



# **Maestría en Administración de Empresas**

## **TESINA**

### **“SIMULACIÓN EVOLUTIVA DE MERCADO”**

PROFESORES:

PERTIERRA CÁNEPA, FRANCISCO

PAVÍA, CAROLINA

AUTORES:

BELDERRAIN, MARTÍN

GUZZETTI, GUSTAVO

TOKASHIKI, GUSTAVO

**2006**

# Índice

<b>I - Introducción</b>	Pág. 1
<b>II - Problemática y Usuarios</b>	Pág. 4
<b>III - La Simulación en el ámbito de negocios</b>	Pág. 5
<b>IV- Análisis del Mercado de herramientas de Marketing</b>	Pág. 6
<b>V - Sistemas</b>	Pág. 8
<b>VI - Evolución</b>	Pág. 10
<b>VII - Inteligencia Artificial</b>	Pág. 14
<b>VIII - Algoritmos Genéticos</b>	Pág. 16
<b>IX - Antecedentes en la Utilización de Algoritmos Genéticos</b>	Pág. 18
<b>X - Estructura del Modelo Evolutivo Propuesto</b>	Pág. 20
<b>XI - Algoritmos Genéticos en el Modelo</b>	Pág. 25
<b>XII - Decisiones en el Modelo</b>	Pág. 32
<b>XIII - Información para la Toma de Decisiones</b>	Pág. 39
<b>XIV - Implementación</b>	Pág. 41
<b>XV - Utilización y Beneficios</b>	Pág. 42
<b>XVI - Conclusiones</b>	Pág. 44
<b>Anexos</b>	Pág. 46
Anexo I: Estructura Típica del Modelo	Pág. 47
Anexo II: Redes Neuronales	Pág. 51
<b>Bibliografía</b>	Pág. 53

# **I - Introducción**

El objeto del presente trabajo es evaluar la factibilidad de generar un entorno controlado de simulación de mercado que permita entrenar de manera eficiente a quienes participan en decisiones de marketing.

La toma de decisiones en Marketing se lleva a cabo en contextos de información incompleta y cambiante. Si bien existen numerosos cursos y libros que capacitan en los conceptos y principios de gestión de marketing, son pocos los entornos controlados de simulación donde el participante puede entrenarse en el diseño e implementación de los mismos.

Habiendo realizado entrevistas selectivas tanto a profesionales de marketing con experiencia en compañías multinacionales como a profesores universitarios, consultores y emprendedores independientes, se recayó en la totalidad de los casos en un común denominador: la gran importancia que detenta la experiencia práctica en materia de marketing a la hora de tomar decisiones y asumir responsabilidades. A su vez, fue resaltada la falta conocimiento de herramientas que permitan un entrenamiento efectivo de las habilidades requeridas y la disconformidad con ciertos programas de simulación experimentados por no ajustarse a las necesidades de sus proyectos, ser demasiado abstractos y por su compleja utilización.

La carencia de experiencia práctica es habitualmente el factor determinante ante el cual se enfrenta un equipo de marketing en sus actividades diarias, afecta tanto a quienes se encuentran en etapas de adoctrinamiento y entrenamiento, como a quienes desean fortalecer su experiencia actual o conocer y experimentar nuevos mercados; y es el que finalmente impide reconocer oportunidades de mercado o abordar soluciones a problemas actuales de manera imaginativa. Consecuentemente, los costos derivados de la falta de experiencia en los cuales se incurre son elevados, y varias veces ignorados, producen desmotivación en el equipo de trabajo y, generalmente, conducen a su fracaso.

Como respuesta a esta necesidad y complemento a los métodos de aprendizaje actuales, se estudiará en este contexto la aplicación de algoritmos genéticos<sup>1</sup>, metodología que utiliza los criterios de la evolución natural para el desarrollo de sistemas de resolución de problemas no lineales, para crear un entorno de simulación que permita la optimización de soluciones relativas al entendimiento y desarrollo del mercado comprador y al comportamiento de la competencia actual y potencial en una industria determinada. Dicha optimización de soluciones será incentivada por la nueva herramienta fomentando principalmente el conocimiento, consideración, aprendizaje y experimentación de las distintas variables presentes en el entorno, sus posibles interdependencias, combinaciones y los posibles efectos en la realidad estudiada que produce su modificación.

Con el fin de lograr un acabado entendimiento del entorno de simulación sugerido, este trabajo propone en una primera etapa la interiorización en la problemática atacada y la determinación de los posibles beneficiarios de este nuevo entorno. Luego, presenta una breve reseña del empleo de mecanismos de simulación en el ámbito de negocios, analiza distintas herramientas de simulación de marketing presentes en el mercado y hace especial hincapié en conceptos de sistemas, evolución, inteligencia artificial y algoritmos genéticos, esenciales para el entendimiento del modelo propuesto. En este contexto, explica la estructura del entorno de simulación planteado, la utilización de algoritmos genéticos, su metodología para la toma de decisiones y los *outputs* arrojados por el mismo. Presentado el nuevo modelo de simulación, describe los requerimientos para su implementación y analiza su utilización y los beneficios que reporta. Finalmente, aborda la conclusión planteando una discusión con el objeto de incentivar futuros aportes.

Entendemos que la factibilidad de empleo de esta herramienta de simulación permitiría el entrenamiento fácil y eficiente en un entorno más real de aquellas personas que deban afrontar decisiones de marketing relativas a investigaciones de mercado,

---

<sup>1</sup> HOLLAND, J.H., "Adaption in Natural and Artificial Systems", University of Michigan Press, Ann Arbor, USA, 1975.

determinación óptima de la mezcla de marketing<sup>2</sup> que debe tener un producto o servicio para ser competitivo en el mercado y sus respectivas comprobaciones técnicas.

---

<sup>2</sup> KOTLER, P., “Dirección de Marketing – La edición del milenio”, Prentice Hall, 10ª edición, 2001.

## II - Problemática y Usuarios

Actualmente, la abundancia y dispersión de información disponible es uno de los principales problemas ante los cuales se enfrenta cualquier decisor. En función de sus habilidades y experiencias, deben seleccionar, clasificar y analizar aquella información que resulte relevante, con el fin de alcanzar una decisión eficiente. La administración de la información, dada la escasez de tiempo con que se cuenta y la velocidad de respuesta demandada por el mercado, hacen de ella casi un arte, que solo puede ser nutrida por la experiencia y el conocimiento del ámbito sobre el cual se debe decidir.

Dicha experiencia es adquirida mayoritariamente mediante la interacción con el mercado, el asesoramiento, la inducción por parte de decisores ya formados en el contexto bajo análisis o simplemente mediante un mecanismo de prueba y error. Esta forma de capacitación y entrenamiento trae aparejados costos económicos directamente relacionados al asesoramiento y la capacitación, y otros, muchas veces ignorados por las compañías, representados por la suboptimización del tiempo de trabajo y, en consecuencia, de la productividad tanto del personal capacitado como de los aprendices. Dicha pérdida de productividad también se ve manifestada por errores producidos o la adopción de decisiones que no alcanzan a capitalizar el máximo potencial disponible.

Inmersos en este contexto se encuentran: a) los estudiantes avanzados o recién graduados de carreras relacionadas a la administración, comercialización o afines, quienes conocen los conceptos, principios teóricos y las herramientas de marketing aplicables pero carecen de experiencia práctica; b) los profesionales y estudiantes de postgrado que desean fortalecer la experiencia adquirida o adentrarse en el estudio de nuevos mercados; c) y finalmente, los entrepreneurs que estén interesados en profundizar sus conocimientos del mercado en el cual se desarrollan y en el análisis de las implicancias referentes a decisiones de marketing en proyectos actuales o futuros.

Dada la necesidad de hacer frente a la problemática en la cual se encuentran sumidas las personas encargadas de la toma de decisiones estratégicas de marketing, resulta necesario encontrar una nueva forma más eficiente de alcanzar el deseado fortalecimiento de la experiencia práctica del decisor, respecto a la evaluación de

información relacionada a las variables relevantes, que conduzcan a la optimización de sus decisiones.

### **III - La Simulación en el ámbito de negocios**

La simulación puede entenderse como una representación dinámica de la realidad estudiada mediante un modelo o sistema. Para lograr dicha simulación es importante detectar los componentes y variables que hacen al sistema real y analizarlos, estableciendo hipótesis y simplificaciones para lograr su abstracción. Esto permite la obtención de un modelo, o réplica del mundo real, con una complejidad manejable que facilite su análisis sin perder rigor analítico.

Esta simplificación de la realidad mediante modelos de simulación es de uso común en los ambientes de negocios. En un principio, fueron los ámbitos académicos los primeros en interesarse por el desarrollo y difusión de estos modelos aplicados al mundo de los negocios, creando los "juegos de simulación de negocios". Éstos permitían al usuario interactuar en un mercado virtual controlado y competir con sus pares. El principal objetivo de éstos es fomentar la capacitación práctica de los estudiantes y el desarrollo gerencial, principalmente en cursos de postgrado. Luego, las empresas empezaron a interesarse en la simulación de negocios y los adoptaron como una nueva forma de capacitación de sus ejecutivos *indoor*. Hoy puede hallarse una gran variedad de simuladores de negocios disponibles en el mercado, los cuales pueden clasificarse<sup>3</sup>, según la orientación de sus fines en: a) generales, aquellos encargados del entrenamiento de tácticas y estrategias empresariales que deben ser tomadas por la dirección general de una empresa, pudiendo nombrar entre los más conocidos a "Business Policy Game", "Business Strategy Game", CEO, "Treshold" y "Multinational Management Game"; y b) específicos, enfocados a actividades y decisiones tácticas de

---

<sup>3</sup> COSO, P. y otros, "¿Qué es un simulador de negocios?", on line, <http://www.navactiva.com/web/es/amngm/doc/articulos/2004/07/26380.jsp>, (20/07/2006)

un área específica de la empresa, donde se destacan el “Marketing Game” para marketing , “Fingame” para finanzas, “Forad” para finanzas internacionales, “Intopia” para negocios internacionales y “The Management /Accounting Simulation” para el área de contabilidad.

Actualmente, la simulación no es sólo utilizada como una forma de capacitación de ejecutivos sino que se desarrolla para obtener información relevante para la toma de decisiones en contextos de variable complejidad, con el objeto de optimizar tiempos y rigor de análisis e incrementar la eficiencia de gestión de recursos.

Es fundamental destacar que la utilidad y eficiencia de cada modelo de simulación varía según la capacidad de reproducción de la realidad que pretende simular. Es por ello que tiene vital importancia el conocimiento del grado de error y nivel de representatividad de los mismos para su correcta ponderación y aplicabilidad como parámetros decisorios.

## **IV - Análisis del Mercado de herramientas de Marketing**

En los últimos veinte años han sido desarrolladas herramientas de marketing que fomentan el entrenamiento práctico de los conocimientos y habilidades adquiridos por estudiantes y profesionales mediante mercados simulados. Con el correr del tiempo éstas han ido evolucionando y, poco a poco, fueron adoptadas por distintas universidades para ser incluidas en sus programas de carreras de grado y postgrado. Pueden citarse entre las más conocidas del mercado a “MarkStrat”<sup>4</sup>, “Marketplace Business Simulation”<sup>5</sup> y “Marketing Game”<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> STRAT X SIMULATIONS, “More Power for the experienced marketer”, on line, [http://www.stratxsimulations.com/markstrat\\_online\\_home.htm](http://www.stratxsimulations.com/markstrat_online_home.htm), (24/10/06).

<sup>5</sup> MARKETPLACE BUSINESS SIMULATIONS, “Innovative Learning solutions”, on line, <http://www.marketplace-simulation.com>, (24/10/06).



Dichas herramientas se caracterizan por proponer a los participantes simulaciones de mercado donde ejercitar sus conocimientos de marketing y diseñar e implementar estrategias competitivas. Básicamente, los entornos de simulación propuestos consisten en mercados ideales donde distintas firmas compiten en una industria emulando condiciones reales. Para la creación de dichos entornos se nutren de experiencias pasadas, basándose en criterios de selección de alternativas puramente racionales y en funciones condicionales estáticas, dejando de lado criterios aleatorios de comportamiento presentes en cada sociedad. Complementariamente, éstas requieren de un elevado número de participantes para otorgarle una adecuada diversidad al entorno.

Actualmente, éstas poseen una alta adaptabilidad y permiten al usuario entrenarse en distintas áreas de marketing debido a que están constituidas por varios módulos de simulación que se van activando dentro de un marco global, lo cual permite seleccionar la cantidad de variables operantes sobre las distintas áreas que se decida entrenar, conforme el nivel de entrenamiento deseado. Dicha posibilidad de adaptación permite a los administradores, función generalmente desempeñada por profesores, enfocar las simulaciones en sus objetivos académicos y determinar en función de éstos si la actividad será realizada en forma grupal o individual.

