

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**



**ESTADO SITUACIONAL DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS EN LOS NEGOCIOS  
INTERNACIONALES**

**TRABAJO DE GRADO**

**DANIEL CORREDOR OTAVO**

**BOGOTÁ D.C**

**2016**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**



**ESTADO SITUACIONAL DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS EN LOS NEGOCIOS  
INTERNACIONALES**

**TRABAJO DE GRADO**

**DANIEL CORREDOR OTAVO**

**TUTOR: NELSON ALFONSO GÓMEZ CRUZ**

**ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**BOGOTÁ D.C**

**2016**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de grado a mis padres que me apoyaron y esperaron todo el tiempo necesario de forma incondicional; a mi tutor por siempre estar dispuesto a escuchar, corregir y dedicar más tiempo del necesario para desarrollar este proyecto y a Diana por siempre motivarme a seguir adelante, aun cuando la indecisión o el desaliento atacaban.

## Tabla de contenido

Glosario.....	6
Resumen.....	8
Abstract.....	9
1. Introducción.....	10
1.1. Necesidad identificada .....	11
1.2. Objetivos .....	13
1.2.1. Objetivo general.....	13
1.2.2. Objetivos específicos .....	13
1.3. Fundamentación teórica .....	14
1.3.1. Computación evolutiva .....	14
1.3.2. Algoritmos genéticos .....	15
1.4. Marco metodológico .....	18
1.5. Justificación de la propuesta con relación al proyecto del profesor.....	20
2. Nuevos entornos para los negocios internacionales .....	21
2.1. Retos y obstáculos de los entornos.....	21
2.2. ¿Existen alternativas para continuar?.....	22
3. ¿Cómo identificar un negocio internacional?.....	24
3.1. Logística internacional .....	24
3.2. Mercadeo internacional .....	24
3.3. Finanzas internacionales .....	25
3.4. Comercio internacional .....	25
3.5. Estrategia internacional .....	25
4. ¿Son necesarios los AGs en los NI? .....	26
4.1. Finanzas internacionales .....	26
4.2. Logística internacional .....	28
4.3. Estrategia internacional .....	29
5. Conclusiones.....	32
6. Referencias bibliográficas .....	34

## **Lista de tablas y gráficos**

Ilustración 1. Cruce de Cromosomas básico.....	16
Ilustración 2. Cruce de Cromosomas multipunto .....	16
Ilustración 3. Flujograma de Algoritmo Genético.....	17

## Glosario

**Algoritmo:** Procedimiento preciso para resolver un problema: por ejemplo, el que se utiliza para resolver las raíces cuadradas o las divisiones (Moliner, 1998).

**Algoritmos genéticos:** Rama de la computación evolutiva, que tiene como objeto la resolución de problemas, basado en la teoría de la evolución de las especies (Coello y Santana, 2006).

**Complejidad:** Se aplica a un asunto en que hay que considerar muchos aspectos, por lo que no es fácil de comprender o resolver (Moliner, 1998).

**Cromosoma:** Cada uno de los cuerpos en forma de bastoncillo en que se divide la cromatina del núcleo de una célula en la división celular, donde se almacena el material hereditario organizado en genes (Moliner, 1998).

**Empresa multinacional:** Organización, conglomerado o negocio que tiene operaciones con o sin ánimo de lucro en zonas geográficas diferentes al lugar de origen (Moliner, 1998).

**Escenario:** Conjunto de cosas y circunstancias que rodean algo o alguien e influyen en la cosa o persona de que se tratan (Moliner, 1998).

**Frontera Eficiente:** Conjunto compuesto por una serie de acciones, divisas, o valores que generan niveles altos de rentabilidad para cualquier tipo de riesgo dado (Moliner, 1998).

**Genética:** Parte de la biología que estudia la herencia y las variaciones de los seres vivos a través de las sucesivas generaciones (Moliner, 1998).

**Incertidumbre:** Estado del que duda o no sabe cierta cosa con seguridad (Moliner, 1998).

**Información:** Conjunto de datos contenidos en un mensaje o conjunto de signos o señales sobre los que opera un aparato (Moliner, 1998).

**Información genética:** Hace referencia a las características o elementos que formaron un objeto, animal o humano, que generalmente está contenida en los genes (Moliner, 1998).

**Logística:** Conjunto de acciones, componentes, elementos o situaciones necesarios para desarrollar una actividad (Moliner, 1998).

**Mutación:** En genética específicamente, un cambio que aparece bruscamente en un ejemplar de una especie orgánica y se transmite por herencia (Moliner, 1998).

**Población:** Conjunto de seres vivo de la misma especie o con alguna característica en común (Moliner, 1998).

**Portafolio:** Agrupación de bienes, acciones, divisas o valores que tiene un inversionista o que ofrece un mercado (Moliner, 1998).

**Programación:** Serie de órdenes, reglas y/o datos que permiten crear una aplicación o software (Moliner, 1998).

**Reproducción:** Cosa hecha copiando o reproduciendo otra (Moliner, 1998).

**Selección:** Expresión aplicada por Darwin al fenómeno que explica la aparición de unas especies animales y la desaparición de otras, consiste en la supervivencia de las mejores adaptadas al medio, que transmiten por herencia el carácter por el cual lo son (Moliner, 1998).

## **Resumen**

La computación evolutiva y muy especialmente los algoritmos genéticos son cada vez más empleados en las organizaciones para resolver sus problemas de gestión y toma de decisiones (Apoteker & Barthelemy, 2000). La literatura al respecto es creciente y algunos estados del arte han sido publicados. A pesar de esto, no hay un trabajo explícito que evalúe de forma sistemática el uso de los algoritmos genéticos en problemas específicos de los negocios internacionales (ejemplos de ello son la logística internacional, el comercio internacional, el mercadeo internacional, las finanzas internacionales o estrategia internacional). El propósito de este trabajo de grado es, por lo tanto, realizar un estado situacional de las aplicaciones de los algoritmos genéticos en los negocios internacionales.

### **Palabras claves:**

Algoritmos genéticos, computación evolutiva, estrategia internacional, finanzas internacionales, gestión, logística internacional, mercadeo internacional, negocios internacionales, toma de decisiones.



## **Abstract**

Evolutionary computation and especially genetic algorithms are increasingly used in organizations to solve their management and decision-making problems (Apoteker & Barthelemy, 2000). The literature in this regard is growing and some states of art have been published. Despite this, there is no an explicit work that assess in a systematically way the use of genetic algorithms on specific problems of international business (examples are international logistics, international trade, international marketing, international finance or international strategy). Therefore, the purpose of this degree work is to make a state of the art of the applications of genetic algorithms in international business.

