar alimento. Y finalmente el individuo también evalúa la cantidad de descanso que tiene y evalúa la cantidad de utilidad que ganaría si decide descansar.

La decisión se toma en función de ir en la dirección que le lleve a realizar la actividad que genere una variación en el o los elementos Δe propios, tal que genere la más alta variación de la utilidad ΔU , siguiendo a:

$$(3) \quad \Delta U = -\sum_i \left(\frac{\hat{n}_i \left[2\Delta e_i (e_i - k_i) + (\Delta e_i)^2 \right]}{2k_i^2} \right).$$

Esto coincide con la observación de la teoría de la prospectiva de que las decisiones se toman en función de las variaciones esperadas y no de los niveles de utilidad.

III.B. Aprendizaje

En la ecuación 3 la variación que se espera obtener en la utilidad, depende de la experiencia previa del individuo en el modelo y se muestra a través del parámetro de encanto \hat{n}_i . Dicho parámetro no es el mismo n_i de la función de utilidad instantánea, pues como se vio en el capítulo II, la *utilidad instantánea* se forma con las señales que envía el cuerpo indicando su estado, mientras que la *utilidad recordada*, que es la que forma a la

¹¹ Las dos dimensiones físicas que determinan el espacio geográfico en que se desenvuelven las acciones del modelo, implican que los individuos siguen una dirección, como si se pudiese siempre decir cual es la cabeza y cual la cola del individuo. El radar que les ayuda a percibir el medio, lanza siempre 7 rayos en un espectro cuyo ángulo varía entre -30 grados y 30 grados respecto a la dirección del individuo y se extiende hasta una distancia determinada que le permite cubrir $\frac{1}{4}$ del diámetro de la isla en que viven.

utilidad de decisión, se forma con los recuerdos de la experiencia de utilidad. Esto da lugar a un proceso de aprendizaje en el modelo, en el cual los individuos cuando nacen no reconocen su parámetro de preferencias y a medida que van desarrollando

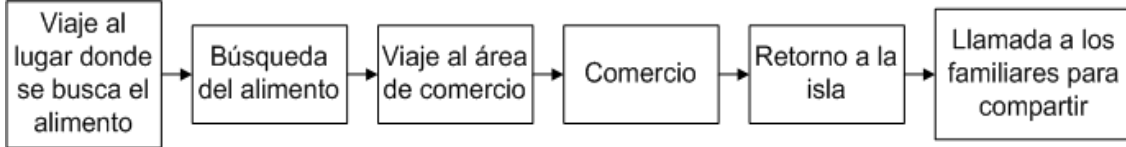


FIGURA VII

Pasos de la actividad de búsqueda de alimento en el modelo.

actividades y experimentando las variaciones en la utilidad después que realizan dichas actividades, memorizan el resultado.

Cuando los individuos van a tomar una decisión, el sistema tiene un algoritmo por el cual el toma un número λ de los últimos recuerdos de las variaciones de utilidad asociadas a la realización de las j actividades que se le presentan, según lo que su radar detecta y determina que son actividades potenciales. Con esos valores de variaciones de utilidad recordada $\Delta\psi$, el sistema realiza el cálculo del parámetro de preferencias \hat{n}_i con el cual se forma la utilidad de decisión,

$$(4) \quad \hat{n}_i = \frac{\sum_{\lambda} \Delta\Psi_i}{\sum_j \sum_{\lambda} \Delta\Psi_j}$$

III.C. La Actividad Productiva: La Búsqueda de Alimento

Esta actividad se destaca frente a las demás porque involucra la realización de una labor productiva y porque como está diseñada, implica la repartición de los alimentos recogidos con la familia y el intercambio con individuos de otras familias. Como se indicó en la parte III.B, los individuos del modelo viven en islas no productivas. En el mar existen tres tipos de peces que sirven para satisfacer tres tipos de necesidades diferentes por alimentación para los individuos del modelo. Cada isla tiene una única balsa dotada en el inicio del modelo y no hay forma de construir otra balsa. Cada balsa sólo tiene capacidad para un individuo y para un número entero de peces parametrizable en el modelo.

La actividad general se divide en seis bloques de actividades menores, como lo muestra el esquema de la Figura VII. Tres partes son algoritmos de movimiento, en los que la velocidad con la que los individuos realizan estos traslados depende de una variable de experiencia E . Dicha variable se alimenta mientras el individuo es niño, al realizar la actividad de juego, siguiendo a la ecuación dinámica $E_{t+1} = E_t + (1 - E_t) \cdot h_E$, con h_E , la tasa de crecimiento de la experiencia y E no decrece nunca. Esto último significa que los niños del modelo que tienen un mayor contacto con otros niños y realizan juegos, tienen en la edad adulta una ventaja en términos de poder llegar más rápido a buscar el alimento, llegar de primero a comerciar y regresar a las islas más rápido para dedicarse a otras actividades.

La pesca se realiza utilizando un algoritmo similar al algoritmo de toma de decisiones en la isla: los individuos activan su radar, el cual les indica qué tipos de peces hay frente a ellos y eligen la dirección del pez que se considera que va a generar la mayor variación en su felicidad. Esto último implica una diferencia sustancial respecto a las decisiones que se toman en la isla. Esto porque la decisión se toma no solamente teniendo en cuenta las preferencias propias del individuo, sino también las preferencias que los otros individuos le han comunicado durante los periodos de relaciones sociales. De tal forma que el individuo calcula que es lo que le gusta a sus familiares en general y da mayor peso a las preferencias de los familiares con quienes ha tenido más relaciones y de mayor calidad en tiempo reciente. Al retornar a la isla comparte lo que lleva en la balsa con los demás individuos de la isla siguiendo el mismo patrón, es decir, reparte según lo que él considera que es lo que más desean los demás individuos según lo que le han comunicado y con una preferencia por aquellos con quienes tiene mejores relaciones. A mitad de camino cuando los individuos están retornando a la isla, éstos se detienen siempre a esperar a que pase otro individuo que va también de regreso e inician un proceso de negociación que se describe a continuación.