Su rápida adopción por parte de los organismos académicos se sustenta en numerosos estudios empíricos que demuestran el aporte de los entornos competitivos experimentales como una importante ayuda para el mejoramiento del proceso de toma de decisiones. Como ejemplo, podemos citar el estudio “An evaluation of improvement in decision making in a competitive experimental environment”<sup>7</sup>, el cual concluye con el apoyo a este tipo de herramientas utilizadas con fines educativos.

Consultadas distintas personas que han experimentado estas herramientas como usuario o administradores, no se encontraron cuestionamientos sobre sus beneficios

---

<sup>6</sup> ESIC, “Experiencia y Nuevas Tecnologías para la mejor formación empresarial”, <http://www.mkgame.esic.es/games/BMG/2006/>, on line, (24/10/2006).

<sup>7</sup> JOEL HERCHE Y MARJORIE FOX, “An evaluation of improvement in decision making in a competitive experimental environment”, *Marketing Educational Review*, Vol 4 (Spring 1994) 29-34.

educativos. Las principales críticas sobre los entornos de simulación resultantes de las entrevistas realizadas se resumen en: a) la complejidad de utilización, cuentan con extensos manuales y demandan tiempo de inducción; b) se centran en mercados ideales o determinados, no permitiendo al usuario entrenarse en un ambiente simulado del mercado en el cual se desenvuelve o desenvolverá realmente; c) deben ser monitoreados y controlados constantemente por un administrador; y d) representan dificultades para el usuario de habla hispana por encontrarse diseñados mayoritariamente en lengua inglesa.

## **V - Sistemas**

La creación de un entorno de simulación implica generar un sistema que modelice ciertas características del mundo real. Resulta importante a la hora de hablar de simulación adentrarnos en los conceptos básicos referentes a sistemas.

La definición tradicional indica que un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados entre sí con un objetivo concreto. Esto significa que existe una influencia mutua entre sus elementos componentes, es decir, que el cambio experimentado en uno de ellos repercute y afecta al resto, y por otro lado, que una serie de elementos reunidos sin un propósito común no constituye un sistema. Por lo tanto, para describir el comportamiento de un sistema es necesario conocer detalladamente sus elementos, las interacciones o relaciones entre ellos, los estados o valores instantáneos que poseen y sus transiciones o cambios dinámicos dentro de la variedad de estados posibles. De esta manera, se define su estructura (qué es) y su función (qué hace) para permitir la representación de cierta realidad. La posibilidad de modificación de los estados internos de un sistema a través del tiempo determina si el sistema es estático o dinámico.

Surgen propiedades interesantes al analizar al sistema como un todo debido a que, en general, elementos simples interactuando en grupo generan características distintas a las descritas para cada individuo. Un perfecto ejemplo está representado por las poblaciones de hormigas, donde la sumatoria de los comportamientos individuales simples de cada hormiga deviene en un complejo funcionamiento que permite su supervivencia como un todo.

A su vez, un sistema puede considerarse como parte o elemento constitutivo de un sistema mayor. La interacción del sistema con otros o, de manera más general, con el medio ambiente modifica su comportamiento y rendimiento. Aquellos con escaso intercambio de información o energía con el entorno se denominan sistemas cerrados. Por otro lado, cuando éstos tienen un mediano o alto intercambio se denominan sistemas parcialmente abiertos o sistemas abiertos respectivamente. En esta interacción, el sistema puede no modificar su comportamiento a partir de la influencia externa en cuyo caso es llamado no adaptativo o, por el contrario, puede reaccionar ante estímulos externos y adaptarse a las nuevas condiciones del entorno denominándose sistema adaptativo.

Existen innumerables fenómenos de la vida diaria difíciles de comprender por su complejidad. Aún en estos casos, existen características y reglas inherentes a los mismos que pueden ser descriptas para constituir un sistema que los represente. En general, la cantidad de variables implicadas y la complejidad de la estructura del fenómeno dificultan la generación del sistema.

Los sistemas complejos surgidos para describir estos fenómenos, poseen ciertas características comunes. Se componen de una gran cantidad de elementos relativamente idénticos, originan comportamientos emergentes que no pueden explicarse a partir de comportamientos individuales de elementos tomados aisladamente y por último, es muy difícil predecir su evolución dinámica futura. Ejemplos de estos sistemas provienen de ciencias tales como la física, la química, la biología o la economía donde se modelizan ecosistemas, sociedades de insectos, organismos o economías de mercado. A pesar de describir fenómenos de naturaleza y características muy distintas, estos sistemas identifican conductas dinámicas genéricas como el crecimiento o la autoorganización.

El dinamismo de este tipo de sistemas se caracteriza por mantener un delicado equilibrio a lo largo del tiempo donde cualquier variación interna puede modificar el comportamiento de todo el sistema, alterando las características de los elementos y las leyes que gobiernan su interrelación. Esto origina una evolución donde el orden y el desorden se alternan constantemente y donde cada estado es sólo una transición hacia uno nuevo.

En los sistemas complejos, el crecimiento se basa en la sucesión de estados de orden y desorden, y la autoorganización es la que permite recuperar el equilibrio modificando el estado interno y adaptándose al entorno. De esta manera, los sistemas perduran con características que le aseguran cierto orden para desarrollar procesos y evitar la extinción, y con características especiales de desorden que le permiten evolucionar y adaptarse a situaciones novedosas.

El concepto de sistemas inmersos en otros mayores se establece en los sistemas complejos mediante niveles. La interrelación de elementos de un nivel origina un elemento del nivel siguiente que se comporta de manera diferente a cada uno de sus componentes. De esta manera, existe un sistema complejo organizado en torno de dos ejes: uno espacial y otro temporal.

## **VI - Evolución**

Los sistemas complejos explican a través de la evolución su adaptabilidad al entorno cambiante. Esta característica se deriva de los conceptos de evolución biológica propuestos por Charles Darwin<sup>8</sup> a mediados del siglo XIX, teoría que se sustenta en las nociones de cambio gradual de características en las especies a lo largo del tiempo, la idea de diversidad presente en todas las especies y el mecanismo de selección natural como medida de éxito entre las distintas variantes de una población.

De esta manera, la evolución biológica es el proceso por el cual unas especies se transforman a lo largo del tiempo en otras descendientes o se extinguen, e implica que todos los seres vivos comparten algún antepasado común. La idea de transformación, anterior a la teoría de Darwin, conlleva un problema fundamental que consiste en explicar la manera en que esta evolución es dirigida. Existen numerosas explicaciones en este sentido que, según las fuentes, sostienen que la misma puede originarse en leyes inherentes de la naturaleza, una divinidad creadora o en fuerzas desconocidas del universo.

---

<sup>8</sup> DARWIN, CHARLES, "The origin of species", Londres, Inglaterra, John Murrup, 1859, 1ª edición.

El filósofo y teólogo inglés William Paley<sup>9</sup> supone que el alto nivel de complejidad de los organismos vivos, compuestos por partes diseñadas con propósito manifiesto y mecanismos sofisticados, puede explicarse sólo a partir de un diseño explícito por parte de un ser inteligente con poder sobrenatural. El autor plantea la analogía del relojero, donde una persona encuentra un reloj en el medio del campo y se pregunta sobre el origen de ese artefacto. ¿Supondría que todas las piezas se unieron al azar o que es el producto de un relojero que alguien dejó caer?

En esta analogía el reloj representa un universo en miniatura donde cada parte forma el todo de un modo tan preciso que marca regularmente los minutos y horas de cada día. Cada parte ha sido fabricada por separado, moldeada a su manera y colocada en el lugar exacto para producir el movimiento de su maquinaria. Si así no fuera, el reloj no serviría en lo absoluto. El movimiento perfectamente coordinado de las piezas del reloj evidencia la existencia de una mente inteligente que lo ha diseñado y construido. El reloj como tal no se ha hecho solo, en algún tiempo pasado fue creado por uno o varios artífices con el propósito definido de señalar las horas.

Los organismos vivos son mucho más complicados que los relojes en un grado tal que sobrepasan todo cálculo y de esta manera sólo la hipótesis de un diseñador inteligente resulta convincente. Asimismo, Paley sostiene que las marcas del diseño en la naturaleza son tan evidentes que no pueden ser pasadas por alto y, complementariamente, que el diseño de todo cuanto existe exige la existencia de un diseñador.

Por el contrario, Darwin planteó un mecanismo natural que trabaja sin propósito ni dirección a priori, que utiliza los errores de la maquinaria de herencia y descarta las variantes menos exitosas en la lucha por la supervivencia, generando las estructuras más sofisticadas y caprichosas del mundo natural. A este mecanismo lo denominó selección natural y resulta en el cambio de las características de un grupo de organismos a lo largo del tiempo.

---

<sup>9</sup> PALEY, W., "Natural Theology: Or , Evidences of the Existence and Attributes of the Deity, Collected from the Appearances of Nature", Londres, Inglaterra, 1802, Faulder.

A mediados del siglo XIX, las especies representaban el diseño perfecto elaborado por el creador divino. Las diferencias de estructura o conducta de los distintos individuos de una misma especie eran apreciadas como errores en la implementación de ese diseño. Por el contrario, Darwin consideró a estas variaciones como la esencia en la evolución de la población y punto de partida de la diversidad biológica, teniendo la firme convicción que estas diferencias a lo largo del tiempo y el espacio son las generadoras de nuevas especies. Según esta teoría, no existen características prediseñadas para una especie, no existe un color de piel o una estatura ideal y cada individuo, con sus variaciones particulares, constituye un elemento esencial dentro de su propia especie.

Teniendo en cuenta desde la perspectiva biológica que los organismos vivos sólo transmiten a sus descendientes su material genético, la evolución se explica como un proceso estadístico de transformación de ese material. En esta transformación intervienen la derivación genética al azar, la migración entre poblaciones, la mutación genética y la selección natural.

La selección natural es un proceso que se cumple cuando se dan tres condiciones básicas: la existencia de diferencias en morfología, fisiología o conducta entre los individuos de una población; la observación de una eficacia biológica diferencial asociada a estas variaciones; y, por último, que dichas variaciones se hereden de una generación a otra. Un caso típico para ejemplificar estas tres condiciones es el de las polillas *Biston Betularia*<sup>10</sup> en Gran Bretaña. El cual demuestra la existencia de polillas con alas claras y otras con alas oscuras, cumpliendo de esta manera con la primera condición expuesta. Debido a sus hábitos nocturnos, estos insectos descansan durante el día sobre las cortezas de los árboles donde son cazados por numerosas aves. Quedó demostrado que las polillas de color claro prevalecen sobre las oscuras debido a que se confunden con los líquenes que crecen en la superficie de los árboles. Es decir que el color claro está asociado a un mayor éxito de supervivencia, conformando la segunda condición enunciada. Si el color es una característica que se hereda en las sucesivas

---

<sup>10</sup> GISHLICK, A. D., "Icons of evolution? Why much of what Jonathan Wells writes about evolution is wrong. Peppared moths", on line, <http://www.natcensciend.org/icons/icon6moths.html>, (30/08/2006).

generaciones, los descendientes de polillas claras tienen mayor probabilidad de ser claras, se cumple la tercera condición. Esta medida de éxito es determinada por la selección natural que puede fundamentarse en características de supervivencia como en este caso, o por características reproductivas en casos donde prevalecen individuos cuyas condiciones garantizan una mayor reproducción. Resulta interesante señalar que un cambio en las condiciones del entorno altera este delicado equilibrio. En el ejemplo de las polillas, se comprobó que la revolución industrial impregnó gradualmente de hollín las cortezas de los árboles en el noroeste de Gran Bretaña, motivo por el cual se revirtió la proporción dentro de la población aumentando el número de polillas de alas oscuras.

En otras palabras, la selección natural es un proceso presente en poblaciones con variación, multiplicación y herencia que se verifica cuando ciertas variantes genéticas se multiplican más que otras, dependiendo fuertemente de las condiciones del entorno.

En el contexto de la teoría Darwiniana, para que haya evolución debe existir selección natural. Asimismo, para que haya selección natural, deben existir variaciones biológicas. Sin ellas, la selección natural no tendría materia prima sobre la que actuar. Estas variaciones se originan en las mutaciones, que son los cambios producidos al azar en la información genética de un individuo. De esta manera, la evolución se conforma por la repetición de etapas de generación azarosa de variaciones a partir de mutaciones y etapas de ordenamiento mediante la selección natural.