### **Key words:**

Genetic algorithms, evolutionary computation, international strategy, international finance, management, international logistics, international marketing, international business, decision-making.

## 1. Introducción

El impacto de la globalización y de los grandes avances tecnológicos de los últimos años, han traído grandes beneficios a la humanidad, dado el alto volumen de información, ideas que se intercambian y debido a la velocidad con la que este se realiza. Sin embargo, no todos los impactos son positivos, así mismo, aquellos agentes peligrosos para la sociedad en general, se pueden expandir globalmente a una velocidad que no permite prepararse para los mismos. Esto hace que los riesgos sean sistémicos y puedan segregarse a gran escala y rápidamente (Helbing, 2013).

Por otro lado, indudablemente el entorno va cambiando y transformando los sistemas para adaptarse a esos impactos, lo que implica que las organizaciones deben adaptarse continuamente al mismo y estar preparadas para enfrentar dichos cambios y transformaciones (Helbing, 2012), lo que lleva a que sea necesario conocer a profundidad el entorno en el que se encuentran, los riesgos e implicaciones que tienen sus acciones.

Es preciso destacar que el riesgo basado en complejidad visto desde todas las disciplinas existentes, tanto la social como la financiera, permite analizar a profundidad sus efectos, su ocurrencia y posibles correcciones o influencias de control a nivel organizacional. Cabe anotar que en estos sistemas de complejidad, actúan sus partes de forma individual enfocándose en comportamientos macro, cuyos efectos generan cambios trascendentales.

El presente artículo da a conocer el análisis de esta complejidad, de la cual se quiere tener incidencia para buscar soluciones de control previas, o en su defecto, minimizar los efectos negativos y aprovechar sus cambios, encaminándolos a que sean beneficiosos y que sus consecuencias sean positivas para las organizaciones.

Adicionalmente, se han extraído esquemas que suministran información detallada respecto al riesgo y sus campos de gestión y, por consiguiente, las referencias pertinentes a la gestión del riesgo sistémico y al riesgo organizacional basado en complejidad.

## 1.1. Necesidad identificada

Las organizaciones contemporáneas se desenvuelven en un mundo globalizado, altamente cambiante e hiperconectado. En ese contexto, la alta dirección requiere herramientas computacionales de soporte a la toma de decisiones que le permitan tener una visión clara del impacto potencial de sus acciones en el mundo real y de los riesgos asociados, porque de ello depende la permanencia y el crecimiento de sus organizaciones (Bonabeau, 2002). El fracaso de empresas como Lehman Brothers (Aguirreamalloa & Fernández, 2012) o General Motors (Adler, 2010), que implicó el despido de empleados, la disminución de PIB en los países proveedores de estas compañías, desaceleraciones económicas y caídas en mercados bursátiles, quizás se hubiera podido evitar mediante el uso de este tipo de herramientas.

Asimismo, la toma de decisiones en las organizaciones modernas se ha complejizado debido a cuatro factores fundamentales: (1) el aumento exponencial en el volumen de datos e información disponible, (2) la naturaleza dinámica de los problemas sobre los que recaen las decisiones, (3) la explosión combinatoria de posibles soluciones a un problema específico y (4) la velocidad con la que deben tomarse las decisiones.

Bajo este panorama, la toma de decisiones basada en la intuición, en la experiencia o en los métodos analíticos tradicionales ha mostrado sus limitaciones (Bonabeau, 2002). En las últimas décadas, sin embargo, ha emergido un nuevo grupo de herramientas y enfoques computacionales que buscan sacar provecho de las prestaciones, cada vez mayores, de los computadores modernos. Ejemplo de ello son la inteligencia de negocios, la inteligencia computacional y la aplicación de métodos heurísticos de optimización y predicción.

Una de las herramientas que más impacto ha tenido, tanto por su versatilidad, como por su potencia, son los algoritmos genéticos (AGs), los cuales resuelven diversos problemas imitando los postulados de la teoría de la evolución y la selección natural (Coello & Santana, 2006). Específicamente, en el ámbito de la gestión, los algoritmos genéticos se han utilizado en problemas relacionados con la elección de socios estratégicos, la optimización, la predicción, la planificación, entre otras.

Pese a que existen algunos trabajos de revisión de literatura en los que se presentan aplicaciones de los AG en la administración y los negocios (Grupe & Jooste, 2004), no hay a la fecha (hasta donde conocemos) un trabajo sistemático que evalúe el potencial de los AGs en ámbito de los negocios internacionales. El propósito de este trabajo de grado es llenar dicho vacío. El trabajo pretende evaluar tanto la literatura disponible en las principales bases de datos de revistas indexadas, libros y actas de conferencia, como casos prácticos de empresas multinacionales o transnacionales que han aplicado el enfoque de los AGs en sus contextos internacionales.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Desarrollar un estado situacional de las aplicaciones de los algoritmos genéticos en los negocios internacionales.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Recopilar la literatura relevante sobre algoritmos genéticos y sus aplicaciones en los negocios internacionales.
- Describir los principales conceptos, modelos y tendencias en el campo de los algoritmos genéticos.
- Categorizar los diversos campos y enfoques de aplicación de los algoritmos genéticos en los negocios internacionales.
- Analizar críticamente los usos actuales y potenciales de los algoritmos genéticos en las organizaciones.
- Escribir el estado situacional de las aplicaciones de los algoritmos genéticos en los negocios internacionales.

## **1.3. Fundamentación teórica**

### **1.3.1. Computación evolutiva**

La computación evolutiva (CE) es una rama de las ciencias de la computación. Esta tuvo sus principios con el biólogo Alexander Fraser en 1969. Él publicó una serie de trabajos en una computadora digital que trataban de la evolución de los sistemas biológicos (Batista, Moreno & Moreno, 2009). Esta rama se inspira en la evolución natural y/o en las teorías evolutivas como la de Charles Darwin (Deepa & Sivanandam, 2007). Esta inspiración no es una casualidad, sino que más bien puede atribuirse entre otras a los resultados de la evolución en cada una de las especies, resaltando la forma en la que las especies se adaptan a su entorno.