III.D. El Intercambio

El algoritmo del intercambio corresponde al conjunto de reglas que determinan la formación de los precios. Como se puede observar del apartado anterior, claramente su

resultado es un resultado de equilibrio parcial obtenido de una negociación entre dos participantes, por un mecanismo de trueque, ya que no existe la moneda en este modelo.

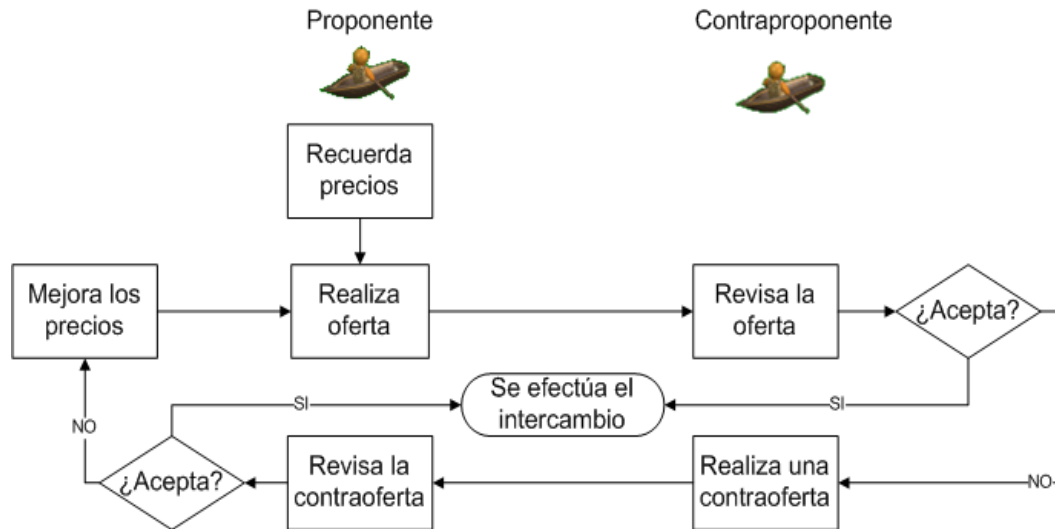


FIGURA VIII
Algoritmo de intercambio

El algoritmo inicia determinando cual de los dos individuos va a ser el proponente y cual el contraproposiente, de tal forma que el proponente es aquel que tenga el mayor nivel social, es decir, aquel cuyo nivel de relaciones sociales es más alto. Definido quien es el proponente, éste determina la pareja de productos que va a transar, dependiendo de lo que más necesita, para adquirirlo y lo que menos necesita, para venderlo. A continuación recuerda la última relación de intercambio de esos bienes, es decir el precio relativo entre ambos. Con base en ese precio, busca la combinación de ambos productos mirando lo propio y lo que tiene el otro individuo, que le garantiza la máxima variación de su felicidad, siguiendo al proceso descrito en el apartado anterior de incluir en sus preferencias las preferencias de otros miembros de su familia.

A continuación y como se detalla en el diagrama de flujo de la Figura VIII, la oferta se comunica al contrapropositor, quien evalúa si las variaciones en los productos propuesta por el otro individuo le mejora la felicidad. Si es así, acepta y se realiza el intercambio, de lo contrario, y basado en la misma relación de intercambio, lanza una contraoferta. El proponente recibe la contraoferta y evalúa si mejora su felicidad en cuyo caso acepta y se realiza el intercambio o la rechaza.

TABLA II
PARAMETROS DEL MODELO MODIFICABLES POR EL USUARIO

| Variable | Valor | Descripción |
|--|-------|--|
| Media de la esperanza vida | 4 | Años del juego |
| Desviación de la esperanza vida | 0.5 | |
| Media decae energía | 2 | Porcentaje de decaimiento por cada secuencia de 3 minutos del juego |
| Desviación decae energía | 0.5 | |
| Media decae descanso | 2 | Porcentaje de decaimiento por cada secuencia de 3 minutos del juego |
| Desviación decae descanso | 0.5 | |
| Media decae relaciones sociales | 1 | Porcentaje de decaimiento por cada secuencia de 3 minutos del juego |
| Desviación decae relaciones sociales | 0.5 | |
| Media generacion experiencia | 1 | Porcentaje de decaimiento por cada secuencia de 3 minutos del juego |
| Desviación generacion experiencia | 0.5 | |
| Media decae relación con un familiar | 2 | Porcentaje de decaimiento por cada secuencia de 3 minutos del juego |
| Desviación decae relación con un familia | 0.5 | |
| Media decae juego | 2 | Porcentaje de decaimiento por cada secuencia de 3 minutos del juego |
| Desviación decae juego | 0.5 | |
| Edad en que se hace adulto | 1 | Años del juego |
| Edad en que se hace anciano | 3.5 | Años del juego |
| Periodo de embarazo | 0.5 | Años del juego |
| Alimento 1 al nacer | 4 | Cantidad de alimento al momento de nacer |
| Alimento 2 al nacer | 4 | Cantidad de alimento al momento de nacer |
| Alimento 3 al nacer | 4 | Cantidad de alimento al momento de nacer |
| Media periodo descanso | 30 | Minutos de juego |
| Desviación periodo descanso | 5 | |
| Media periodo social | 30 | Minutos de juego |
| Desviación periodo social | 5 | |
| Utilidad mínima hijos | 0.9 | Años del juego |
| Media memoria | 9 | Cuanto de los eventos pasados recuerda para formar su utilidad |
| Desviación memoria | 2 | |
| Media preferencia social alimento 1 | 10 | Valor promedio de la preferencia que los individuos del mundo desarrollan por los alimentos. |
| Media preferencia social alimento 2 | 20 | |
| Media preferencia social alimento 3 | 40 | |
| Media de la producción de alimento 1 | 40 | Valor medio y desviación de la cantidad de peces que aparecen todos los días en el mundo. |
| Media de la producción de alimento 2 | 20 | |
| Media de la producción de alimento 3 | 10 | |
| Desviación de la producción de alimento | 5 | |
| Desviación de la producción de alimento | 5 | |
| Desviación de la producción de alimento | 5 | |
| Capacidad de la canoa | 10 | Cantidad de peces que se pueden transportar en la canoa |