Una fuerte objeción a esta teoría argumenta que es difícil entender cómo interviene la selección natural en la generación de órganos de estructura compleja tales como el ojo ya que durante su evolución carece de sentido funcional contar con un órgano sin desarrollo. Asimismo, plantea que es probabilísticamente imposible generar una estructura de tal complejidad mediante un único paso. Esta objeción es rebatida por científicos que simulaban la evolución del ojo desde un estadio primitivo<sup>11</sup> y demostraron que el mismo puede desarrollarse en 365.000 generaciones. Por otro lado, concuerdan con la idea de que es imposible generar en un paso una estructura de este

---

<sup>11</sup> Nilsson, D. E. y Pelger, S., "A pessimistic estimate of the time required for an eye to evolve", Proc. of the Royal Society of London, 1994.

nivel de sofisticación, pero entienden que la selección natural es un proceso acumulativo que genera adaptaciones complejas a lo largo de numerosos pasos.

## **VII - Inteligencia Artificial**

La teoría evolutiva de Darwin revolucionó la biología e influyó en numerosas otras ciencias, entre las cuales la computación no fue la excepción. A mediados del siglo pasado surgió una disciplina denominada Inteligencia Artificial conformada por un conjunto de tecnologías computacionales abocadas a estudiar la manifestación y la representación de la manera en que las especies vivientes se adaptan al medio ambiente para aplicarlo en máquinas artificiales con diversos objetivos.

Desde el comienzo de la historia el hombre se ha esforzado en reproducir sus habilidades en máquinas o herramientas. En la antigüedad se desarrollaron artefactos que utilizaban la fuerza bruta para realizar movimientos y facilitar el trabajo de los hombres. Más recientemente, estos artefactos aumentaron su nivel de sofisticación, dando paso a los autómatas surgidos durante la revolución industrial encargados de realizar tareas repetitivas mediante mecanismos de aire, fluidos u otros materiales. Con el surgimiento de las primeras computadoras, surgió la posibilidad de diseñar estructuras más complejas que pudieran imitar el comportamiento de los seres vivos mejorando tareas cognitivas.

El matemático y filósofo inglés Alan Turing publica en 1950 el paper Computing Machinery and Intelligence<sup>12</sup> donde sienta las bases de la Inteligencia Artificial preguntándose si es posible que las máquinas piensen y proponiendo un test para determinar si una máquina puede hacerlo. La posibilidad de inteligencia en máquinas cautivó a la comunidad científica generando debates donde participaban miembros de campos afines como la psicología. En un encuentro celebrado en el

---

<sup>12</sup> TURING, A. M., “Computing Machinery and Intelligence”, on line, <http://cogprints.org/499/00/turing.html>, (02/09/2006).



Darmouth College en 1956<sup>13</sup> dos psicólogos, Allen Newell y Herbert Simon, presentaron un programa de computadoras que realizaba operaciones similares a la del pensamiento humano en demostraciones de teoremas matemáticos. Esta conferencia es reconocida por ser el lugar donde se acuñó formalmente el término Inteligencia Artificial y se definieron las presunciones básicas de la nueva disciplina.

Durante los primeros años, las investigaciones encontraron rápidamente limitaciones al concentrarse en la imitación de la constitución física y química del cerebro humano. Esto se modificó a partir de 1961 cuando Marvin Minsky<sup>14</sup> propuso abandonar el estudio de las reglas que gobiernan a la materia para abocarse en las reglas que gobiernan a la información. A partir de ese momento, la investigación se ramificó y extendió en diversas direcciones con la participación de especialistas de la psicología, lógica, matemática, lingüística y filosofía.

En la actualidad abundan definiciones respecto de lo que implica esta nueva disciplina. Una de las más abarcativas, dada por Farid Tapia<sup>15</sup>, la define como la rama de la ciencia de la computación que estudia la resolución de problemas no algorítmicos mediante el uso de cualquier técnica de computación disponible, sin tener en cuenta la forma de razonamiento subyacente a los métodos que se apliquen para lograr esa resolución. Se entiende como problema no algorítmico a aquellos que por su complejidad y naturaleza no pueden ser resueltos por algoritmos conocidos. En estos casos, la mente humana aplica ciertas reglas denominadas heurísticas con el objeto de reducir la complejidad del problema. En cada paso, existen numerosas heurísticas para aplicar y nada asegura que la aplicación de las mismas obtenga o, al menos, acerque a la solución del problema. Los problemas tales como descubrir teoremas matemáticos, diagnosticar enfermedades, componer música o comprender una frase escrita necesitan

---

<sup>13</sup> RODRIGUEZ ARIAS, E., “La ciencia psicológica durante el siglo XX”, on line, <http://www.psicologiacientifica.com/publicaciones/biblioteca/articulos/ar-enerio02.htm>, (13/6/2005).

<sup>14</sup> MINSKY, M., “Steps Towards Artificial Intelligence”, on line, <http://web.media.mit.edu/~minsky/papers/steps.html>, (8/9/2006).

<sup>15</sup> TAPIA, F. F., “Buscando una definición para la Inteligencia Artificial”, on line, [http://www.redcientifica.com/gaia/ia/intia\\_c.htm](http://www.redcientifica.com/gaia/ia/intia_c.htm), (12/09/2006).

de inteligencia y originalidad para su resolución y conforman el campo de acción de la Inteligencia Artificial.

Según De la Herrán Gascón<sup>16</sup>, existen dos enfoques de trabajo dentro de esta disciplina. El primero, denominado simbólico, simula las características inteligentes que se pretenden conseguir plasmando el conocimiento en una serie de reglas mediante la manipulación de símbolos en lugar de cálculos matemáticos. El segundo, llamado conexionista, desarrolla sistemas formados por pequeñas unidades de cálculo muy simples que, interconectadas entre sí, logran que el conjunto resuelva ciertas clases de problemas complejos.

En el primer enfoque se encuentran los sistemas expertos, que aplican conocimiento específico acerca de un problema particular para tomar decisiones y conocimiento acerca de cómo obtener otros nuevos a partir del ya obtenido. En el enfoque conexionista los ejemplos más significativos son las redes neuronales, basadas en el aprendizaje y especializadas en el reconocimiento de patrones, y los algoritmos genéticos orientados a la resolución de problemas mediante la autonomía y la adaptación al entorno.

## **VIII - Algoritmos Genéticos**

Los algoritmos genéticos<sup>17</sup> son el resultado de interpretar a la naturaleza como una gran máquina de resolver problemas. Basados en el proceso evolutivo explicado por Darwin, se entiende a la vida natural como un conjunto de seres vivos que, enfrentados a diversos problemas, logran sobrevivir merced a su capacidad de resolución y adaptación. De esta manera, se considera a la evolución como un suceso inherente a nuestro universo y, como tal, extrapolable a las ciencias computacionales.

---

<sup>16</sup> DE LA HERRÁN GASCÓN, M., “Arena Sensible”, Ediciones Red Científica, Madrid, España, abril de 2005.

<sup>17</sup> HOLLAND, J.H., “Adaption in Natural and Artificial Systems”, University of Michigan Press, Ann Arbor, USA, 1975.

Estos algoritmos han demostrado ser una estrategia poderosa de resolución de problemas no lineales<sup>18</sup>, donde por su naturaleza no pueden utilizarse métodos analíticos tradicionales. Para ello se debe lograr una adecuada representación del problema, entender la manera de generar una población inicial y, finalmente, definir los tres aspectos básicos intervinientes en la evolución y detección de soluciones: desarrollar funciones de evaluación y selección, establecer los métodos de reproducción de la población y definir la frecuencia y forma de las mutaciones de la misma.

En general y dado un problema específico, se define una población inicial que representa distintas soluciones al mismo. Estas soluciones son generadas de manera aleatoria y codificadas de forma tal que permitan ser evaluadas. A cada unidad o agente componente de la población puede aplicarse alguna de las siguientes funciones: la evaluación, que valora la solución propuesta por cada agente y permite seleccionar las más aptas, descartando al resto; la reproducción que combina pares de agentes para crear nuevos agentes hijos; y la mutación, encargada de alterar aleatoriamente y con baja frecuencia alguna característica de los agentes.

Cada una de estas funciones conlleva diferentes métodos de aplicación y queda a criterio del desarrollador la utilización de una o varias de ellas en cada caso. A modo de ejemplo, la selección puede ser extremadamente exigente eligiendo sólo a los más aptos o puede simplemente optar por un porcentaje de aptos y uno menor de no aptos para asegurar la diversidad de la especie. Por otro lado, la reproducción puede combinar aleatoriamente características de los agentes padres, tomar el 50% de las características de cada uno o elegir las que considere más convenientes de cada uno de ellos.

Luego de un gran número de repeticiones del proceso, donde cada iteración o ciclo es asimilable a una generación de una especie de la naturaleza, se obtienen soluciones más complejas y eficientes que las que un experto humano podría desarrollar.

---

<sup>18</sup> Nota: Los problemas no lineales son los más comunes en la vida real. Son aquellos en los cuales cada componente está relacionado directa o indirectamente con los demás y donde el cambio en un componente genera modificaciones en los demás, por lo que puede ocurrir que cambios individuales perjudiciales pueden resultar en una mejora colectiva.

Nuestro desafío consiste en demostrar que la herramienta propuesta puede aplicarse en la simulación de complejos sistemas del mundo real y para ello analizaremos sus ventajas y desventajas.

Las principales ventajas radican, en primer lugar, en que los algoritmos genéticos son intrínsecamente paralelos. Cada agente explora sus propias alternativas y decide en el espacio de posibilidades y esto los hace fácilmente asimilables al modelo que queremos implementar. Este paralelismo, asociado al método de selección elegido, permite obtener comportamientos esperados y no esperados distribuidos de distinta manera según sus características. Por otro lado, los sistemas complejos son cambiantes con el tiempo y responden a funciones discontinuas, ruidosas y con numerosos óptimos locales, entorno en el cual los algoritmos genéticos se adaptan naturalmente. Otro aspecto importante está dado por la capacidad de éstos de caracterizar a cada agente de la población de manera variable, prácticamente sin límite de atributos, y parametrizando los cambios de cada atributo, lo cual brinda a la herramienta versatilidad y posibilidad de evaluar y decidir con multiplicidad de objetivos. Finalmente, otra característica importante de los algoritmos genéticos es su ignorancia respecto a los problemas u objetivos a alcanzar. Esto los convierte en decisores sin preconceptos, guiando su comportamiento según los parámetros obtenidos a partir de las funciones aplicadas.

Las principales desventajas nacen con la técnica misma. Resulta vital encontrar la manera óptima de representar el modelo, caso contrario no se logrará emular fielmente el comportamiento de un mercado. Definida la representación de la población, la dificultad subsiste en encontrar las funciones de selección, reproducción y mutación correctas. De esto depende que la evolución de los agentes se comporte coherentemente con lo que esperamos del modelo.

## **IX - Antecedentes en la Utilización de Algoritmos Genéticos**

Existen pocas aplicaciones de algoritmos genéticos en el área de marketing y la mayor parte de ellas se orientan a la resolución de problemas no lineales. Por otro lado, son pocas las simulaciones implementadas mediante esta técnica, entre las cuales se destacan las descritas a continuación.

Tang y Holak<sup>19</sup> desarrollaron un modelo matemático que relaciona los conceptos de marketing referentes al ciclo de vida del producto con la teoría evolutiva de Charles Darwin. El crecimiento en ventas de un producto se explica con la reproducción de agentes o multiplicación, las características que brindan ventajas competitivas se transmiten a través de la herencia de generación en generación, las extensiones de productos son variantes surgidas a partir de la reproducción y en menor medida de la mutación y, finalmente, los éxitos o fracasos se asimilan a la selección natural. Este modelo no es totalmente adaptable a situaciones reales debido a la dificultad de alcanzar una completa descripción de sus elementos.

Debido a esto, algunos estudios se enfocaron en investigar las características de los productos que perduran a través del tiempo mediante funciones de selección. En este sentido, Balakrishman y Jacob<sup>20</sup> aplicaron algoritmos genéticos para entender la selección natural de productos en el mercado.

En marketing, los algoritmos genéticos son utilizados principalmente para análisis de ubicaciones de puntos de venta y optimización de segmentaciones. Hurley, Moutinho y Stephens<sup>21</sup> proponen aplicaciones para resolver problemas donde existen redes con 50 o más puntos de venta y numerosas alternativas de ubicación de nuevos locales. En este contexto, los algoritmos genéticos son eficientes optimizando métricas tales como beneficio total de la red, atracción de nuevos clientes y determinando las mejores mezclas de subconjuntos de la red dedicados a productos o servicios particulares.

---

<sup>19</sup> TANG, Y.E. AND HOLAK, S.L., "A dynamic model of the product evolutionary cycle: applying a biological mechanism to dynamics of product-markets", TIMS Annual Conference, London Business School, England, 13-14 July 1992.

<sup>20</sup> BALAKRISHMAN, P. VS. AND JACOB, VS., "A genetic algorithm-based decision support system for optional product design", TIMS Annual Conference, London Business School, England, 15-17 July 1992.