Históricamente, la computación evolutiva es una rama muy prematura ya que se empezó a desarrollar solamente en el campo teórico hacia el final de la década de 1940 y en el campo práctico se empezó a desarrollar en la década de 1960 (De Jong, 2006). Este desarrollo se dio en países y científicos por separado (Holland y Fogel en Estados Unidos y Recheuberg en Alemania). Posteriormente, hacia la década de 1990 y luego de muchas conferencias internacionales, se conciben los estudios de Holland, Koza, Recheuberg y Fogel como la conocida computación Evolutiva (Allen & Karjalainen, 1995). Las ramas de esta corriente con sus principales exponentes son:

- Algoritmos genéticos (Holland, 1975).
- Programación genética (Koza, 1992, 1994).
- Estrategias evolutivas (Recheuberg, 1973).
- Programación evolutiva (Fogel, 1966).
- Algoritmos meméticos (Dawkins).

### 1.3.2. Algoritmos genéticos

Los algoritmos genéticos (AGs) puede decirse que, es la técnica más popular de la computación evolutiva (Eiben & Smith, 2003). Uno de los principales inspiradores de los algoritmos genéticos, mucho menos mencionado y mucho menos conocido es el biólogo Alexander S. Fraser (Coello & Santana, 2006). Quien desarrollo un sistema binario en el cual se tenía una población de padres para luego tener una población de hijos, en la que los hijos tienen mejoras evidentes si se compara con los padres (Moscato, 1989). Años más tarde se haría notar John Henry Holland quien es conocido como el padre de los AGs. Holland en 1975 modeló el primer algoritmo genético (Deepa & Sivanandam, 2007).

Un AG desarrolla tres procesos fundamentales (Núñez, Núñez & Rivera, 2003), los cuales son: selección, reproducción y mutación. Los tres procesos fundamentales mencionados anteriormente se conocen como operadores, los cuales son necesarios conocer para poder tener un mejor entendimiento de lo que son los AGs.

En la selección, se escogen un número de individuos con las mejores características o aptitudes según el objetivo final, estos individuos se conocen como la población inicial con la que se podrán crear las siguientes generaciones (Chang, Yeh, & Wu, 2004). Algunos de los tipos de selección son:

- Selección elitista
- Selección proporcional a la aptitud
- Selección de ruleta
- Selección por torneo

En la reproducción se encuentra lo que se conoce como reproducción sexual, en la que se lleva a cabo una meiosis. Este tipo de reproducción es relevante porque se cruza la información de los padres con la de los hijos. Una vez cruzada la información de los padres y los hijos, el proceso es conocido como la selección natural (Deepa & Sivanandam, 2007) es decir, cuando se cruza la información genética de los padres e hijos la información dominante que está en los cromosomas será la que se notara con más fuerza en la nueva cadena de ADN. Para el cruce de información existen diferentes técnicas como por ejemplo:

- Cruce básico
- Cruce multipunto
- Cruce uniforme

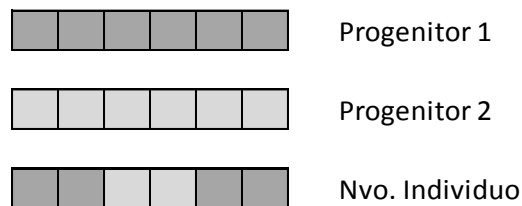
También se puede evidenciar como es el proceso de cruce básico en la ilustración 1, en la que cada una de las cadenas de ADN de los progenitores se divide a la mitad para luego unirse una de las mitades de cada uno, creando de esta manera un nuevo individuo. Y el cruce multipunto en la ilustración 2, el cual consiste en hacer un corte en dos o más puntos de la cadena de ADN de cada uno de los progenitores, para luego unirse nuevamente con partes de la cadena de ADN de cada uno de los progenitores con lo que se crea el nuevo individuo.

Ilustración 1. Cruce de Cromosomas básico



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 2. Cruce de Cromosomas multipunto



Fuente: elaboración propia.

En la mutación, se cambia alguno de los genes de los individuos, alterando de esta manera la genética, con lo que se pretende lograr una mejora del individuo. Algunos de los tipos de mutación son:

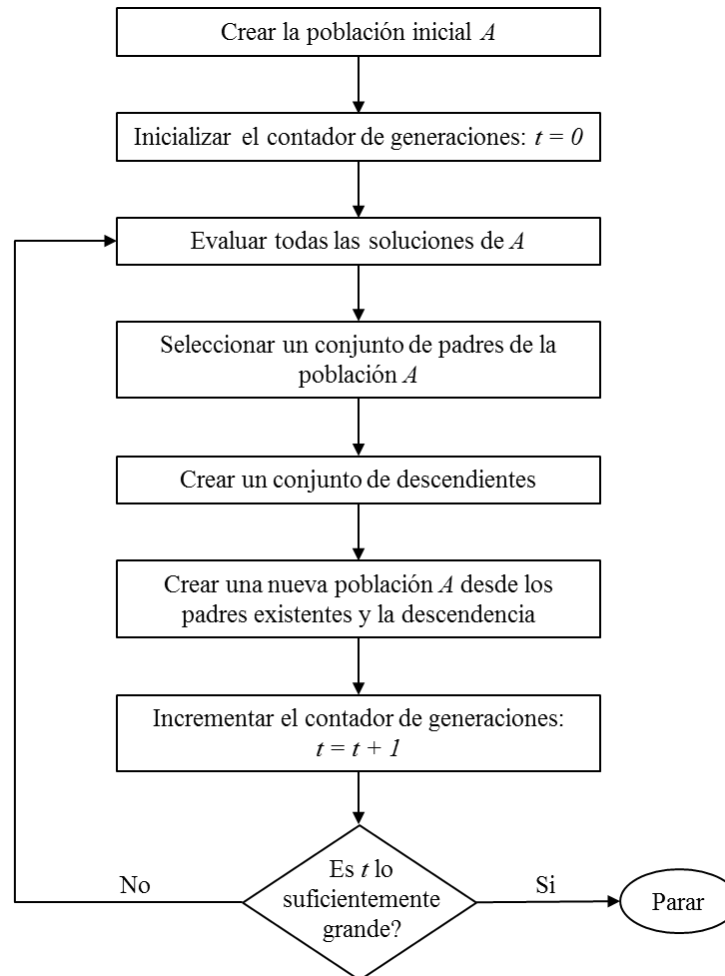
- Mutación de bits
- Mutación multibit
- Mutación por gen



- Mutación multigen

Después de haber explicado cómo funcionan los operadores de los algoritmos genéticos y sus métodos, se mostrará un diagrama de flujo en el que se puede ver como es el proceso de un algoritmo genético simple:

Ilustración 3. Flujograma de Algoritmo Genético.