Esta tabla muestra los parámetros que determinan las condiciones de las distribuciones de las preferencias, de cualidades y de las demás características de los individuos del modelo, así como las condiciones del mundo, específicamente de la producción de alimentos. Indica el valor por omisión del modelo, empleado para la obtención de los resultados.

En caso de rechazar, el individuo evalúa su oferta y la contraoferta del otro individuo, para determinar el exceso de demanda y así realiza la mejora en la relación de intercambio,

según sea la relación entre el exceso de demanda total $ed_1 + ed_2$ y el total de la oferta por el producto $d_1 + d_2$,

$$(5) \quad P_p = P_{p-1} \cdot \left(1 + \frac{ed_1 + ed_2}{d_1 + d_2} \right),$$

siendo P_p el precio relativo del alimento seleccionado, en relación al otro alimento en la nueva propuesta, y P_{p-1} el precio relativo de la propuesta anterior.

Esta relación de intercambio nueva, solamente se puede dar en niveles discretos, de tal forma que el pez solamente se puede dividir en mitades, terceras, cuartas, quintas, sextas, octavas y décimas fracciones. Si el proponente encuentra un nuevo precio, lanza una nueva oferta y se repite el proceso. En el caso en el cual no se pueda encontrar un mejor precio, se termina el proceso de negociación sin intercambio alguno. Finalmente, si a pesar de las mejoras en los precios, los individuos no se ponen de acuerdo, es decir a ninguna de las posibles relaciones de precios aceptan las ofertas y contraofertas, se declara el negocio como demorado y no se efectúa el intercambio.

III.E. Diseño Físico del Modelo

El modelo fue desarrollado en Microsoft® Visual Basic.net versión 2005 para un ambiente .Net Framework II, funcional en los sistemas operativos Windows XP y Windows Vista. El modelo consta de una presentación, en la cual se visualizan las condiciones geográficas del modelo y se puede observar a los distintos individuos realizando las actividades descritas, y consta de una interfaz de visualización y modificación de los parámetros y las variables.

La interfaz de parámetros y variables permite al usuario del modelo modificar los parámetros y verificar como se comportan las variables del modelo en cada secuencia de eventos. La lista de los parámetros generales del mundo se presenta en la Tabla II. Incluida en esta interfaz se encuentra la tabla de la bitácora del modelo, en la cual se registran los datos de los eventos que ocurren al correr el modelo en cada instante de tiempo.