<sup>21</sup> HURLEY, S., MOUTINHO, L. and STEPHENS N., "Solving marketing optimization problems using genetic algorithms", MCB University Press, European Journal of Marketing, Vol 29 No 4, 1995.

Chmura, Kaiser y Pitz<sup>22</sup> utilizan un modelo multi-agente combinado con algoritmos genéticos para simular un mercado financiero simple. Se centran en el comportamiento de agentes que transaccionan en el mercado financiero, conformado por una sola acción negociada, aplicando sólo dos estrategias de inversión distintas a través del tiempo. La utilización de algoritmos genéticos permite el aprendizaje de los agentes en este entorno en función de sus experiencias y demostrar cual de las dos estrategias disponibles resulta la más eficiente en términos económicos.

El proyecto Tierra<sup>23</sup> de la Universidad de Delaware es un ejemplo de algoritmos genéticos no aplicado a la resolución de problemas. En él, los agentes son programas que compiten por recursos finitos, constituidos por la memoria y el procesador de la máquina. Éstos se reproducen, mutan y seleccionan en virtud de su eficiencia en el uso de los recursos disponibles. En ese contexto surgen programas con diferentes características, algunos más pequeños y eficientes, otros más rápidos y otros incapaces de reproducirse, quienes sólo roban códigos de los programas adyacentes. Posteriormente, dichos programas fueron evolucionando y surgieron programas que, adaptándose a las condiciones existentes, eran inmunes a los anteriores, entre otros tipos de mutaciones experimentadas. Dicho proyecto demuestra la factibilidad de simular un ambiente evolutivo sin ser dirigido por una entidad externa seleccionadora.

## **X - Estructura del Modelo Evolutivo Propuesto**

La implementación del modelo se lleva a cabo mediante una estructura formada por un conjunto de conceptos que permiten describir el entorno de la simulación. Estos conceptos pertenecen a cuatro grandes grupos denominados componentes, relaciones, atributos y macrocomponentes.

---

<sup>22</sup> CHMURA, T., KAISER, J., and PITZ, T., "Simulation of Financial Markets using Genetic Algorithms", April 27, 2006.

<sup>23</sup> RAY, T., "Tierra Project", on line, <http://www.his.atr.jp/%7Eray/tierra/>, (30/07/2006).

Los componentes son objetos o ideas sobre los que se recoge información. La estructura básica del modelo <sup>24</sup> está formada por siete componentes que representan a los productos, las marcas, los canales de comercialización, la fuerza de ventas, el entorno, la situación económico-financiera de la empresa y los clientes. Estos componentes pueden variar según la industria, el entorno o el objetivo del entrenamiento.

Las relaciones son asociaciones o correspondencias entre dos o más componentes y, del mismo modo que los componentes, pueden variar según la implementación.

Los atributos son características de interés o hechos que representan las propiedades básicas de los componentes y relaciones y, como tales, están asociados a ellos. Cada atributo tiene un conjunto de valores asociados o posibles y pueden ser modificados durante el entrenamiento.

Finalmente, los macrocomponentes son agrupaciones de componentes y relaciones que definen un nuevo componente de nivel superior.

Existen tres instancias en la preparación del entorno de simulación. La primera consiste en relevar las características importantes de la simulación. Luego, y en función de ello, se define la estructura a utilizar entendiendo como tal al conjunto de componentes, macrocomponentes, relaciones y atributos a implementar. Finalmente, se realiza la carga inicial de información y se fijan los parámetros a dicha estructura.

En general, los conceptos más importantes del entrenamiento se implementan a través de los componentes. Los productos y servicios ofrecidos por la empresa son almacenados en el componente Productos, cuyos atributos típicos son la calidad representada por valores numéricos que permiten la comparación con productos similares propios y de la competencia, la cantidad producida por unidad de tiempo, el stock de productos actual, los costos de producción fijos y variables, el costo de almacenamiento, el costo de investigación y características propias del producto o servicio relevantes para la simulación y factibles de medición. Los costos se ingresan en

---

<sup>24</sup> Ver Anexo I.

función de una unidad de tiempo uniforme a todo el modelo. De esta manera, cada producto o servicio ofrecido por la empresa, incluyendo aquellos en etapa de investigación y desarrollo, constituye un elemento dentro del componente Productos. En este último caso, los productos aún no desarrollados pueden no contar con atributos tales como costo de almacenamiento o producción, pero habrán incurrido en costos de investigación.

La comercialización de los productos o servicios se lleva a cabo de manera indirecta, a través de otras empresas, o directa, mediante la fuerza de ventas propia. En el primer caso se utiliza el componente Canales donde se almacena cada empresa y sucursal que participa o potencialmente puede intervenir en la cadena de comercialización. Los atributos que definen este componente son el tipo de canal, donde los valores posibles dependen de la industria a la que pertenece la empresa pudiendo ser cadenas de supermercados, distribuidores, locales independientes o mayoristas; el estilo al decidir la comercialización de los productos, pudiendo ser por volúmenes de ventas o por beneficio unitario; la ubicación geográfica, utilizando un nivel uniforme de desagregación en todo el modelo; y finalmente, atributos que permiten caracterizar numéricamente la sensibilidad del canal a promociones, a marcas y al precio, para poder entender como se comportan ante distintas ofertas de la empresa y de la competencia. Por otro lado, las ventas directas se establecen a través de la fuerza de ventas propia, ingresada en el componente Fuerza de Ventas con los atributos de sueldo, costos indirectos asociados y una medida de la experiencia en ventas de cada individuo en la industria.

A su vez, los componentes de comercialización se relacionan con el componente de Productos y generan nuevos atributos en dichas asociaciones. La relación Productos - Canales contiene la información relevante de cada producto comercializado a través de cada uno de los canales. Allí se almacenan los costos por tasas, impuestos y transporte, la inversión y las promociones a cada canal, el nivel de servicio general que se le brinda y el precio al que se le vende el producto. Los costos de transportes, las tasas e impuestos son los que se derivan del comercio entre distintas regiones y están asociados a un determinado producto. Asimismo, la empresa puede desarrollar canales a partir de inversiones tales como la capacitación sobre un producto o mediante promociones especiales. Por último, el nivel de servicio es una calificación general numérica que se



le asigna a la empresa para un determinado producto comercializado a través de un canal. Por simplicidad, no se tienen en cuenta mercaderías en stock en el canal ni sus costos de almacenamiento, aunque esto puede representarse incorporando dos nuevos atributos. En lo que respecta a la relación Productos - Fuerza de Ventas, se definen los atributos de inversión en capacitación e incentivos pagados a cada vendedor.

El cuarto componente representa a las Marcas que existen en la empresa. Cada marca puede estar asociada a varios productos o un producto puede estar asociado a varias marcas. El atributo relevante a definir en cada marca es la antigüedad de la misma.

Uno de los componentes más complejos es el de Clientes. Existen tantos elementos como clientes en el mercado, sean de la empresa o competidores y los atributos definidos son el tipo de cliente, cuyos valores son persona física o empresa, la ubicación geográfica que debe corresponder con la clasificación utilizada en el componente Canales, el nivel socioeconómico, el comportamiento ante nuevos productos, el nivel de fidelización a una marca-producto, el nivel de consumo, la edad, el sexo, la sensibilidad al precio, a la calidad, a la publicidad, a programas de premios y la periodicidad de compra de productos, y, finalmente, la historia de consumo del cliente. El nivel socioeconómico es definido según una escala de seis valores que corresponden a los niveles definidos en 2003 por la Asociación Argentina de Marketing<sup>25</sup>. Por otro lado, el comportamiento del cliente ante nuevos productos se define en función de sus características en cinco niveles. Los *Innovators* son los primeros en adoptar productos nuevos, cuentan con buenos recursos económicos y toleran el riesgo; los *Early Adopters* son líderes de opinión y les interesa el status social; en tercer lugar están los *Early Majority* representa al tercio de la población que compra el producto influenciados por los *Early Adopters*; luego están los *Late Majority* que adoptan el producto cuando ya están demostrados los beneficios que conlleva y finalmente se encuentran los *Laggards* que son los últimos en adquirir el producto. Los niveles de fidelización, consumo y sensibilidades al precio, calidad, publicidad y

---

<sup>25</sup> ASOCIACIÓN ARGENTINA DE MARKETING, “Índice de Nivel Socio Económico”, online, <http://www.aam-ar.com/publica/indice2003.htm>, (1/9/2006)

programas de premios se especifican según escalas numéricas que permiten comparar relativamente a los distintos clientes. Existe un atributo especial donde se almacena la historia de consumos del cliente y se diferencia de los demás por estar conformado por listas de valores detallando las marcas, productos y canales o fuerza de ventas involucrados en cada transacción.

Existe una relación entre los componentes Marcas, Productos, Canales, Fuerza de Ventas y Clientes que define atributos propios de esa asociación. Estas características se resumen en el precio, los gastos en publicidad, programas de premios e investigación de mercado y la imagen que el cliente percibe representada con valores numéricos. Esto significa que para cada producto-marca, dado un canal de comercialización propio o externo, y cada cliente, pueden definirse distintas características que hacen a la particularidad de dicha relación.

Un aspecto importante a tener en cuenta en el modelo es el factor tiempo. Atributos tales como gastos, inversiones y cantidades producidas se asocian a unidades físicas o monetarias por unidad de tiempo y esa unidad temporaria es la utilizada como base para determinar los ciclos entre decisiones en el entrenamiento. Debido a ello, para lograr un ambiente adecuado de simulación, la unidad de tiempo no debe ser ni reducida ni muy extensa. Aunque depende fuertemente de la dinámica de la industria a modelizar, considerar períodos de seis meses es razonable para la mayoría de los entornos.

Los últimos dos componentes son la Situación Económico-Financiera de la empresa y el Entorno. La primera describe el estado de caja en cada momento dada una restricción presupuestaria y el Entorno posee atributos macroeconómicos tales como el PBI, la inflación, la tasa de cambio entre monedas de distintas regiones e indicadores referentes a la industria a la que pertenece la empresa.

La competencia es modelizada a través de macrocomponentes constituidos por los componentes Productos, Canales, Fuerza de Ventas y Situación Económico-Financiera de cada una de las empresas del sector.

## XI - Algoritmos Genéticos en el Modelo

Cada uno de los componentes descriptos posee una variedad de elementos tal que permite la aplicación de algoritmos genéticos para dotarlos de comportamiento dinámico.

La demanda se deriva del comportamiento de los elementos del componente Clientes. Un sencillo ejemplo permite entender la implementación y el funcionamiento del mismo. Si el modelo supone que existe un universo de un millón de clientes para la industria estudiada, esto significa que hay un millón de elementos en el componente Clientes. Cada uno de ellos posee diferentes mezclas de atributos que lo hace particular. En este ejemplo, todos los clientes son personas físicas, viven en alguna de las veintitrés provincias que componen el territorio nacional o en Capital Federal. El nivel socioeconómico se distribuye de acuerdo a las estadísticas de 2003 en la Argentina: alto 10%, medio alto 10%, medio típico 10%, bajo superior 30%, bajo inferior 20% y marginal 20% y, para simplificar la implementación, se codifican numéricamente. De la misma manera se distribuye la población con los porcentajes correspondientes al comportamiento como comprador de productos innovadores: Innovators 20%, Early Adopters 13.5%, Early Majority 34%, Late Majority 34% y Laggards 16% manteniendo cierta correlatividad con el nivel socioeconómico antes ingresado. Los niveles de fidelización, consumo y la sensibilidad al precio, a la calidad, a los programas de fidelización y a la publicidad se miden de manera numérica en una escala del 1 al 5 donde 1 representa el nivel máximo de valor alcanzable. De esta manera, puede representarse a un hombre de 32 años que vive en Capital Federal de la siguiente manera:

Tipo	Ubicación geográfica	Nivel Socioeconómico	Comportamiento	Nivel de fidelización	Nivel de consumo	Edad	Sexo	Sensibilidad al precio	Sensibilidad a la calidad	Sensibilidad a programas	Sensibilidad a la publicidad	Periodicidad de compra	Historia de consumo
1	2	3	4	4	2	32	2	2	3	2	2	4	X

El tipo de cliente se codifica mediante un 1 para personas físicas y un 2 para empresas; la ubicación geográfica es un valor entre 1 y 24, según el orden alfabético de

las provincias; el sexo femenino se representa con 1 y el masculino con 2; la historia de consumo almacena el producto, la marca y el canal o fuerza de ventas ordenados cronológicamente. Para simplificar el modelo, se consideran valores numéricos en la mayoría de los atributos. De manera análoga, existen otros 999.999 elementos que representan a los demás clientes.

La manera en que evoluciona el componente Cliente modificando su comportamiento se deriva del paradigma evolutivo aplicado a través de las tres funciones básicas: reproducción, mutación y selección.