Tomado de: Gómez-Cruz, 2013,

Como se muestra en el diagrama de flujo anterior, el proceso inicia por la creación aleatoria de la población, posteriormente se evalúa la conveniencia para a continuación escoger los mejores individuos (de esta manera se asegura que se escogerá la mejor información genética). A continuación, se crea una piscina de apareamiento para poder crear la nueva generación aplicando el proceso de cruce (Riolo & Worzel, 2003). Por ultimo en el diagrama de

flujo, se analiza si ya se encontró la solución deseada, si la respuesta es positiva se detiene el proceso, por otro lado si la solución no es la deseada se procede a escoger los mejores individuos con el fin de realizar la mutación para lograr de esta manera la solución deseada.

#### **1.4. Marco metodológico**

Este trabajo de grado pretende elaborar un estado situacional (estado de la cuestión, estado del arte) acerca de las aplicaciones de los algoritmos genéticos en los negocios internacionales. Para ello, serán consideradas tres etapas metodológicas, así:

- Recopilación y revisión de la literatura
- Descripción y análisis de la literatura
- Elaboración del estado situacional

En la etapa recopilación y revisión de la literatura, identificaremos algunos de los principales textos introductorios sobre los algoritmos genéticos (Deepa & Sivanandam, 2007; Goldberg, 1989; Mitchell 1998), con el ánimo de identificar los principales conceptos, modelos y tendencias en el campo de los algoritmos genéticos. Asimismo, haremos una búsqueda exhaustiva de las aplicaciones de los algoritmos genéticos en los negocios internacionales. Para ello revisaremos las principales revistas y eventos de negocios internacionales en el mundo (ejemplos: *International Business Review*, *Research in International Business and Finance*, *International Business Management*, *International Business Conference*). Se tomarán en cuenta, además, algunas revistas, libros y eventos de administración general (*Organizational Studies*, *Academy of Management Review*, *Journal of Management*) y de computación evolutiva (*Evolutionary Computation*, *Swarn and Evolutionary Computation*). A partir de los documentos recopilados se elaborarán fichas bibliográficas que permitan ordenar la información y abstraer lo fundamental de cada texto.

En la etapa de descripción y análisis de la literatura, se llevará a cabo una lectura profunda de cada uno de los textos, se hará una descripción de los conceptos relevantes en el

contexto de los problemas de optimización, los algoritmos genéticos y los temas representativos de los negocios internacionales. De igual forma, se elaborarán diversas tablas y mapas conceptuales tanto para categorizar la información encontrada, como para relacionarla y compararla. El material relativo al estado de la cuestión, específicamente, se organizará de forma cronológica con el fin de dar una perspectiva histórica del problema y temática, para presentar sistemáticamente los campos de aplicación. Algunas categorías de aplicación que se tendrán en cuenta son logística internacional, finanzas internacionales, comercio internacional, mercadeo internacional, entre otras.

Igualmente, se tendrán en cuenta otras estrategias y técnicas de síntesis de información como mapas conceptuales, esquemas, gráficos estadísticos, cuadros comparativos y cajas de texto con información adicional. Todo esto con el fin de tener un apoyo visual y conceptual en la construcción del trabajo final.

En la etapa de elaboración del estado situacional, se construirá un texto de estado situacional con los siguientes componentes genéricos:

- Título
- Resumen
- Palabras clave
- Introducción
- Desarrollo
- Conclusiones
- Referencia

En la introducción se hará una breve presentación de lo que han sido los algoritmos genéticos en los negocios internacionales, con el fin resaltar la importancia del tema y de contextualizar al lector; se introducirá el propósito del texto y se indicará el contenido del resto del documento. El desarrollo del documento contará con varias secciones. Tentativamente, se hará una sección que describa los algoritmos genéticos, su motivación biológica, su lógica y sus operadores principales. Otra sección será destinada a caracterizar los campos, temas y problemas de los negocios internacionales susceptibles de ser abordados con los algoritmos genéticos. En otra sección se hará la revisión de las principales aplicaciones reportadas en la literatura. El

apartado de conclusiones resumirá los aportes del texto, sus implicaciones y trabajo futuro. En la referencia se consignarán todos los textos citados con normas APA. Una vez este documento esté elaborado y haya consenso entre estudiante y tutores, se recurrirá a pares académicos para su revisión. Con lo anterior se pretende tener una opinión externa sobre el tema tratado, la calidad del texto y su pertinencia. Sobre las críticas recibidas se ajustará el texto para su envío a una revista (muy probablemente indexada).

### **1.5. Justificación de la propuesta con relación al proyecto del profesor**

El uso de técnicas de computación evolutiva está impactando significativamente los procesos de toma de decisión gerenciales, es decir, todas aquellos procesos de tipo operativo. Pese a ello, en nuestro contexto (el colombiano, e incluso el latinoamericano) no hay mucho conocimiento sobre el potencial de estas técnicas. Menos aún de cara a la resolución de problemas en el marco de los negocios internacionales. Este proyecto busca resaltar dicho potencial y mostrar los principales campos donde los algoritmos genéticos pueden ser relevantes para la administración de negocios internacionales. En este sentido, el proyecto es pertinente tanto para la línea de gerencia, como para el programa de tecnologías para la gerencia. Adicionalmente, esta técnica es considerada por muchos autores como un subcampo de los modelos de simulación basados en agentes, por lo que el proyecto resulta relevante para el proyecto “El proceso de investigación de las organizaciones *in silico* a través de modelos basados en agentes” que codirigen los profesores Nelson Gómez y Francisco Ortega.

## **2. Nuevos entornos para los negocios internacionales**

Hay aseveraciones de que la economía ha crecido más rápidamente en los últimos cuarenta años de lo que ha crecido anteriormente, por lo tanto los mercados locales están mucho más hacinados, obligando a que las organizaciones busquen el crecimiento en países diferentes al país de origen (Puerto, 2010).

Un ejemplo de lo anterior es el caso Colombiano, el cual para el año de 1990 registro unas exportaciones por valor de 5.200 millones de dólares y en el 2008 registro unas exportaciones por valor de 37.625 millones de dólares (Montoya, 2011), creciendo aproximadamente un 720%. Como resultado hay mercados locales y extranjeros con competidores locales y de otros países. A esto se le conoce como un mercado internacional, el cual es estudiado por los negocios internacionales (el cual se expondrá más adelante).

Así se evidencia que los mercados y negocios son cada vez más complejos, como lo son las decisiones que deben de tomar las organizaciones a la hora de penetrar en dichos mercados extranjeros (Esparragoza & Mejia, 2013), decisiones que deben de ser tomadas rápidamente, de manera eficaz y efectiva, para no caer en el fracaso.