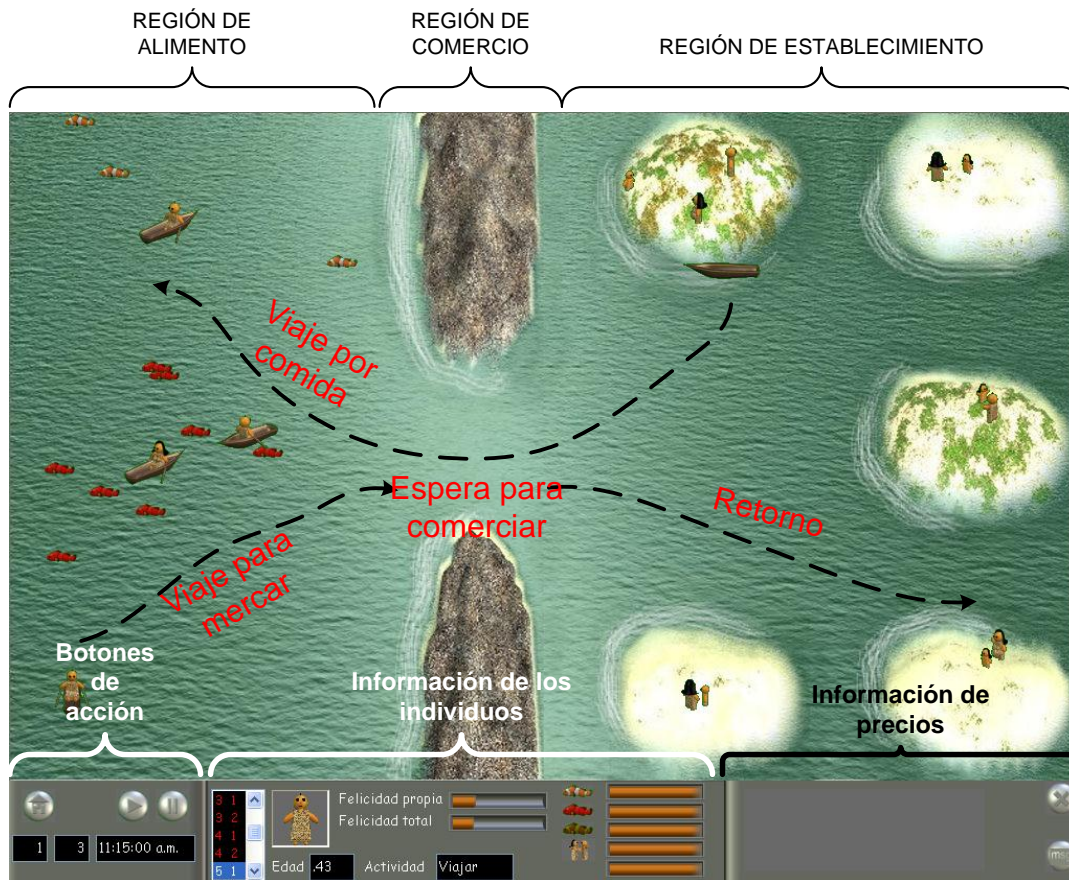


FIGURA IX
Interfaz gráfica del modelo

La Figura IX muestra la interfaz visual que se le presenta a los usuarios del modelo, indicando como ocurren los eventos de los viajes y describe las regiones en que se desenvuelven las actividades de los individuos. El panel inferior, presenta la información básica de los individuos y del modelo en general. El primer panel tiene los botones de acción que permiten al usuario del modelo ponerlo en ejecución o detenerlo. Muestra la secuencia temporal, indicando la hora, los días transcurridos y el año (en el modelo un año pasa cada 10 días, un día cada 10 horas y la hora tiene 60 minutos, pero las secuencias se miden en intervalos de tres minutos). El segundo panel muestra la información de los individuos: permite seleccionar al individuo y ver qué tipo de individuo es, qué actividad está realizando, qué edad tiene, cuál es su utilidad y su felicidad instantánea y cuánto tiene de los distintos elementos. Finalmente el tercer panel permite visualizar los precios relativos de los peces en el tiempo.

IV. RESULTADOS

La información que se presenta en la bitácora de registro de evento permite la realización de múltiples análisis el comportamiento de las distintas variables y su interrelación. Siendo el objetivo de este artículo la exploración del comportamiento de los precios en el tiempo y verificar si éstos se sitúan en la relación predicha por el modelo de equilibrio general walrasiano, es decir, en relación inversa a su escasez relativa, a continuación sólo se analizan los resultados obtenidos sobre precios.

El modelo se corrió durante un periodo que permite examinar 10 años, es decir 100 días del modelo lo que permite la realización máxima de 400 negocios. Sin embargo, sólo una fracción de éstos se llevan a cabo, dependiendo de que se den las condiciones necesarias para que los individuos concreten una relación de intercambio que incremente su felicidad, dado lo que han recolectado. En promedio, en los ejercicios realizados, solamente se obtuvieron 130 negocios que llevaron a intercambios efectivos.

Se utilizaron dos grupos de valores para los parámetros de la producción de peces y para la media de las preferencias por éstos. El primer ejercicio se realizó dando iguales valores para la producción de peces, de tal forma que en promedio, a través del tiempo, todos los días aparece el mismo número de peces tipo 1, tipo 2 y tipo 3. Y así mismo, la media de las preferencias por cada tipo de pez se hizo igual, de tal forma que incluso si los individuos que van a negociar nacen con preferencias fuertemente inclinadas hacia uno de los tipos de pez, como tienen en cuenta las preferencias de otros miembros de su familia, esto hace que esa fuerte inclinación se reduzca.

El segundo ejercicio, consistió en modificar los parámetros para hacer relativamente escaso el pez tipo 3 y relativamente abundante el pez tipo 1; para ello, la media de la generación del pez tipo 3 se incrementó para ser dos veces mayor a la del pez tipo 2 y cuatro veces mayor a la del pez tipo 1. En tanto que la media de las preferencias por el pez tipo 1 se hizo cuatro veces inferior a la media de las preferencias por el pez tipo 3 y dos veces inferior a la media de las preferencias por el pez tipo 2.