La definición de reproducción en este modelo es significativamente más amplia que la utilizada por la naturaleza, ya que para generar un nuevo individuo o elemento no es necesario que participen dos individuos de distinto sexo. De esta manera, el atributo sexo no está definido con fines reproductivos sino para establecer cierta afinidad con determinados productos y marcas. El primer paso consiste en especificar el porcentaje de la población total que será afectada a la reproducción, luego se toman pares de individuos al azar y se relacionan uno a uno cada atributo de ambos individuos a aparear para generar un nuevo individuo con características propias derivadas de las de sus antecesores de tres modos posibles. La primera considera uno a uno los atributos y, al azar con una distribución de probabilidad del 50%, elige el atributo de alguno de los padres; la segunda extrae los atributos de manera alternada entre ambos progenitores y la última selecciona la primera mitad de los atributos de un padre y la mitad restante del otro. Cada modo de apareamiento tiene una probabilidad de ocurrencia del 33% y se muestran a continuación considerando dos individuos cualesquiera.

	Tipo	Ubic geográfica	Nivel Socioeconómico	Comportamiento	Nivel de fidelización	Nivel de consumo	Edad	Sexo	Sensibilidad al precio	Sensibilidad a la Calidad	Sensibilidad a programas	Sensibilidad a la publicidad	Periodicidad de compra
Padre 1	1	2	3	4	4	2	32	2	2	3	2	2	4
Padre 2	1	5	4	3	3	3	45	2	4	4	2	3	3
Hijo 1	1	2	3	3	4	2	45	2	4	3	2	2	4
Hijo 2	1	5	3	3	4	3	32	2	2	4	2	3	4
Hijo 3	1	2	3	4	4	2	32	2	4	4	2	3	3

Cabe señalar que sólo un hijo puede surgir del apareamiento de ambos padres. En el cuadro se representan las tres posibilidades surgidas de los distintos modos de apareamiento posibles. Aplicando este proceso a toda la población se observa la manera en que el total de clientes va modificando su conformación a partir de la generación de nuevos individuos con características propias y derivadas de sus padres. Cabe señalar que la edad, al igual que el sexo no está concebida como un limitante en la función de reproducción. Sólo representa a un atributo a considerar en la segmentación del mercado lo cual explica que un hijo sólo pueda tener la edad de alguno de sus padres. Esto mantiene relativamente constante la población por franjas de edades a través de las generaciones.

Por otro lado, al igual que en la naturaleza, existe la mutación. Esta función que acaece raramente, altera el valor de algún atributo durante la reproducción. La baja probabilidad de ocurrencia, siempre menor al 1% aumenta en los casos en los cuales ambos progenitores poseen características similares. En la mutación, el atributo seleccionado tomará un valor al azar distinto al de sus padres respetando el dominio de valores posibles para esa característica. En el ejemplo anterior, si la sensibilidad al precio de ambos progenitores son 2 y 4, el nuevo individuo puede poseer sensibilidad 5 al precio merced a la mutación. Esto garantiza la diversidad de la población y evita que la misma converja a lo largo del tiempo.

Con el transcurso de las generaciones, entendiendo como tal a cada ciclo reproductivo, la población aumenta considerablemente. Para evitar esto se utiliza la última de las funciones denominada selección. Como primera medida, debe determinarse el número de elementos a conservar y la progresión de la población en el tiempo. Es decir si el número de clientes totales será constante, crecerá o disminuirá. En el ejemplo considerado, si la reproducción se aplica a toda la población, al finalizar el primer ciclo o iteración existen 1.5 millones de individuos. El esquema más simple es seleccionar un millón de individuos al azar, pero podrían considerarse funciones sofisticadas que seleccionen basándose en tendencias reales. Esto puede lograrse ponderando cada uno de los atributos y eligiendo para la siguiente generación a los 950.000 mejores y a los 50.000 peores, suponiendo que la población total se mantiene constante. La participación de un 5% de población mala en la siguiente generación coopera con el mantenimiento de diversidad dentro de la población.

Las tres funciones se aplican al comienzo de cada ciclo o generación de manera secuencial respetando el orden de reproducción, mutación y selección. La conjunción de estas funciones genera un comportamiento evolutivo que puede ser personalizado según la industria y el contexto. En el caso en que la población como un todo esté envejeciendo, es decir que, a lo largo del tiempo las franjas de mayor edad aumenten su volumen y las de menor edad disminuyan, se puede adaptar el modelo aplicando modificaciones a las funciones de mutación y selección. En la primera, puede aumentar la probabilidad de ocurrencia de alteraciones al azar en el atributo edad y, en caso de ocurrir, el nuevo valor posee un porcentaje mayor de probabilidad de aumentar que de disminuir. Al mismo tiempo, la función de selección se altera para asignar mayor peso relativo al atributo edad. Con el paso de las generaciones se observará un envejecimiento progresivo de la población merced al incremento en las mutaciones del atributo edad donde la mayor parte posee nuevos valores mayores y con la función selección se filtrará a individuos con mayor edad. De la misma manera, cualquier cambio de tendencia en el mercado o en la empresa puede ser incorporado al modelo.

En lo que respecta a los canales de venta, ellos también presentan un comportamiento dinámico aunque más estable que el de los clientes. El ejemplo supone que existen 50.000 canales o lugares donde se expenden los productos de la empresa o de la competencia. Esto significa que están incluidos en este componente aquellos canales que no se relacionan con la empresa. Cada elemento representa a una boca de expendio, lo que implica que una cadena de tiendas desarrollada en todo el país contendrá tantos elementos en este componente como locales instalados.

La representación de los atributos, al igual que en el caso de los clientes se realiza de manera numérica. El tipo de canal puede ser: 1) cadena de supermercados, 2) cadenas de locales minoristas o 3) locales minoristas independientes. En este ejemplo no contemplamos distribuidores ni mayoristas, pero podrían incluirse. La ubicación geográfica utiliza la codificación usada en el componente Clientes, las sensibilidades al precio, a la marca y a las promociones se representan con valores del 1 al 5, donde 1 indica mayor sensibilidad, y, por último, el estilo del canal indica si al momento de decidir la mezcla de productos y marcas a vender prioriza la cantidad o el beneficio unitario de cada operación.

Las características de la población inicial de canales se distribuyen según estadísticas de la industria y, de no poseer datos, realizando aproximaciones a partir del conocimiento existente en la empresa.

De manera análoga al componente Clientes, los canales de ventas se reproducen generando nuevos individuos con características derivadas de sus padres. Existen los tres mismos modos de combinación posible, al azar, alternado y por mitades, pero la gran diferencia es que, por las características del componente Canales, sólo se incluyen para la reproducción en cada generación un 5% de la población<sup>26</sup>. Para seleccionar la población a reproducir se puede tomar un 5% al azar en cada generación o bien, de una manera más sofisticada, elegir al 4% de mejor performance y al 1% de peor performance. Seleccionando y reproduciendo a los mejores se busca optimizar el funcionamiento de nuevos individuos y la selección de los peores canales procura encontrar buenas soluciones a partir de malos antecedentes. Este es uno de los puntos importantes de los algoritmos genéticos ya que no todos los individuos clasificados como malos son descartados y a partir de ellos pueden surgir buenas alternativas. La forma en que se evalúa la performance de cada canal se realiza utilizando fórmulas predeterminadas basadas en el precio de compra o precio al canal, el precio de venta a los clientes y la cantidad de transacciones del período o ciclo anterior. El precio de compra se obtiene de la relación Producto – Canal, el precio de venta de la relación Producto – Marca – Canal – Cliente y la historia de las operaciones del componente Clientes.

En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo del apareamiento de dos individuos del componente Canales y los tres posibles resultados según cada modo de reproducción.

---

<sup>26</sup> Este porcentaje depende fuertemente de la industria seleccionada.

	Tipo	Ubic geográfica	Sensibilidad a promociones	Sensibilidad a la marca	Sensibilidad al precio	Estilo
Padre 1	1	3	2	3	2	2
Padre 2	2	21	3	4	1	2
Hijo 1	2	21	2	3	1	2
Hijo 2	1	21	2	4	2	2
Hijo 3	1	3	2	4	1	2

Para garantizar la diversidad de la población, se aplica la función de mutación bajo las mismas condiciones que en el componente Clientes. Esto significa alterar al azar y con baja probabilidad de ocurrencia algún atributo de un individuo. En el ejemplo anterior, el hijo puede estar localizado en la provincia 18 luego de una mutación sin importar que ninguno de sus padres esté ubicado en esa provincia. Esto, que a priori puede carecer de sentido, intenta emular lo que ocurre en la realidad. Si no es rentable establecer una boca de expendio en la provincia 18, ésta desaparecerá a corto plazo merced a la función de selección; pero si por el contrario existe una oportunidad de negocio en una provincia donde no existen canales de ventas, la mutación permite generar una boca de expendio y en ciclos sucesivos la reproducción se ocupará de multiplicarlas. Sin la mutación no sería posible generar canales con características nuevas no existentes en generaciones anteriores.

Al igual que en Clientes, en el componente Canales la reproducción, mutación y selección son aplicadas al inicio de cada ciclo aunque en este caso se excluyen de la selección los nuevos hijos o, en otras palabras, los individuos generados en la reproducción del ciclo actual. Esto se debe a que la selección evalúa la performance del canal en los ciclos pasados y los nuevos individuos carecen de historia de transacciones. Si la población es estable, la selección descartará al 4,76% de la población<sup>27</sup> teniendo en

---

<sup>27</sup> Debido a que la reproducción generó un 5% de población adicional, para mantener el volumen inicial se deben excluir el 4,76% del total actual que representa al 105% de la población inicial. En números: población inicial, 100%; con el incremento del 5% por reproducción, población del 105%; disminuyendo el 4,76% del 105% se obtiene el 100% inicial.



cuenta cuatro aspectos básicos: la utilidad lograda por cada canal, el volumen de ventas, la cantidad de clientes atendidos y la ubicación geográfica. Estos aspectos se calculan a partir de la información de precio al canal, precio al cliente y lugar y operaciones realizadas que se encuentra almacenada en el modelo. Para obtener una medida de performance se debe establecer la ponderación de cada aspecto en la fórmula y la cantidad de ciclos a considerar en la evaluación de la transaccionalidad del canal.

Las ventas directas, representadas en el componente Fuerza de Ventas, pueden implementarse estáticamente mediante una carga inicial de datos que refleje la actualidad de la empresa o bien, de manera dinámica realizando una carga inicial y dotándolo de comportamiento por medio de funciones de reproducción, mutación y selección. En este caso se aplican los mismos criterios utilizados en el componente Canales con la salvedad que el usuario podrá regular la dotación total de vendedores ajustando los parámetros de porcentaje de individuos a reproducir y seleccionar. Los atributos que intervienen en la reproducción y mutación son los costos indirectos y la experiencia en ventas de cada individuo en la industria. La selección puede realizarse con funciones que evalúan la performance del individuo a través de la historia de ventas almacenada en el componente Cliente o bien, si la dotación no es muy numerosa, eligiendo los vendedores manualmente.

Los restantes componentes no precisan del comportamiento evolutivo para ser representados. Los costos, niveles de calidad y cantidades a producir de cada producto se configuran al inicio de la ejecución y pueden variar según funciones de tendencia o al azar entre rangos predeterminados de valores. Aunque este ejemplo no lo contemple, es posible que el componente Productos modifique sus características bajo el paradigma evolutivo. Para ello, deben incorporarse al modelo nuevos conceptos que representen a los proveedores de materias primas y servicios, la capacidad productiva de plantas, los recursos humanos y las funciones indirectas de apoyo para almacenar la información a partir de la cual se deriva la evolución de la producción en la empresa.

En lo que respecta a las Marcas, el usuario define el momento y la variedad a utilizar junto con las relaciones con los productos determinados, de esta manera los productos que se venden bajo una misma marca o las distintas marcas que puede poseer en el mercado un mismo producto.

El componente Económico-Financiero representa el estado de los activos y el flujo financiero la compañía a lo largo del tiempo. Por simplicidad, posee sólo un atributo que se calcula a partir de los ingresos por ventas, los costos productivos y de ventas, las inversiones en canales, publicidad e investigación, y eventuales inversiones o retiros de fondos que el usuario puede realizar discrecionalmente. En este componente pueden generarse nuevos atributos tales como emisión de acciones y bonos o préstamos tomados dependiendo del nivel de detalle de la implementación y la interdependencia de estos atributos con los ya existentes en otros componentes.