### **2.1. Retos y obstáculos de los entornos**

De esta forma es básica e imprescindible una muy buena planeación y buena toma de decisiones en base a información y no a intuición, ya que las cifras demuestran que cerca del 45% de las nuevas empresas fracasan entre el primer y tercer año de creadas (Mendoza, 2013). Lo anterior debido a la falta de planeación financiera, de entender el entorno con el que se interactúa, o baja productividad.

Además de que los negocios internacionales se enfrentan a la complejidad anteriormente descrita. También se enfrentan a un alto volumen de datos, y aunque estos datos son valiosos,

necesarios y útiles, hay que resaltar que son demasiados y el tiempo para procesarlos, organizarlos, y convertirlos en información útil es muy reducido, esto dentro del contexto de un mundo altamente interconectado, y que demanda una rápida respuesta por parte de las organizaciones.

Hasta el momento se han descrito brevemente algunos de los factores a los que se enfrentan los negocios internacionales, como lo son: la complejidad, hacinamiento, competencia nacional e internacional, alta mortalidad empresarial, alto volumen de datos y entorno cambiante. Otros factores a los que se enfrentan son: bajas utilidades, hacinamiento, monopolios, gustos de los consumidores que cambian rápidamente, leyes diferentes en cada país.

## **2.2. ¿Existen alternativas para continuar?**

Con este contexto parece que mantener una organización multinacional en crecimiento y expansión, es una tarea cada vez más complicada, que exige todo el tiempo necesario, que hace necesario mucho personal quien este procesando datos para obtener información y tomar buenas decisiones. O para otras personas puede parecer una fantasía ya que es imposible tener todo el conocimiento y tiempo para dicha tarea.

Aunque el proceso de manejar un negocio internacional es complejo, no es un imposible ni una fantasía, o por los menos no con herramientas que apoyen la alta dirección. Algunas de las herramientas a las que se pueden acudir para poder administrar una multinacional, son de tipo tecnológico. A lo largo de la historia se ha demostrado que la tecnología es una herramienta que facilita el funcionamiento de las empresas y en muchos casos las mejora.

Con herramientas tecnológicas y/o computacionales las empresas pueden mejorar utilidades y costos. Como lo propone Chuang, Hsu y Yang (2011) en su estudio sobre una empresa de manufactura. La cual al emplear herramientas computacionales que utilizan algoritmos genéticos, reduce los costos de diseño antes de ejecutar planes de la siguiente manera, un empleado crea un diseño de un bien el cual tiene un costo de 785.000 dólares mientras que el

AG desarrolla una propuesta que cumple las mismas necesidades por un costo de 684.000 dólares. El precio del diseño propuesto por la herramienta es un 12.83% más económico comparado con el sugerido por el empleado. Así se demuestra una reducción de costos, no en una fase operativa sino en una fase administrativa, ya que la herramienta está apoyando en este caso a la planeación y no a la ejecución. No obstante no se está proponiendo que se sustituya al personal humano con la tecnología. Sino que por el contrario se convierta en un apoyo en tareas como planeación, predicción, optimización o diseño.

A lo largo de este escrito se pretende demostrar como los AGs son un apoyo en la administración de los negocios internacionales. En la siguiente sección se abarcará qué son los negocios internacionales y en qué consisten, una breve introducción y una breve descripción de las ramas.

Posteriormente se introducirá a la herramienta computacional conocida como algoritmos genéticos, se abarcarán básicamente a los exponentes más reconocidos de esta técnica, sus postulados, conclusiones, componentes de la técnica, en qué consiste y como funciona.

También se dedica un apartado donde se investigará sobre aplicaciones de los algoritmos genéticos en algunas ramas de los negocios internacionales, describiendo el problema identificado, como se solucionó con los AGs y las ventajas sobre los métodos tradicionales.

### **3. ¿Cómo identificar un negocio internacional?**

Los negocios internacionales no son un fenómeno reciente, por el contrario se da hace muchos años, representados por una de sus ramas (comercio internacional), en la cual se evidencian acciones como el trueque. En los últimos años ha tomado más importancia el conocer y entender los negocios internacionales. Ya que fenómenos como la interconectividad, que facilita el flujo de información, el transporte, el traslado del dinero, y las negociaciones, permite que empresas puedan desarrollar actividades en diferentes países de forma simultánea.

#### **3.1. Logística internacional**

La logística internacional (LI) se considera básicamente como el traslado de bienes o servicios entre dos o más países para suplir una demanda, ya sea de consumidores finales, empresas o incluso para trasladar productos de una misma empresa que tiene la manufactura ubicada en diferentes zonas geográficas.

#### **3.2. Mercadeo internacional**

El mercadeo internacional (MI) comprende todas las actividades necesarias para que los bienes o servicios que oferta una compañía se vendan. Entre las muchas actividades que incluye el mercadeo están: investigación de mercados, comportamiento del consumidor, fijación de precios, mercadotecnia, calcular producción, diseño de productos, diseño de estrategias.



### **3.3. Finanzas internacionales**

Las finanzas internacionales (FI) abarcan temas relacionados con inversión extranjera, cambio de divisas, evaluación de activos, riesgos de inversión en países, liquidez de países e inflación. Todo lo que evalúa lo hace en el contexto macroeconómico de un mundo globalizado.

### **3.4. Comercio internacional**

El comercio internacional (CI) es el que se incluye la compra y venta de productos o servicios entre empresas o países que estén en países diferentes. Gracias a esta rama es que se facilitan las exportaciones de los excedentes de producción de los diferentes países.

### **3.5. Estrategia internacional**

La estrategia internacional (EI) es una rama que tiene gran importancia, ya que gracias a ella es que las organizaciones tienen herramientas para diseñar planes y/o reglas a seguir, con el fin de que los negocios crezcan. Cabe mencionar que los negocios internacionales han sido responsables de grandes transformaciones como: la posibilidad de que los consumidores puedan recibir productos extranjeros en la puerta de su vivienda a muy bajos costos, que las empresas ofrezcan bienes cada vez mejores debido a la competencia internacional, que el consumidor adquiera servicios de diferentes lugares del mundo en tiempo real, poseer qué precio establecido tiene un producto por los diferentes comerciantes o empresas. Para que todos estos cambios se puedan seguir dando es necesario que los negocios internacionales integren en su funcionamiento herramientas como los AGs. Para demostrar la necesidad y el apoyo de estos instrumentos se mencionarán ejemplos de organizaciones internacionales que los han aplicado.