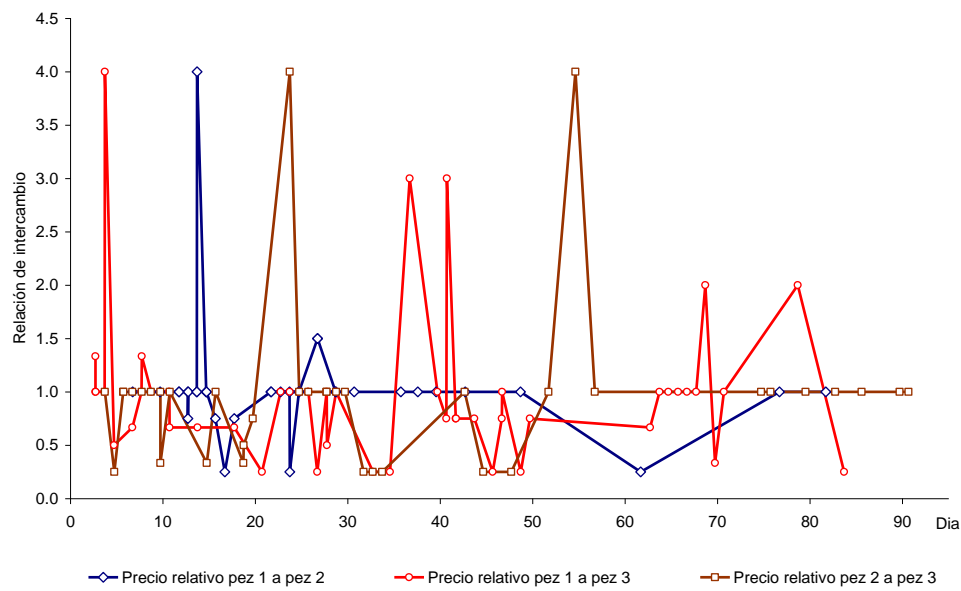


FIGURA X
Relación de precios con igual escasez relativa entre productos

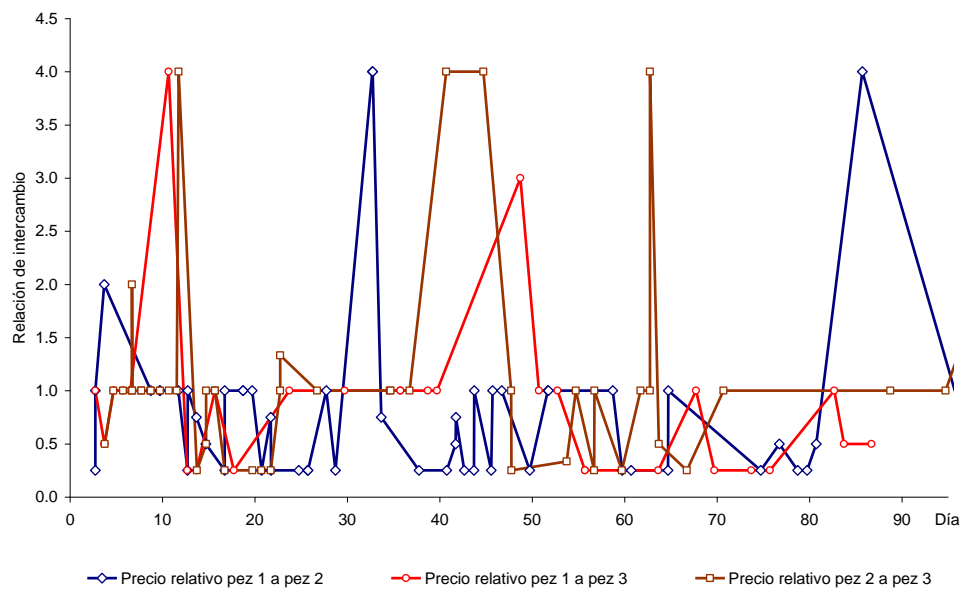


FIGURA XI
Relación de precios con el pez 1 abundante y el pez 3 escaso.

La Figura X muestra los precios relativos de los peces obtenidos de cada uno de los negocios efectivamente llevados a cabo en el primer escenario, de igual escasez relativa y la Figura XI muestra los resultados para el segundo escenario, de diferente escasez relativa. Como se puede observar en ambos escenarios, la mayoría de los precios rondan el valor de 1, es decir los intercambios se dan de a uno por uno, sin embargo en ciertos momentos, los precios oscilan notablemente, es decir, se realizan intercambios de hasta cuatro unidades de un producto por una unidad del otro. Esto se debe a variaciones de las necesidades de los individuos del modelo, al aprendizaje, a la memoria, a la incorporación de las preferencias de los individuos de la familia y a la suerte con que cuentan los individuos cuando realizan la búsqueda de los peces. Más allá de esto, en el primer escenario, la media de las tres relaciones de intercambio es muy cercana a 1 y como se puede observar en la Figura XII, la distribución porcentual de los precios está fuertemente concentrada en 1, con valores de 75%, 45% y 66% para cada relación. La relación de cambio entre el pez tipo 1 y el pez tipo 3 mostró una particular inclinación hacia los precios bajos, concentrando el 41% de la distribución de precios hacia abajo del precio 1.

En el segundo escenario, los promedios de los precios para las relaciones entre los peces 1-2, 1-3 y 2-3 fueron respectivamente 0.84, 0.88 y 1.03, indicando que el pez 1 se vendía relativamente más barato que los otros dos peces en promedio, mas esto no ocurrió cuando se hacían los negocios entre el pez tipo 2 y el pez tipo 3. Observando la Figura XIII, la distribución porcentual de los precios se ve en los tres casos inclinada hacia los precios bajos, con una importante concentración en el precio 0.25, especialmente para el intercambio entre el pez 1 y el pez 2.

Estas pruebas sugieren que los precios de los productos se forman en presencia de la escasez relativa de los mismos en el microambiente de negociación, que pueden diferir de la escasez relativa agregada. Sin embargo, las condiciones de escasez relativa agregadas generan que en promedio, los precios de los productos tiendan a ser inversos a esa relación de escasez relativa.