Las actividades de la empresa se desarrollan en un contexto cuyas variables más significativas se almacenan en el componente Entorno. El coeficiente de inflación, el Producto Bruto Interno o PBI y el tipo de cambio respecto a las monedas de cada región con la que la industria opera son ingresadas manualmente a lo largo de la simulación o pueden variar según funciones preestablecidas que delimiten los rangos de valores posibles. El primer valor influye en los precios, costos, inversiones y gastos varios de la empresa y de sus competidores y el último aplica cuando el modelo contempla comercio con otros países. En este componente pueden almacenarse parámetros como el PBI u otros que el modelo contemple para el cálculo de la demanda. Existen también indicadores propios de la industria que derivan de las ventas totales de la empresa y sus competidores, e influyen en la demanda y en el comportamiento de la competencia.

## **XII - Decisiones en el Modelo**

La complejidad de la implementación genera tres niveles de interacción con el modelo. El primero se ocupa de conceptualizar el modelo y definir los componentes y sus relaciones; el segundo realiza la carga inicial de datos, define las funciones involucradas en los procesos evolutivos, establece la cantidad de empresas participantes en la industria y determina que parámetros son modificables durante la simulación; finalmente, el tercer nivel lo conforma el usuario que se entrena observando la dinámica de cada uno de los componentes y proponiendo alternativas de creación, captura y sustento de valor de marketing.

La observación del sistema conlleva el análisis de los clientes, de la competencia, de la propia empresa y del entorno mientras que la creación de valor implica segmentar el mercado, seleccionar el target u objetivo donde existen ventajas competitivas y elaborar el posicionamiento óptimo; la captura de valor define el producto, el lugar donde ofrecerlo, su comunicación y precio y por último, el sustento de valor se relaciona con la generación de beneficios a través de la venta y retención de clientes. De esta manera, el usuario que toma el entrenamiento determina los valores de ciertos atributos de componentes y relaciones tales como: el monto a invertir en investigación y desarrollo por producto, el momento del lanzamiento de un producto en el mercado, la comercialización de un producto bajo distintas marcas o de varios productos en una misma marca, el monto a invertir y el nivel de servicio que se le prestará al canal, las promociones y precios por producto al canal, los incentivos por ventas y la inversión en capacitación para cada individuo perteneciente a la fuerza de ventas propia, y, finalmente, el precio del producto ofrecido al cliente final, los gastos en publicidad y programas de fidelización asignados a cada producto-marca, considerando el canal de comercialización.

El modelo permite entrenar a un participante o a varios de manera simultánea replicando los componentes Productos, Canales, Fuerza de Ventas y Situación Económico-Financiera a tantas empresas como sean necesarias. Cada una de ellas contará con relaciones entre componentes y valores de atributos particulares derivados de las decisiones de cada usuario y su interacción con el contexto.

De manera análoga, existen empresas competidoras que no son dirigidas por usuarios participantes del entrenamiento sino que poseen un comportamiento propio determinado por funciones de optimización desarrolladas bajo el paradigma evolutivo. Cada una de estas empresas está conformada por un conjunto diferente de componentes Productos, Canales, Fuerza de Ventas y Situación Económico-Financiera, constituyendo de esta manera un macrocomponente cuyo objetivo principal es la resolución de problemas complejos. La totalidad de las empresas del modelo, tanto las dirigidas por usuarios del sistema como las que responden al motor de simulación, se enfrentan al mismo problema: optimizar su rentabilidad en un entorno cambiante y de alta incertidumbre. Los usuarios analizan el contexto, considerando las implicancias de cada alternativa de acción posible y toman decisiones que afectan al funcionamiento de su

empresa y del mercado en general. Esto mismo ocurre en los macrocomponentes aunque de manera automática. Cada empresa competidora de este tipo constituye un algoritmo genético en sí mismo, sólo que aquí existe una diferencia fundamental que consiste en que cada individuo participante en la evolución no representa a un cliente o a un canal, sino a una solución posible para esa empresa. Así como los usuarios plasman sus decisiones ingresando valores a determinados atributos y relaciones, cada macrocomponente genera grandes conjuntos de parametrizaciones posibles para cada producto. Si una empresa produce tres productos y genera 30.000 individuos o alternativas posibles a evaluar, la población total de soluciones al momento inicial sería la siguiente:

Alternativa	Productos		Canales				Fuerza de Ventas		Relación Marca-Producto-Canal-Fuerza de Ventas				
	Código de Producto	Inversión en Invest. Y Desarrollo	Inversión en canal	Nivel de Servicio	Gasto Promociones	Precio unitario	Incentivo por ventas	Capacitación	Código de Marca	Precio unitario	Gasto en publicidad	Gasto en invest. de mercado	Gasto en programas
1	1	100	6	1	10	5	1	6	2	15	11	25	3
1	2	0	7	2	15	6	2	5	2	16	1	21	3
1	3	70	3	1	25	7	3	4	3	21	9	15	4
2	1	18	2	3	24	6	1	0	3	21	4	0	0
2	2	65	8	2	32	12	0	0	1	22	5	0	0
2	3	24	7	1	12	10	0	0	1	20	4	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30000	1	52	2	1	22	19	1	1	2	18	0	18	21
30000	2	25	6	1	21	6	8	8	1	13	1	30	20
30000	3	85	12	2	1	8	3	2	1	14	18	25	20

El dominio de valores posibles depende de las características propias de cada atributo. Muchos de ellos son monetarios, otros como el nivel de servicio representan rangos y existen códigos que identifican a marcas y a productos.

La población sufre reproducciones y mutaciones utilizando los mismos métodos aplicados en el componente Clientes. En cambio, la selección es guiada por lo que cada macrocomponente supone es más beneficioso para su rentabilidad. Para lograr esto, con la creación de la empresa se definen posibles relaciones entre valores de atributos y

reacciones de canales y clientes. A modo de ejemplo, un criterio puede determinar que las ventas son proporcionales al esfuerzo que realiza el canal y que éste último depende fuertemente de las promociones y del nivel de servicio al mismo. Cada empresa cuenta con una fórmula que asocia los distintos atributos y su peso relativo para obtener un resultado final de beneficio supuesto.

En cada ciclo se reproduce la totalidad de las soluciones aumentando la población en un 50%. Para mantenerla estable, se seleccionan las mejores y peores soluciones en una proporción 90-10. Es decir que si existen 30.000 soluciones, luego de la reproducción existirán 45.000 de las que se seleccionarán las 27.000 mejores y las 3.000 peores según el beneficio calculado por la fórmula. Existe un parámetro en cada empresa que indica la cantidad de ciclos de reproducción, mutación y selección involucrados en cada decisión. Es decir que, luego de varios ciclos, se utilizará la fórmula de beneficios para seleccionar la mejor solución a ese momento e implementar esa decisión en el contexto del mercado. Esto significa que si existen tres empresas en el modelo, dos de las cuales poseen comportamiento automático con 1000 y 2000 ciclos por decisión, por cada ciclo de los componentes Clientes y Canales existirá una instancia de decisiones por parte del usuario, y de 1000 y 2000 ciclos de cada empresa competidora.

De esta forma, cada empresa competidora desarrolla su propio análisis de alternativas de creación, captura y sustento de valor de marketing de manera automática e independiente. El nivel de sofisticación de dicho análisis depende de la fórmula de beneficios a implementar en cada macrocomponente. El más simple corresponde a una ecuación donde cada atributo se asocia a un coeficiente que mide el peso o importancia del mismo en relación con los demás y produce un resultado que equivale al beneficio supuesto luego de comercializar la producción de la empresa durante el siguiente ciclo. Concluido el mismo, los coeficientes pueden ajustarse al contrastar el resultado esperado con el devuelto por el modelo luego de interactuar con el resto del mercado. Los ajustes a los coeficientes pueden realizarse con pequeñas variaciones en los valores, teniendo en cuenta la historia de decisiones y beneficios obtenidos. Una fórmula más sofisticada se compone de grupos de ecuaciones que responden a distintas situaciones posibles. Una misma empresa puede disponer de ecuaciones agresivas, donde se prioricen el volumen de ventas y la amplia distribución, ecuaciones cortoplacistas que

optimicen el beneficio inmediato o ecuaciones con objetivos a largo plazo que pueden producir pérdidas en algunos ciclos obteniendo una mejor performance en ciclos posteriores. Cada una de ellas puede aplicarse según el contexto determinado por el comportamiento de las demás empresas, de los clientes y canales.

Definida la estructura del modelo, sus relaciones, la manera en que evolucionan sus elementos y las decisiones a tomar por el usuario, resta determinar la manera en que los clientes y canales optan por determinados productos y marcas, los primeros para consumo propio y los últimos para su comercialización, generando de esta manera la demanda.

Los canales de ventas poseen un amplio abanico de proveedores conformado por los componentes Productos y Marcas de cada una de las empresas que compiten en la industria. Algunas de ellas o al menos una, son dirigidas por usuarios entrenándose y el resto responde a distintos algoritmos genéticos que simulan el comportamiento en cada macrocomponente. El modelo supone que cada uno de los atributos del componente Canales se asocia con cada atributo existente en la relación Productos-Canales y en los componentes Productos y Marcas, conformando un producto cartesiano con coeficientes que representan el nivel de correlación de cada dupla de atributos. El dominio de estos coeficientes es el espacio continuo de números reales delimitado por menos uno y uno  $(-1; 1)$ . Los valores positivos representan distintos grados de correlación positiva entre dos atributos, siendo uno el mayor grado de correlación alcanzable. Este es el caso de la asociación del atributo sensibilidad a promociones del componente Canales con las promociones al canal de la relación Productos-Canales, ya que altas promociones son correspondidas por canales con alta sensibilidad a dichas promociones. Si entre dos atributos no existe asociación o la misma es débil, como en el caso de la ubicación geográfica del Canal y el costo de investigación de Productos, el coeficiente será cero o cercano al mismo. Por último, cuando existe correlación inversa entre atributos, es decir que el aumento de un valor influye negativamente sobre el otro componente, el coeficiente será negativo. Esto ocurre entre el atributo sensibilidad al precio del componente Canales y la inversión al canal de la relación Productos – Canales, cuando los aumentos en inversiones resultan en incrementos de precios.

En el modelo básico bajo estudio existen seis atributos pertenecientes al componente Canales que se asocian con nueve atributos, seis de la relación Productos-

Canales, uno de Marcas y dos atributos de Productos, el stock y la calidad, conformando 54 pares de atributos cuyos coeficientes deben ser incorporados al inicio de la simulación.

De esta forma, al inicio de cada ciclo el sistema recorre la oferta total proveniente de las empresas y pondera los valores de los atributos de cada empresa oferente con los valores de los atributos de cada canal, utilizando los coeficientes previamente ingresados y dando como resultado las decisiones de comercialización de cada uno de los canales. A modo de ejemplo, un canal que es muy sensible al precio y poco sensible a marca relevará los productos y marcas de todas las empresas del modelo para finalmente optar por aquellos productos con bajo precio, de marcas poco conocidas y con bajo nivel de servicio al canal.

La generación de demanda funciona de manera similar a las elecciones de los canales. Se consideran de un lado los atributos del componente Clientes y del otro, un subconjunto de atributos de los componentes Productos, Canales, Fuerza de Ventas, Marcas y las relaciones existentes entre ellos. El modelo básico contempla trece atributos para el componente Cliente que se asocian con los siguientes doce atributos: calidad, características del producto, costo de investigación y desarrollo, antigüedad de la marca, ubicación geográfica y tipo de canal, experiencia y esfuerzo de la fuerza de ventas, precio unitario, imagen, inversión en publicidad y gastos en programas de fidelización. De esta manera se generan 156 duplas con distintos coeficientes que miden el grado de correlación en cada asociación.

En cada ciclo el sistema releva los valores de todos los atributos del modelo y, utilizando las asociaciones y sus coeficientes, determina la afinidad de cada elemento del componente Clientes con los distintos productos y marcas de cada empresa oferente. La demanda queda así definida a partir de las decisiones tomadas por las empresas en cada ciclo, las características de los productos ofrecidos, los coeficientes de asociación entre atributos, las variables del entorno macroeconómico y de la industria y la evolución de los componentes Clientes, Canales y Fuerza de Ventas a lo largo del tiempo.