#### **4. ¿Son necesarios los AGs en los NI?**

A lo largo de las últimas décadas, aumentó el interés por aplicar los Algoritmos Genéticos en empresas. Este interés creció ya que se encontró evidencia de que los algoritmos genéticos pueden ser un apoyo para la solución de problemas con altos niveles de información o altos niveles de incertidumbre, de una manera rápida y efectiva. Como lo son General Electric que a finales de la década de 1980 comercializó uno de los productos pioneros utilizando algoritmos genéticos para solucionar problemas en los procesos industriales (Hillebrand, Kingdon & Stender, 1994) y Axcélis Inc empresa que desarrollo un programa llamado Evolver el cual soluciona problemas financieros en plataformas de Windows (Helmreich, 1998).

Si bien la aplicación de los AGs en empresas multinacionales es baja, se han encontrado algunos casos en los que se ha aplicado esta técnica. A continuación se mencionarán y se presentarán por rama de los NI.

##### **4.1. Finanzas internacionales**

En finanzas internacionales (FI) algunos de los principales objetivos son, la predicción (de precios, de valor de acciones), gestión y optimización de portafolios. Para ilustrarlos a continuación se exponen dos ejemplos sobre gestión y optimización de portafolios (Mansourfar, 2012; Kabundi & Mwamba 2012) y un ejemplo sobre predicción de precios (An et al, 2014).

El primer ejemplo de gestión y optimización de portafolios aplicando AG es el de Mansourfar (2012) quien expone la necesidad de un método con el que se puedan optimizar portafolios sin tener la debilidad que la solución arrojada no siempre tenga una alta probabilidad de estar en el grupo de las mejores soluciones. Otro aspecto relevante es que los métodos tradicionales (Ejemplo: media – varianza) no son siempre efectivos en el largo plazo, debido a que la fiabilidad se reduce drásticamente cuando el horizonte de tiempo es más lejano.

Mansourfar (2012) para este ejemplo propuso portafolios conformados por países emergentes, es decir, se evaluó en qué país es mejor invertir y no en que acciones. Para esto aplicó los algoritmos genéticos de la siguiente forma: los países se representaron con cromosomas y su información genética incluyó algunos indicadores relevantes para los inversionistas (bajos costos de transacción, liquidez del mercado, regulación de mercado, mecanismos de negociación, entre otros). Se creó una población inicial en la que posteriormente se hizo un cruce, mutación y selección, así hasta que el sistema arrojó un grupo de soluciones óptimas para el inversionista. Los resultados del estudio consistieron en que el método de AG, encuentro más opciones con rendimientos altos y mismo nivel de riesgo de los que se encontraron con el método de media – varianza.

El segundo ejemplo de Kabundi y Mwamba (2012) sobre gestión y optimización de portafolios, consiste en aplicar los AGs para incrementar la utilidad y minimizar el riesgo de un inversionista africano. Tradicionalmente se analizan los portafolios óptimos mediante el sistema de media varianza basado en el modelo matemático de programación cuadrática el cual que se limita cuando los portafolios se quieren conformar por un mercado global, ya que el volumen de información el alto. Este ejemplo tomó índices bursátiles históricos de empresas como: SyP500, FTSE100, NASDAQ, DOWJONES, CAC40 and the Xetra DAX.

Kabundi y Mwamba (2012) aplicaron los algoritmos genéticos de la siguiente forma: cada cromosoma (individuo) representa un conjunto de ponderaciones dada a los índices bursátiles (cada ponderación de los índices bursátiles es un gen), de esta manera se crea una población de 100 individuos. A partir de la población inicial se realizan el cruce, la mutación y la selección, para generar poblaciones futuras.

Al final de aplicar los métodos de AG y media varianza basado en el modelo matemático de programación cuadrática, se encontró que las opciones brindadas por el primer método fueron: más numerosas, con rendimientos un poco mayores manteniendo el mismo riesgo, comparadas con las opciones brindadas por el segundo método. Igualmente los AGs tiene en cuenta la aversión al riesgo del inversionista en mayor medida si se compara con media varianza basado en el modelo matemático de programación cuadrática.

El ejemplo de predicción en FI, es la propuesta de An et al. (2014) para pronosticar los precios futuros del petróleo. En este estudio se hacen predicciones sobre los precios futuros del petróleo, con el fin de encontrar un patrón de comportamiento de este activo, determinando de esta forma los momentos en los que estará a la baja y los que estará a la alza.

An et al. (2014) mediante su investigación, en la que se tomaron los precios del petróleo para el periodo de 1985 - 2013 como insumo para el algoritmo genético. Logró predecir los precios y comportamientos de este activo, con lo que se le permite al inversionista tomar la postura de ir en corto o ir en largo<sup>1</sup>.

## **4.2. Logística internacional**

Uno de los problemas en logística internacional es el de minimizar el costo y los tiempos de entrega. Vale recordar que se considera logística internacional cuando se está transportando un bien entre dos países, se tendrá en cuenta dos posibilidades para hacer el traslado de la mercancía. El primero consiste en el transporte unimodal (un solo tipo de transporte ya sea marítimo, aéreo o terrestre), y el segundo consiste en el tipo de transporte multimodal (combinar dos o más medios de transporte).

En el escrito de Kainosho y Takeyasu (2014) se plantea la optimización desde el punto de vista del transporte multimodal, partiendo de la necesidad por parte de las multinacionales de planear la logística para lograr una reducción en costos y tiempos de entrega.

Cuando se delega esta responsabilidad (planeación) únicamente a una persona quien no tiene las herramientas para evaluar todo (Obstáculos, escenarios, opciones, costos, requisitos, necesidades) hay una alta probabilidad de que ni los tiempos ni el costo se minimicen. Por tal motivo, Kainosho y Takeyasu (2014) proponen emplear AGs, de tal forma en que cada individuo lleve como información genética características como: tamaño de la mercancía, tipos de

---

<sup>1</sup> Para los inversionistas ir en corto consiste en negociar con acciones esperando que estas aumenten su precio e Ir en largo es negociar con acciones esperando que estas aumenten su precio

transporte, costo de transporte, tiempo para transportar, exigencias del cliente, restricciones de los puntos de origen, restricciones de los puntos de destino, regulaciones.

Luego de que se definió lo anterior y se ha creado la población inicial, se empieza con el proceso de cruce, para crear mejores poblaciones (aplicando igualmente la mutación) de las cuales saldrán las mejores soluciones. Para los ejemplos utilizados en el estudio de Kainosho y Takeyasu (2014), los resultados fueron una serie de combinaciones para cada consiste tipo de carga. Es decir arrojó soluciones económicas y con tiempos de entrega muy cortos. Apoyando así la planeación de la logística internacional.