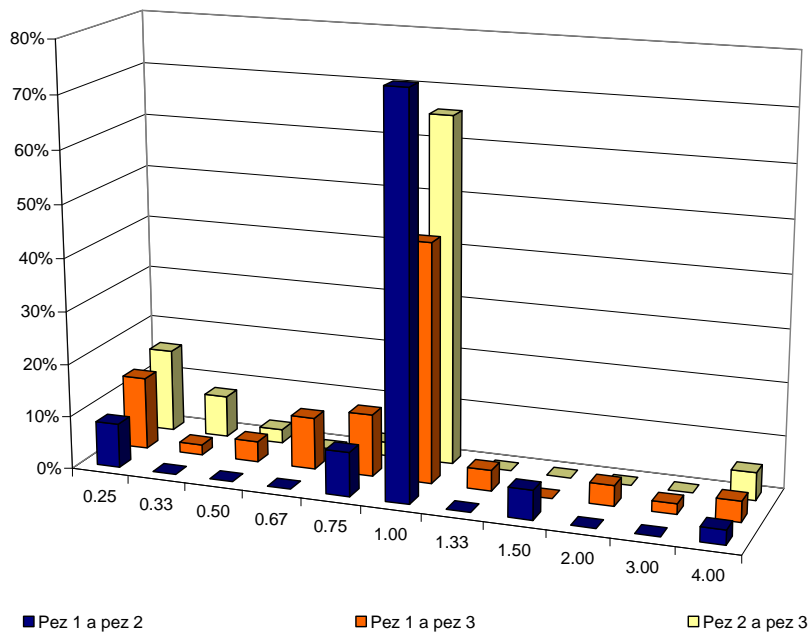


FIGURA XII

Distribución porcentual de la cantidad de precios obtenidos, con igual escasez relativa de los peces.

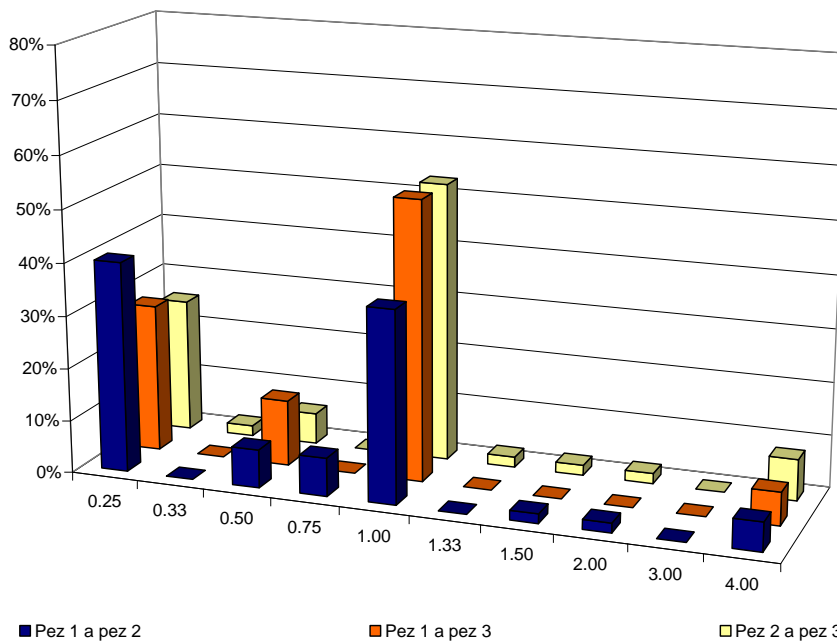


FIGURA XIII

Distribución porcentual de la cantidad de precios obtenidos, en el escenario en que el pez 1 es relativamente abundante y el pez 3 es relativamente escaso.

V. CONCLUSIÓN

Construí un modelo de equilibrios parciales secuenciales con precios discretos bajo racionalidad limitada. Este modelo de formación de precios, una parte de las teorías recientes sobre la racionalidad limitada descritas en la primera parte de la teoría especial del comportamiento económico y en el capítulo II de esta segunda parte, bajo un marco espacio temporal y con unas condiciones sociales. En él hallo evidencia de que el promedio de los precios relativos entre los productos, obtenidos de las negociaciones esporádicas entre los individuos del modelo, son inversos a la escasez relativa de los productos en la economía. En este sentido el modelo obtiene resultados similares a los que se obtiene de los modelos de equilibrio general walrasiano. Su diferencia respecto al equilibrio general walrasiano radica en que los precios obtenidos de cada negociación particular, pueden variar notablemente lejos de la relación de escasez general. Esto ocurre porque los precios se forman en un proceso de negociación en el que imperan las condiciones de escasez relativa percibida por los negociantes. Esta condición de escasez depende de las preferencias personales de los individuos, de la percepción que éstos tienen de las preferencias de sus familiares y de la cantidad de productos que han recolectado, previo a la realización del negocio.

El modelo se construyó aplicando técnicas de economía computacional, que permiten determinar un conjunto de actividades que pueden realizar los individuos del modelo en grupos de algoritmos. Estos algoritmos permiten a los individuos seleccionar algunas actividades de forma autónoma, guiándose por una función de utilidad de decisión limitada a las opciones percibidas. La función de utilidad se forma a través del tiempo en procesos de aprendizaje por inferencia inductiva por los recuerdos de las variaciones de la utilidad experimentada por el consumo de los productos.

El modelo innova en el campo de la economía computacional al realizar animaciones que permiten a los usuarios del modelo ver en cada instante las actividades que se están realizando. Esta innovación permite realizar pruebas sobre el desempeño del aplicativo, a la vez que lo hace didáctico con el fin de que los usuarios puedan aprender del mismo de una forma fácil.

Componentes importantes de las investigaciones económicas se vislumbran con gran interés para agregar al modelo, como los factores institucionales que permitan hacer que los precios se marquen más fuertemente en los individuos. Resulta de particular interés la introducción de un producto de intercambio o moneda. Así mismo, resulta de importancia desarrollar los algoritmos para la generación de relaciones sociales entre las familias.

El modelo además incluye la presentación en cada instante para cada individuo del modelo de su nivel de felicidad, de sus decisiones, de su aprendizaje y en general de un gran conjunto de variables, las cuales no se presentaron como parte de este estudio y que pueden servir para hacer análisis de bienestar y otras mediciones. Al igual que los modelos computacionales de formación de precio previos [Testfatsion 2006], permite introducir múltiples individuos con características heterogéneas en un contexto dinámico que no se pueden introducir en los modelos de equilibrio general walrasiano. Pero a diferencia de estos modelos, introduce la dinámica de comportamiento de cada agente durante su periodo de vida.