Un ejemplo sencillo considerando sólo los atributos más relevantes puede facilitar la comprensión de este punto. El sistema recorre uno a uno los elementos del

componente Clientes con un orden dado por el nivel de consumo multiplicado por un número aleatorio entre 0 y 1. Este orden toma mayor importancia en los casos en los cuales la demanda supera a la oferta y supone que aquellos clientes con mayor nivel de consumo tienen mayor probabilidad de realizar primero la compra. El primer paso es obtener la periodicidad de compras del cliente y compararla con la historia de transacciones para evaluar si en el ciclo actual el cliente realizará una operación de compra. En el cálculo se consideran variables del entorno, tales como el Producto Bruto Interno o el promedio de precios del mercado comparado con el índice de inflación, que pueden aumentar o disminuir la periodicidad de compra de cada individuo. Si el cliente está dispuesto a comprar, el segundo paso consiste en relevar todos los productos y marcas disponibles, es decir, aquellos que fueron producidos y aún no fueron comprados por otros clientes, contemplando los canales o la fuerza de ventas involucrada en la operación. Si el relevamiento no devuelve producto alguno, el cliente no podrá realizar la compra debido a que hay desabastecimiento dentro de la industria, si se obtiene sólo una combinación de producto, marca y canal o fuerza de venta, la elección es sencilla ya que el cliente comprará esa única opción. Usualmente, el relevamiento devuelve varias alternativas posibles. El tercer paso consiste en ponderar dichas alternativas, para lo cual se recorren una a una relevando los valores de sus atributos, determinando la afinidad con los atributos propios del elemento Clientes mediante los coeficientes de asociaciones entre atributos, y teniendo en cuenta la historia de transacciones realizadas por el cliente. A modo de ejemplo: para un cliente con alto grado de fidelización y poco sensible al precio, el precio bajo de un producto constituye un indicador débil dentro de la ponderación donde cobran mayor importancia la marca del producto y la historia de compras hacia la misma. Cumplido este paso se obtiene una lista ordenada de alternativas posibles de compra donde la primera es la más beneficiosa para el cliente. Suponiendo que las decisiones de los clientes poseen una distribución normal de probabilidad de ocurrencia, el conjunto de datos posibles se reduce a cuatro alternativas y, en el 68,3% de los casos se elige la mejor alternativa, en el 27,1% se opta por la segunda, en el 4,3% la tercera y en el restante 0,3% la cuarta. Determinada la opción, el último paso consiste en asentar la compra actualizando la historia de transacciones del cliente y restando la unidad del stock de productos de la empresa vendedora. Luego de esto, el sistema toma el siguiente cliente y repite el proceso hasta recorrer la totalidad del componente Clientes generando de esta manera la demanda total del período.



### **XIII - Información para la Toma de Decisiones**

Todas las transacciones realizadas durante la simulación se almacenan en el componente Clientes constituyendo un listado donde se detalla el período o ciclo de compra, el canal o la fuerza de ventas involucrada, el producto, la marca, el cliente, el precio, la cantidad comprada y, de corresponder, el precio pagado por el canal a la empresa.

A partir de esta información, el sistema genera reportes, cuadros comparativos y gráficos con datos tales como *market share* o porcentaje de ventas en el mercado total correspondiente a la propia empresa, *wallet share* o participación de ventas en cada cliente, cobertura geográfica, nivel de Investigación y Desarrollo de nuevos productos, presupuesto de marketing y distintos indicadores de performance definibles por el usuario mediante fórmulas que implementen las relaciones existentes entre los distintos atributos. A modo de ejemplo, un usuario que desea medir el nivel de recordación de una marca y supone que se deriva de la antigüedad, de los gastos en publicidad acumulados, de la cantidad de canales y de la distribución geográfica de los mismos, puede desarrollar una ecuación que calcule este indicador a partir de los atributos del modelo.

Durante el entrenamiento, el usuario cuenta con información para la toma de decisiones proveniente de su empresa y del entorno, pero existen datos que no son fácilmente accesibles. Toda la información de la propia empresa está disponible para el usuario, de la misma manera que los datos del entorno que son fácilmente relevables como también así la ubicación de canales o precios promedios del mercado. Por el contrario, existe incertidumbre sobre la información privada de las empresas competidoras, de los canales y de los clientes. No se conocen datos tales como la sensibilidad a promociones de un canal o la estructura de costos de un producto fabricado por la competencia, aunque pueden deducirse con el transcurso de los períodos, analizando el comportamiento del canal o de la empresa. Para hacerlo, la empresa puede aumentar o disminuir gradualmente el precio a un canal dejando constantes los demás valores y trazar una curva supuesta de sensibilidad al precio del canal. Esta inferencia se realiza en un marco de incertidumbre y, como tal, puede no ser correcta debido a que el comportamiento del canal se ve afectado también por otros factores como la demanda final o las ofertas al canal de empresas competidoras. De

todas maneras, estos análisis aunque son aproximados constituyen una buena herramienta a tener en cuenta por el usuario al momento de decidir.

Para apoyar las decisiones en contextos de incertidumbre, el modelo posee herramientas de proyección y de investigación de mercado. Las proyecciones no tienen costo asociado y permiten entender el impacto de las decisiones antes de implementarlas. Para ello, el sistema analiza la historia reciente de simulación y traza una tendencia para el comportamiento total de los clientes, de los canales, de cada empresa competidora y de las variables de entorno generando un nuevo contexto supuesto para el nuevo período. En ese escenario, el usuario ingresa valores a cada atributo conformando diferentes alternativas de creación, captura y sustento de valor de marketing y mide el impacto de las mismas. Esto no tiene impacto sobre la simulación ya que el usuario analiza un contexto creado especialmente para pruebas y puede en cualquier momento revertir las decisiones tomadas.

Las investigaciones de mercado implican un costo para la empresa y se utilizan para indagar y obtener información desconocida hasta ese momento. Dentro de las investigaciones se encuentran los relevamientos, que devuelven información precisa solicitada por el usuario, y los reportes estadísticos, que obtienen distribuciones de a partir de muestreos de población. Un relevamiento típico devuelve el precio al público de un determinado producto de la competencia y la cantidad de canales por ubicación geográfica que lo comercializa. Los reportes estadísticos, en cambio, reciben el detalle de atributos a investigar definido por el usuario y generan una muestra aleatoria de clientes para relevar. Los reportes más simples devuelven la distribución por sexo, edad o nivel socioeconómico de clientes en una región geográfica dada, y los más sofisticados encuestan a los clientes y determinan las marcas más compradas o los niveles de calidad esperados. El costo del reporte aumenta con la cantidad de atributos a relevar y el tamaño de la muestra.

La información provista por las investigaciones de mercado mejora el análisis de los clientes, de los canales y de la competencia, optimizando la manera en que se concibe la estrategia de marketing.

## **XIV - Implementación**

De acuerdo a lo descrito anteriormente, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta al emplear la herramienta propuesta, es la parametrización de la misma.

El primer paso para la implementación del sistema consiste en seleccionar la industria que se desea emular y definir los objetivos de la simulación. La versatilidad de la herramienta propuesta permite al usuario su utilización con fines puramente didácticos, de entrenamiento, experimentación o una combinación de éstos.

Definidos los objetivos, corresponde establecer el nivel de complejidad de la herramienta para alcanzarlos, seleccionando la cantidad de componentes a desarrollar, la cantidad de atributos inmersos en cada uno de ellos, sus relaciones y configuraciones necesarias.

Posteriormente, se deben obtener los datos para describir eficientemente los atributos y los comportamientos de los componentes. Esta información puede obtenerse de diferentes fuentes: a) datos estadísticos o históricos de fácil acceso en lo que respecta al Entorno; b) *know-how* propio de la industria en lo referido a los componentes Fuerza de Ventas, Productos, Marcas y Situación Económico-Financiero; y c) combinando *know-how*, investigaciones de mercado y análisis de sensibilidad sobre los datos recabados, de forma tal que nos permita conocer las principales características, en un momento determinado, de los componentes Clientes, Canales y Competencia.

Realizada la parametrización, conviene realizar rondas de prueba comparando los resultados arrojados por el simulador contra resultados históricos de la firma e industria seleccionada con el fin de corregir posibles errores y realizar ajustes que mejoren el entorno de simulación.

Finalmente, ya desarrollada y utilizada la herramienta resulta necesario actualizar los datos referentes al Entorno para permitir una mejor representatividad del modelo y queda abierta la posibilidad de modificación de las configuraciones de los macrocomponentes permitiendo nuevos requerimientos del usuario.

## **XV - Utilización y Beneficios**

La utilización del entorno de simulación propuesto promoverá en el usuario el planeamiento estratégico en materia de marketing, iniciado por la determinación de objetivos y metas a alcanzar, seguido por la realización de un acabado análisis del mercado estudiado, identificando oportunidades y amenazas, y por un exhaustivo análisis interno, permitiendo el conocimiento de la firma a través de la determinación de sus fortalezas y debilidades.

Asimismo, la herramienta hace especial hincapié en el proceso de toma de decisiones: la generación y presupuestación de alternativas y la implementación de decisiones de marketing para la consecución de los objetivos planteados.

Tomadas las decisiones y cargadas en el sistema, éste arrojará distintos reportes permitiéndole al usuario obtener un completo *feed-back* de las acciones implementadas, mostrando las distintas consecuencias e implicancias de sus decisiones sobre el mercado y la propia empresa.

El análisis de los resultados obtenidos sirve como punto de partida para una nueva ronda decisoria.

La utilización de la herramienta propuesta reporta diversos beneficios para los usuarios. Les permite experimentar, mediante la aplicación de conceptos teóricos a situaciones reales; fortalecer aptitudes y aprender a tomar decisiones, utilizando herramientas de investigación, entrenamiento y observación para conocer los comportamientos de los distintos participantes del mercado y determinar sus implicancias; y asumir responsabilidades en procesos decisorios que no tienen aparejado riesgo económico alguno.

Respecto a las ventajas comparativas del “modelo evolutivo de investigación de mercado” en relación a las herramientas de simulación existentes en el mercado, el principal factor positivo de diferenciación está dado por la evolución natural del mercado parametrizado en primera instancia. Lo cual permite la simulación de comportamientos de los distintos componentes del mercado sin tener la necesidad de recurrir a la heterogeneidad de participantes o a la subjetividad de un administrador para otorgarle variabilidad y realismo al sistema.

No obstante la simulación propuesta se encuentra orientada hacia el propio desarrollo natural del mercado, es posible corregir o cambiar la parametrización, de modo tal, que posibilite la realización de cambios en las variables que se juzguen necesarias con fines didácticos o empresariales.

Otro aspecto importante del modelo es la posibilidad de utilización del simulador con distinta profundidad, a través de parametrizaciones y configuraciones más sencillas. Esto permite una óptima racionalización de costos y tiempos, tanto de aquellos relacionados a la programación como aquellos derivados de la investigación de mercado inicial. A su vez, permite su adaptación a distintos tipos de públicos, dependiendo del objetivo particular que persigan.

Finalmente, otro aspecto altamente ventajoso de la herramienta propuesta resulta de su versatilidad de aplicación. Con una correcta parametrización, puede ser utilizado en infinidad de industrias sin perder sus principales cualidades.

## **XVI - Conclusiones**

El entrenamiento es el proceso pedagógico mediante el cual una persona mejora su rendimiento adaptándose de manera sucesiva a las condiciones imperantes. Cualquiera sea la actividad humana desarrollada, el entrenamiento constituye un componente importante en la optimización de resultados.

Las características y naturaleza del marketing hacen suponer que no escapa a esta definición. Es una ciencia experimental que procura la maximización de la rentabilidad de la empresa mediante la identificación y satisfacción de las necesidades de un grupo social de manera óptima, y como tal, está conformada por un conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento de la realidad percibida, razón por la cual las personas involucradas en esta disciplina se basan fuertemente en la experiencia.

Esta suposición es confirmada por docentes y trabajadores afines al marketing, quienes expresan que el entrenamiento en un mercado convenientemente simulado complementa y potencia los conocimientos adquiridos a partir de la teoría y afianza aquellos obtenidos por experiencias pasadas.

El entorno de entrenamiento planteado fomenta el aprendizaje y la investigación mediante método científico, que implica la observación de hechos y características, la formulación de hipótesis que expliquen lo observado, la experimentación en la simulación que comprueba o refuta las hipótesis, la recolección y clasificación de datos en cada etapa, el análisis de resultados y la elaboración de conclusiones.

Con el objeto de dotar de mayor realismo al entorno que se pretende emular, surge la posibilidad de utilizar algoritmos genéticos, concepto basado en la evolución biológica y utilizado en la búsqueda de soluciones a problemas no lineales, como motor de simulación. Esta asociación surge de la analogía entre las poblaciones generadas en los algoritmos genéticos y la idea de individuos constituyendo un mundo simulado.

Según lo expuesto en el presente trabajo, la implementación del Sistema de Simulación Evolutiva de Mercado reporta numerosos beneficios y produce un importante aporte para la emulación de comportamientos de los distintos participantes del mercado. A su vez, entendemos que su utilización excede al marketing y puede

aprovecharse, mediante su adaptación, en otras áreas de estudio que se interesen en la comprensión de comportamientos sociales e individuales.

Como principal dificultad en la implementación del sistema se presenta la parametrización del mismo. La estructura del sistema, las relaciones entre sus componentes y las características de cada elemento pueden ser relevadas con relativo esfuerzo, pero resulta costoso, en materia de tiempo e investigación, dotar de comportamiento similar al real a cada uno de los elementos del modelo.

Esto significa que resulta difícil lograr que un mercado simulado mediante algoritmos genéticos constituya un entorno altamente representativo de la realidad para entrenamientos genéricos. No obstante, pueden surgir buenos resultados seleccionando una industria particular y enfocando el esfuerzo en el análisis previo que permita una eficiente parametrización.