### **4.3. Estrategia internacional**

Otra rama de los negocios internacionales que adquiere gran importancia es la Estrategia Internacional (EI), que se enfrenta a situaciones como: alta incertidumbre, entorno dinámico, aumento de competencia, mercados hacinados, costos altos. Con lo anterior las multinacionales deben prepararse y aprender a apoyarse en herramientas para poder tomar decisiones tales como: penetrar mercados, establecer precios, fabricar cierta cantidad de productos, generar necesidades. Un instrumento que puede ayudar son los algoritmos genéticos que como se muestra a continuación, apoyan a la alta dirección para la toma de decisiones.

Un ejemplo es el estudio desarrollado por Jinn, Ju y Tai (2007), el cual consiste en que una empresa tiene 16 componentes diferentes para configurar computadoras, para un total de 116 casos diferentes, y una posibilidad de configurar 479 mil millones tipos de computadoras diferentes. Lo anterior es un problema exponencial el cual requiere años de estudio para dar una configuración deseada y muy probablemente cuando esto suceda el entorno habrá cambiado nuevamente.

Adicionalmente es muy improbable que los consumidores demanden toda esta cantidad de configuraciones y aún más improbable que una compañía pueda ofrecer toda esta cantidad de opciones en tiempo real. El tema principal para poder saber qué tipo de configuración debe

ofrecer una compañía, consiste en poder de alguna manera conocer las tendencias futuras de un mercado que demanda cada vez más computadores personalizados.

El método para la elaboración de computadores personalizados en el estudio de Jinn, Ju y Tai (2007), propone aplicar los algoritmos genéticos para predecir las tendencias de los consumidores en computadoras de la siguiente manera; cada individuo representa una solución posible, donde los cromosomas son cada especificación para la configuración con los costos. Para este caso la selección se hizo mediante el mecanismo de ruleta, el cruce se hizo en dos puntos (multipunto), y la mutación se hizo solamente en un punto. Al aplicar los AG, las mejores soluciones para este caso fueron encontradas en la generación de hijos número 250. En un tiempo mucho menor que si lo hiciera una persona.

Lo que se evidencia en el estudio de Jinn, Ju y Tai (2007) es que cuando se aplican los algoritmos genéticos en una empresa de este tipo para predecir las tendencias del mercado, se puede ofrecer a los compradores el producto que estos desean, cómo lo desean a un precio cómodo y sin tener que esperar e incluso antes de que ellos lo demanden.

Dicha propuesta puede catalogarse en varias categorías de los negocios y diferentes de la estrategia, como: mercadeo (porque se ofrece al consumidor lo que quiere, como lo quiere y cuando lo quiere), logística (porque se debe desarrollar la cadena de suministro en varios países para poder llevar al consumidor el producto que demanda) y por ultimo finanzas (porque se están minimizando costos).

Otro aspecto relevante en la estrategia internacional es el saber en qué invertir, lo anterior debido a que al interior de muchas organizaciones los directivos están escogiendo constantemente en que empresas (con un alto número de posibilidades) invertir, para tomar una decisión los empresarios tienen en cuenta lo atractivo del sector o de la empresa para lo que es importante tener nociones sobre si la empresa va a perdurar en el tiempo o no.

Actualmente para dar un juicio sobre qué empresa perdurará más en el tiempo que otra, se analizan los indicadores financieros (los cuales para este caso son 22) de cada una, en el proceso de análisis se encuentra un volumen de información demasiado alto solamente para comparar un número reducido de organizaciones.

A raíz de lo anterior Kyung y Yong (2002) proponen que mediante los algoritmos genéticos se puede determinar si la empresa perdurará en el tiempo o no. La representación de esta situación en los algoritmos genéticos se desarrolló así; cada empresa es un cromosoma, y los valores de los indicadores financieros representan la información genética (a cada indicador financiero se le asigna un valor de uno o cero dependiendo de unos rangos ya establecidos). A partir de la población inicial se hace un cruce, una mutación y una selección, para posteriormente crear nuevas poblaciones, este proceso se repite hasta que se encuentren las mejores soluciones, es decir hasta que se resulten un número de empresas con las mayores probabilidades de perdurar en el tiempo.

De esta manera, Kyung y Yong (2002) proponen una herramienta para las empresas inversionistas con el fin de que tomen las decisiones con mayor objetividad y velocidad si se compara con lo que le tomaría a cada persona.

Con lo anterior se ha procurado mostrar en pequeña escala lo que se puede lograr al aplicar los algoritmos genéticos en los negocios internacionales. Entre los beneficios que otorga se encuentra: tener ventajas competitivas sobre algunos de los competidores, predecir (precios, tendencias), anticiparse, tener utilidades positivas, mejorar la logística, disminuir costos.

## 5. Conclusiones

Se ha demostrado la necesidad de que las empresas integren este tipo de herramientas, no solo en fases productivas sino que también se debe de hacer en fases administrativas como lo propone Jinn, Ju y Tai (2007). También reviste gran importancia que en la creación de empresas se evalué el entorno que le afecta directamente mediante este tipo de técnicas, con el fin de conocerlo y hacer una planeación buscando la perdurabilidad.

La evidencia en este escrito demuestra que el apoyo en herramientas tecnológicas en este caso los AGs hace que las empresas sean más productivas, los procesos de planeación, diseño, optimización y predicción sean mejores y la velocidad para ejecutar estas tareas sea mayor. Como sucedió en el estudio desarrollado por An et al. (2014) en el que se diseñan una serie de reglas para tomar decisiones de inversión a partir de la predicción del comportamiento (tendencias) de precios futuros del petróleo, teniendo como resultado que los inversionistas al seguir los pasos propuestos disminuyen las perdidas por el nivel de incertidumbre en los precios futuros.

Los AGs también evalúan un mayor número de elementos al momento de predecir, diseñar u optimizar comparada con lo que podría evaluar una persona. Esta situación es muy evidente al momento de predecir los comportamientos del sector bursátil, tal y como se mencionó anteriormente ofrece mejores opciones de inversión a los accionistas cuando se aplica este tipo de técnicas, Kabundi y Mwamba (2012) proponen que una ventaja importante de aplicar los AGs frente a métodos como Media – Varianza, es que el primero contempla más la aversión al riesgo del inversionista.