Este tipo de modelo es el origen de una propuesta de crear un modelo que integre más elementos de los estudios económicos tanto teóricos como prácticos. Tal propuesta es una alternativa que aporta a la simulación de modelos que pueden ayudar a las empresas y entidades reguladoras de los mercados a determinar cómo las instituciones y en general las relaciones sociales pueden impactar el comportamiento de los precios. Así mismo esta nueva aproximación a una generalidad de la teoría de las decisiones puede emplearse en programación y robótica, para la mejora de equipos que se comunican con personas, como actualmente se utiliza en juguetes como el Furby® de Hasbro® o los robots de Wow Wee®, en robots de compañía como Papero® de NEC®, o de servicios como Asimo® de Honda® o en programación de algoritmos educativos como los que emplea LEGO® Mindstorms®, convirtiéndose en un apoyo para la industria.

REFERENCIAS

- Akerlof, George y Janet Yellen, "Can small deviations from rationality make significant differences to economic equilibria?," *The american economic review*, LXXV (1985), 708-720.
- Amman, Hans, David Kendrick y John Rust, *Handbook of computational economics*. (Holanda : Elsevier, 1996).
- Anderson, Robert, "Core theory with strongly convex preferentes," *Econometrica*, LXIX (1981), 1457-1468.
- Arrow, Kenneth. y Gerard Debreu, "Existence of an equilibrium for a competitive economy," *Econometrica*. XXII (1954), 265-290.
- Ashraf, Nava, Colin Camerer y George Lowenstein, "Adam Smith, behavioral economist," *The journal of economic perspectives*, XIX (2005), 131-145.
- Audesirck Teresa y Gerald Audesirck, *Biology: life on earth*. 4 ed. (United Status : Prentice Hall, 1996).
- Bechara, Antoine, Hanna Damasio, Antonio Damasio y Gregory Lee, "Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making," *The journal of neuroscience*, XIX (1999), 5473-5481.
- Bechara, Antoine y Nasir Naqvi, "Listening to your heart: interoceptive awareness as a gateway to feeling," *Nature neuroscience*, VII (2004), 102-103.
- Becker, Gary, "Irrational behavior and economic theory," *The journal of political economy*, LXX (1962), 1-13.
- Bowles, Samuel, "Endogenous preferences: the cultural consequences of market and other economic institutions," *The journal of economic literature*, XXXVI (1998), 75-111.
- Bowles, Samuel y Herbert Gintis, "Walrasian economics in retrospective," *The quarterly journal of economics*, CXV (2000), 1411-1439.
- Camerer, Colin, George Lowenstein y Drazen Prelec, "Neuroeconomics: how neuroscience can inform economics," *The journal of economic literature*, XLIII (2005), 9-64.
- Carpenter, Malcolm, *Neuroanatomía fundamentos*. 4ed. (Buenos Aires : Médica panamericana, 1994).

- Craig, Arthur, "How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body," *Nature reviews neuroscience*, III (2002), 655-666.
- Critchley, Hugo, Stefan Wiens, Pia Rotshtein, Arne Öhman y Raymond Dolan, "Neural systems supporting interoceptive awareness," *Nature neuroscience*, VII (2004), 189-195.
- Dolan, Raymond, "Emotion, cognition, and behavior," *Science*, CCXCVIII (2002), 1191-1994.
- Elster, John, *Ulises and the sirens: studies in rationality and irrationality*. (Cambridge : Cambridge university press, 1979).
- Fehr, Ernst y Jean Tirol, "Individual irrationality and aggregate outcomes," *The journal of economic perspectives*, XIX (2005), 43-66.
- Gilboa, Itzhak y David Schmeidler, "Inductive inference: an axiomatic approach," *Econometrica*, LXXI, (2003), 1-26.
- Gode, Dhananjay y Shyam Sunder, "Allocative efficiency of markets with zero intelligence traders: Market as a partial substitute for individual rationality," *The journal of political economy*, CI (1993), 119-137.
- Grandmont, Jean, "Temporary general equilibrium theory," *Econometrica*, XLV (1977), 535-572.
- Grether, David y Charles Plott, "Economic theory of choice and the preference reversal phenomenon," *The american economic review*, LXIX (1979), 623-638.
- Grether, David y Charles Plott, "Economic theory of choice and the preference reversal phenomenon: reply," *The american economic review*, LXXII (1982), 575.
- Guyton, Arthur, *Anatomía y fisiología del sistema nervioso*. 2ed. (Buenos Aires : Médica Panamericana, 1994).
- Hamann, Stephan, Timothy Ely, Scout Grafton y Clinton Kilts, "Amygdala activity related to enhanced memory for pleasant and aversive stimuli," *Nature neuroscience*, II (1999), 289-293.
- Hara, Chiaki, "Existence of equilibria in economies with bads," *Econometrica*, LXXIII (2005), 647-658.
- Hicks, John, "Leon Walras," *Econometrica*, II (1930), 338-348.