Actualmente, existen técnicas y herramientas que podrían mitigar el esfuerzo para alcanzar una parametrización eficiente de la herramienta. Entre las cuales podemos citar herramientas de aprendizaje automático como las redes neuronales<sup>28</sup> que ayudan al momento de clasificar conocimiento, debido a que asocian, evalúan y reconocen patrones de manera análoga al cerebro humano, y podrían permitir la generación de una buena parametrización inicial a partir de información histórica de la industria.

La investigación de las técnicas y herramientas actuales o la generación de nuevas soluciones a los problemas de parametrización presentes quedan abiertas a futuros trabajos y aportes de quien resulte interesado en el desarrollo de este sistema de simulación evolutiva.

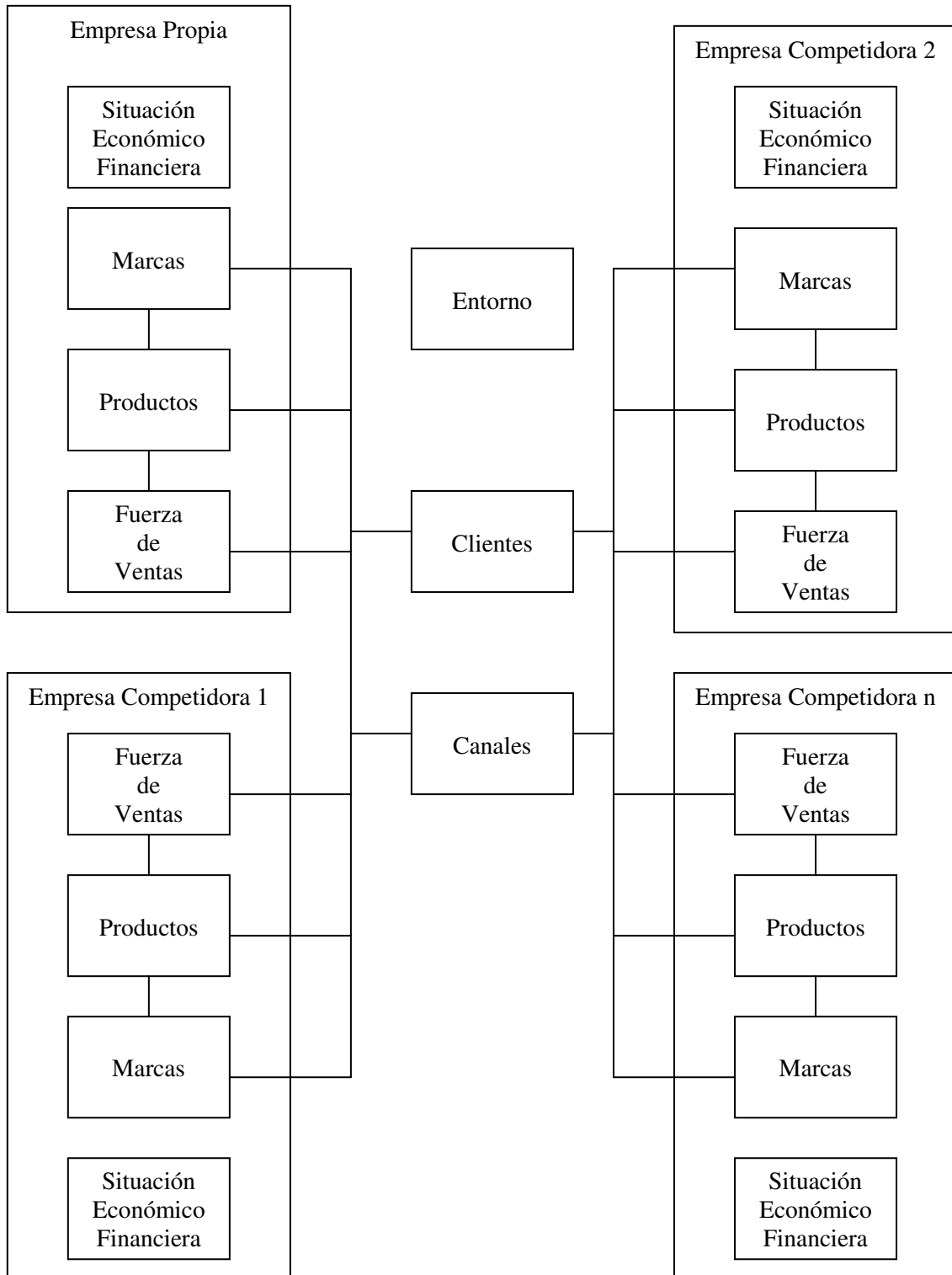
---

<sup>28</sup> Ver Anexo II.

# **Anexos**



## Anexo I – Estructura Típica del Modelo



## **Atributos de Componentes**

### **ENTORNO**

- Inflación
- Industria
- Tipo de Cambio
- Producto Bruto Interno

### **CLIENTES**

- Tipo
- Ubicación geográfica
- Nivel Socio-económico
- Características
- Nivel de fidelización
- Nivel de consumo
- Edad
- Sexo
- Sensibilidad a precio
- Sensibilidad a calidad
- Sensibilidad a programas
- Sensibilidad a la publicidad
- Periodicidad de compra
- Historia de consumo

### **CANALES**

- Tipo
- Ubicación Geográfica
- Sensibilidad a promociones
- Sensibilidad a marca
- Sensibilidad a precio
- Estilo

## SITUACION ECONOMICO-FINANCIERA

- Caja

## MARCAS

- Antigüedad

## PRODUCTOS

- Calidad
- Características
- Cantidad a producir
- Costo de producción unitario
- Costo de producción fijo
- Costo de almacenamiento
- Cantidad en stock
- Costo de investigación

## FUERZA DE VENTAS

- Costos indirectos
- Sueldo
- Experiencia

## **Atributos de Relaciones**

### PRODUCTOS - CANALES

- Inversión en canal
- Tasas e impuestos
- Costo de transporte
- Nivel de servicio
- Promociones al canal
- Precio al canal

## PRODUCTOS - FUERZA DE VENTAS

- Incentivos por ventas
- Capacitación

## CLIENTES - MARCAS - PRODUCTOS - CANALES/FUERZA DE VENTAS

- Precio
- Gasto en publicidad
- Gasto en investigación de mercado
- Gasto en programas
- Imagen

## Anexo II - Redes Neuronales

Las redes neuronales<sup>29</sup> constituyen una técnica de modelación matemática de aprendizaje y procesamiento automático que imita el proceso de aprendizaje que acontece en el sistema nervioso. Fueron propuestas por primera vez a mediados del siglo pasado pero comenzaron a desarrollarse rápidamente a partir de 1985.

Esta herramienta se utiliza principalmente para resolver problemas de asociación, evaluación y reconocimiento de patrones y, de manera análoga al cerebro donde el aprendizaje está dado por la reorganización de las conexiones sinápticas entre neuronas, es implementada mediante estructuras de neuronas con grandes cantidad de elementos sencillos que operan en paralelo e interconectados entre sí. Estas conexiones poseen ponderaciones que miden el grado de asociación entre cada par de neuronas.

A su vez, cada neurona posee una función matemática que compone los estímulos recibidos desde otras neuronas generando un nuevo estímulo para ser transmitido. En la mayoría de las redes, esta función suma los valores de las señales recibidas ponderándolas por el grado de asociación de cada conexión, los compara contra valores umbrales y genera una señal de salida.

Las fuerzas o pesos de conexión de toda la red representa el conocimiento que la misma posee y son ajustados mediante el aprendizaje que puede ser de dos tipos: supervisado y no supervisado. En el primero, la red recibe las entradas y salidas correctas y se encarga de ajustar los pesos de las conexiones para minimizar la diferencia entre sus salidas y las correctas. En el segundo tipo de aprendizaje, se proporcionan los estímulos de entrada y un conjunto de leyes de aprendizaje que definen el criterio con el cual la red ajustará los pesos de cada conexión. Este aprendizaje se denomina fase de entrenamiento de la red neuronal.

---

<sup>29</sup> RIPLEY, B. D. , "Neural Networks and Related Methods for Classification", University of Oxford, UK, Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), Vol. 56, No. 3 (1994), 409-456

Una vez definidas las conexiones, las fuerzas intervinientes en cada una de ellas y la función de transferencia de las neuronas, la red está preparada para recibir un conjunto de estímulos de entrada y generar una salida a partir de los mismos.

Por su naturaleza, las redes neuronales no funcionan como la mayoría de las herramientas computacionales ya que no son programadas mediante algoritmos que determinan las instrucciones a seguir. Por el contrario, las redes generan sus propias órdenes a través de sus conexiones y estímulos y son capaces de asociar y generalizar conocimiento. Se utilizan con éxito en programas de reconocimiento de escritura y voz, robótica, evaluación y análisis de datos de personas y predicciones financieras.

# Bibliografía

- ASOCIACIÓN ARGENTINA DE MARKETING, “Índice de Nivel Socio Económico”, online, <http://www.aam-ar.com/publica/indice2003.htm>, (1/9/2006).
- BALAKRISHMAN, P. VS. AND JACOB, VS., "A genetic algorithm-based decision support system for optional product design", TIMS Annual Conference, London Business School, England, 15-17 July 1992.
- CHMURA, T., KAISER, J., and PITZ, T., "Simulation of Financial Markets using Genetic Algorithms", April 27, 2006.
- COSO, P. y otros, “¿Qué es un simulador de negocios?”, on line, <http://www.navactiva.com/web/es/amngm/doc/articulos/2004/07/26380.jsp>, (20/07/2006).
- DARWIN, CHARLES, “The origin of species”, Londres, Inglaterra, John Murrapp, 1859, 1ª edición.
- DE LA HERRÁN GASCÓN, M., “Arena Sensible”, Ediciones Red Científica, Madrid, España, abril de 2005.
- ESIC, “Experiencia y Nuevas Tecnologías para la mejor formación empresarial”, <http://www.mkgame.esic.es/games/BMG/2006/>, on line, (24/10/2006).
- GISHLICK, A. D., “Icons of evolution? Why much of what Jonathan Wells writes about evolution is wrong. Peppered moths”, on line, <http://www.natcensci.org/icons/icon6moths.html>, (30/08/2006).
- HOLLAND, J.H., “Adaption in Natural and Artificial Systems”, University of Michigan Press, Ann Arbor, USA, 1975.
- HURLEY, S., MOUTINHO, L. and STEPHENS N., "Solving marketing optimization problems using genetic algorithms", MCB University Press, European Journal of Marketing, Vol 29 No 4, 1995.
- JOEL HERCHE Y MARJORIE FOX, “An evaluation of improvement in decisión making in a competitive experimental en viroment”, Marketing Educational Review, Vol 4 (Spring 1994) 29-34.
- KOTLER, P., “Dirección de Marketing – La edición del milenio”, Prentince Hall, 10ª edición, 2001.
- MARKETPLACE BUSINESS SIMULATIONS, “Innovative Learning solutions”, on line, <http://www.marketplace-simulation.com>, (24/10/06).
- MINSKY, M., “Steps Towards Artificial Intelligence”, on line, <http://web.media.mit.edu/~minsky/papers/steps.html>, (8/9/2006).

- NILSSON, D. E. Y PELGER, S., “A pessimistic estimate of the time required for an eye to evolve”, Proc. of the Royal Society of London, 1994.
- PALEY, W., “Natural Theology: Or , Evidences of the Existence and Attributes of the Deity, Collected from the Appearances of Nature”, Londres, Inglaterra, 1802, Faulder.
- RAY, T., "Tierra Project", on line, <http://www.his.atr.jp/%7Eray/tierra/>, (30/07/2006).
- RIPLEY, B. D. , "Neural Networks and Related Methods for Classification", University of Oxford, UK, Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), Vol. 56, No. 3 (1994), 409-456
- STRAT X SIMULATIONS, “More Power for the experienced marketer”, on line, [http://www.stratxsimulations.com/markstrat\\_online\\_home.htm](http://www.stratxsimulations.com/markstrat_online_home.htm), (24/10/06).
- TANG, Y.E. AND HOLAK, S.L., "A dynamic model of the product evolutionary cycle: applying a biological mechanism to dynamics of product-markets", TIMS Annual Conference, London Business School, England, 13-14 July 1992.
- TAPIA, F. F., “Buscando una definición para la Inteligencia Artificial”, on line, [http://www.redcientifica.com/gaia/ia/intia\\_c.htm](http://www.redcientifica.com/gaia/ia/intia_c.htm), (12/09/2006).
- TURING, A. M., “Computing Machinery and Intelligence”, on line, <http://cogprints.org/499/00/turing.html>, (02/09/2006).