Hay que resaltar siempre que las herramientas tecnológicas como esta no están desarrolladas para que se remplace a las personas, más bien lo que se quiere es potencializar y hacer que cada uno de los empleados sean más productivos y aporten más a la empresa. Se debe de recordar que los AGs dan un conjunto de posibles soluciones, pero el responsable de decidir cuál escoger, aplicar y ejecutar, es una persona. Este tema reviste gran importancia ya que los



empleados de una empresa pueden ser un obstáculo para la planeación, implementación y ejecución, de este tipo de herramientas por miedo a que se queden sin trabajo.

Frente al diseño de productos se pudo apreciar que cuando se emplea este tipo de herramientas se ahorra tiempo valioso, ya que esta técnica permite hacer una predicción de lo que el mercado va a demandar en periodos futuros, como se mencionó en el ejemplo de diseño de computadoras. Las ventajas que más se destacan en este caso son: una mejora estratégica, debido a que se va a ofrecer un producto en el momento demandado o incluso antes y una reducción de costos, en consecuencia que se están creando productos al costo más bajo posible.

En la logística los AGs son un gran apoyo en la planeación diaria. Así como lo propone Kainosho y Takeyasu (2014) en su estudio, donde esta técnica es un pilar que suministra múltiples opciones para solucionar problemas de optimización con infinidad de datos. En consecuencia hay una optimización diaria de este tipo de actividades y un apoyo al personal, asegurando que se va a escoger una opción que cumple con los objetivos.

## 6. Referencias bibliográficas

- Adler, B. (2010). *A Reassessment of Bankruptcy Reorganization after Chrysler and General Motors* (Working Paper No. 10-04). Recuperado de Law & Economics Research Paper Series  
[http://Www.Stern.Nyu.Edu/Sites/Default/Files/Assets/Documents/Con\\_039558.Pdf](http://Www.Stern.Nyu.Edu/Sites/Default/Files/Assets/Documents/Con_039558.Pdf).
- Aguirreamalloa, J. & Fernández, P. (2012). *La Insolvencia de Lehman Brothers en Septiembre de 2008: Sobre su Presibilidad y Sobre Algunos “Profetas a Posteriori”* (Documento de investigación DI-950). Recuperado de IESE Business School  
<http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0950.pdf>.
- Allen, F. & Karjalainen, R. (1995). Using Genetic Algorithms to find Technical Trading Rules. *Journal of Financial Economics*, 51(19), 245-271.
- An, H., Huang, X., Liu, X., Sun, X., Wang, L. & Xia, X. (2014). Generating Moving Average Trading Rules on the Oil Futures Market with Genetic Algorithms. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, Article ID 101808.
- Apoteker, T. & Barthelemy, S. (2000). *Genetic Algorithms and Financial Crises in Markets*. Trabajo presentado en Cefi Actas Conferencia Internacional. Recuperado de SSRN: <http://ssrn.com/abstract=687741> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.687741>.
- Batista, B. Moreno, J. A. & Moreno, J. M. (2009). Introducción a la Computación Evolutiva. *Revista Didáctica de las Matemáticas*, 71, 21-27.
- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(3), 7280-7287.
- Chang, J., Yeh, J. & Wu, T. (2004). Parallel genetic algorithms for product configuration management on PC cluster systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 31(11-12), 1233-1242.

- Chuang, S., Hsu, T. & Yang, C. (2011). A genetic algorithm for dynamic facility planning in job shop manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52(14), 303-309.
- Coello, C. & Santana, L. (2006). Una introducción a la computación evolutiva y algunas de sus aplicaciones en economía y finanzas. *Revista De Métodos Cuantitativos Para La Economía y La Empresa*, 2, 3-26.
- De Jong, K. (2006). *Evolutionary Computation: A Unified Approach*. Londres: A Bradford Book.
- Deepa, S. N., & Sivanandam, S. N. (2008). *Introduction to Genetic Algorithms*. New York: Springer.
- Eiben, A.E. & Smith, J.E. (2003). *Natural Computing Series: Introduction to Evolutionary Computing*. New York: Springer.
- Esparragoza, D. J. & Mejia, C. (2013). Dinamismo de mercado en la pequeña y mediana industria de Colombia: El caso SuperBrix. *Revista Innovar*, 23(48), 83-93.
- Gómez Cruz, N. A. (2013). *Vida Artificial: Ciencia e Ingeniería de Sistemas Complejos*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Grupe, F. H. & Jooste, S. (1993). Genetic algorithms: A business perspective. *Information Management y Computer Security*, 12(3), 289-298.
- Helmreich, S. (1998). *Silicon Second Nature: Culturing Artificial Life in a Digital World, Updated with a New Preface*. Berkeley: University of California Press.
- Hillebrand, E., Kingdon, J. & Stender, J. (1994). *Genetic Algorithms in Optimisation, Simulation and Modeling*. Amsterdam: IOS Press.
- Kabundi, A. & Muteba, J. (2012). Applying a Genetic algorithm to International diversification of equity portfolios: A south african investor perspective. *South African Journal of Economics*, 80(1), 91-105.
- Kainosho, M. & Takeyasu, K. (2013). Optimization technique by genetic algorithms for international logistics. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25(5), 1043-1049.

- Lee, J. & Seok, J. (2009). A novel compact genetic algorithm using offspring survival evolutionary strategy. *Journal Artificial Life and Robotics*, 14(4), 489-493.
- Mansourfar, G. (2013). Econometrics and Metaheuristic Optimization Approaches to International Portfolio Diversification. *Iranian Journal of Management Studies (IJMS)*, 6(1), 47-77.
- Mendoza, O. (2013, Junio 14). *Mortalidad Empresarial*. Portafolio. Recuperado de: <http://www.portafolio.co/columnistas/mortalidad-empresarial>.
- Moliner, M. (1998). *Diccionario De Uso Del Español* (2ª Ed.). Madrid: Gredos.
- Montoya Corrales, C.A. (2011). Colombia y su inserción a la economía mundial. *Ecos de Economía*, 15(32), 171-193.
- Moscato, P. (1989). *On Evolution, Search, Optimization, Genetic Algorithms and Martial Arts: Towards Memetic Algorithms*. Pasadena, CA: California Institute of Technology.
- Núñez, J., Núñez, J. & Rivera, S. (2003). Discusión de las características de algoritmos genéticos híbridos aplicados a la optimización de trazados. *Mecánica Computacional*. 22, 1803-1813.
- Puerto Becerra, D. P. (2010) La globalización y el crecimiento empresarial a través de estrategias de internacionalización. *Pensamiento y Gestión*, (28), 171-195.
- Riolo, R. & Worzel, B. (2003). *Genetic Programming Theory and Practice*. New York: Springer.