- Josephson, Anna y Nixon, Thomas, Central Nervous System – Visual perspectives. Mediabyrån vid Karolinska Institutets Universitetsbibliotek (En línea). <http://mediabyran.kib.ki.se/projects/cns/atlas/thalamus.html> (Consultado Noviembre 24, 2006).
- Kahneman, Daniel, “Experienced utility and objective happiness: a moment based approach” en Kahneman, Daniel y Amos Tversky, *Choices, values and frames*, (United States : Cambridge university press, 2000).
- Kahneman, Daniel, “Objective happiness” en Kahneman, Daniel, Ed Diener y Norbert Schwarz, *Well-being: the foundations of hedonic psychology*, (New York : Russell Sage Foundation, 1999).
- Kahneman, Daniel, “A psychological perspective on economics,” *American economic review*, XCIII (2003a), 162-168.
- Kahneman, Daniel, “Maps of bounded rationality: psychology for behavioral economics,” *American economic review*, CXIII (2003b), 1449-1475.
- Kahneman, Daniel, Ed Diener y Norbert Schwarz, *Well-being: the foundations of hedonic psychology*, (New York : Russell Sage Foundation, 1999).
- Kahneman, Daniel, Meter Wakker y Rakesh Sarin, “Back to Bentham? Explorations of experienced utility,” *The quarterly journal of economics*, CXII (1997), 375-405.
- Kandel, Eric, James Schwartz y Thomas Jessell, *Neurociencia y conducta*. (Madrid : Prentice Hall, 1997).
- Olarte, Jairo, *Teoría especial del comportamiento económico*. Tesis de grado, 2003.
- Kutschinski, Erich, Daniel Polani y Thomas Uthmann, “A descentralizad agent-based platform for automated trade and its simulation,” *Proceeding of computing in economics and finance*, 2000.
- Lancaster, Kelvin, “A new approach to consumer theory,” *The journal of political economy*, LXXIV (1966), 132-157.
- LeBaron, Blake, “Building the SantaFe Stock Market,” Working paper, Brandeis university (2002).
- List, John, “Does market experience eliminate market anomalies?,” *The quarterly journal of economics*, CXVIII (2003), 41-71.

- List, John, "Neoclasical theory versus prospect theory: evidence from the marketplace," *Econometrica*, LXXII (2004), 615-626.
- Loomes, Graham y Sugden, Robert, "A rationale for preference reversal," *The american economic review*, LXXIII (1983), 428-432.
- Lozano, Angélica y Kronecker, Jeremiah, "John Rawls y Daniel Kahneman: la racionalidad del juicio," artículo presentado en la cátedra Jorge Eliécer Gaitán de la Universidad Nacional de Colombia, (2006).
- Manelli, Alejandro, "Monotonic preferentes and core equivalente," *Econometrica*, LIX (1991), 123-138.
- McKenzie, Lionel, "The classical theorem on existence of competitive equilibrium," *Econometrica*, XLIX (1981), 819-841.
- Mas-Colell, Andreu, "Regular, nonconvex economies," *Econometrica*, LXV (1977), 1387-1407.
- Noguchi, Mitsunori y William Zame, "Competitive markets with externalities", *Theoretical economics*, I (2006), 143-166.
- Purves, Dale, George Augustine, David Fitzpatrick, Lawrence Katz, Anthony-Samuel LaMantia y James McNamara, *Invitación a la neurociencia*. (Montevideo : Médica Panamericana, 1997).
- Radner, Roy, "Existence of equilibrium of plans, prices and price expectations in a sequence of markets," *Econometrica*, XL (1972), 289-303.
- Russell, Thomas y Richard Thaler, "The relevance of quasi rationality in competitive markets," *The american economic review*, LXXV (1985), 1071-1082.
- Russell, Thomas y Richard Thaler, "The relevance of quasi rationality in competitive markets: reply," *The american economic review*, LXXVII (1987), 499-501.
- Shackle, George, *La naturaleza del pensamiento económico: trabajos escogidos 1955 – 1964*. (México : Fondo de cultura económica, 1966).
- Shackle, George. *Epistémica y economía: crítica de las doctrinas económicas*. (México : Fondo de cultura económica, 1976).
- Shizgal, Peter. "On the neural computation of utility: implication from studies of brain stimulation reward" en Kahneman, Daniel, Ed Diener y Norbert. Schwarz, *Well-*

- being: the foundations of hedonic psychology*, (New York : Russell sage foundation, 1999).
- Simon, Herbert, *Naturaleza y límites de la razón humana*. (México : Fondo de cultura económica, 1989).
- Smith, Vernon, “An experimental study of competitive market behavior,” *The journal of political economy*, LXX (1962), 111-137.
- Smith, Vernon, “Microeconomic systems as an experimental science,” *American economic review*, LXXII (1982), 923-955.
- Solomonoff, Ray, “Inductive inference theory – a unified approach to problems in pattern recognition and artificial intelligence”, proceedings of the fourth internacional joint conference on artificial intelligence, (1975), 274-280.
- Testfatsion, Leight, “Agent-based computational economics” en Tesfatsion, Leigh y Kenneth Judd, *Handbook of computational economics, volumen 2*. (Amsterdam : Elsevier, 2006).
- Thaler, Richard, “From homo economicus to homo sapiens,” *The journal of economic perspectives*, XIV (2000), 133-141.
- Vargas, Carlos, *Existencia del equilibrio en economías con bienes públicos y mercados incompletos*. Tesis de grado. Universidad de Los Andes, 2000.
- Walras, Leon, *Abrégé des Éléments d’économie politique pure*. (Lausanne : F. Rouge et Cie, 1938 [1874]).
- Walter, Donald, “Walras’s theories of tatonnement,” *The journal of political economy*, XCV (1987), 7758-774.
- Waterman, Elizabeth, “Demand curves in theory and in practice,” *The quarterly journal of economics*, XLIV (1930), 601-620.