

## ALGORITMOS DE ENJAMBRE

## SWARM ALGORITHMS

Gloria Estefanía Torrez Terrazas (1)

Benjamín H. Buitrago Conde (2)

**RESUMEN**

En la actualidad se hace uso de las técnicas de inteligencia artificial para la solución de una diversidad de problemas de carácter social, económico, financiero, de control, etc. Entre estas técnicas se encuentran los algoritmos de inteligencia de enjambre, que es un método basado en el comportamiento de abeja, imitando sus habilidades para la solución de problemas.

El algoritmo de enjambre de abejas se divide en dos clases, según la búsqueda de alimento y según su apareamiento. La primera clase se basa en el comportamiento de las abejas en la búsqueda de su fuente de alimento llamado ABC (colonia de abejas artificial), es un algoritmo de búsqueda más reciente en el área de inteligencia colectiva, es utilizado para encontrar buenas soluciones en problemas de optimización, es decir, en la búsqueda de soluciones a problemas en la investigación operativa.

La segunda clase se fundamenta en el proceso de apareamiento de las abejas, llamado HBMO (optimización por apareamiento de abejas), y ha sido implementada con éxito en problemas de calendarización, minería de datos, optimización y sin restricciones.

**Palabras clave:** Algoritmos de optimización. Computación evolutiva. Comportamiento de comunidad.

**ABSTRACT**

Nowadays, it is common the use of artificial intelligence techniques to solve a variety of economic, financial, social and control problems. These techniques include algorithms swarm intelligence, which is a behavior-based approach bee, imitating their skills to solve problems.

The bees' swarm algorithm is divided into two classes according to the foraging and by mating. The first class is based on the behavior of bees in search of their food source called ABC (colony of artificial bees), which is the newest search algorithm in the area of collective intelligence, is used to find good solutions to optimization problems, i.e., in the search for solutions to operative research problems.

The second class is based on the mating process of bees, called HBMO (bee mating optimization), and has been implemented successfully in problems of scheduling, data mining, optimization and unrestricted.

**Keywords:** Optimization algorithms. Evolutionary computation. Community behavior.

**INTRODUCCIÓN**

La inteligencia de enjambre es el comportamiento colectivo de sistemas descentralizados y auto-organizados, naturales o artificiales. Es una heurística inspirada en el estudio de grupos de animales, más específicamente de insectos como abejas, hormigas y termitas entre otros. Este tipo de comunidades se caracterizan por la forma de trabajo en grupo por el mismo fin, que es el bien de la colmena en general, son muy organizadas y comunicativas por lo que si se ve a la colmena como un individuo, se suman las experiencias de cada uno de los elementos que pertenecen a ella y, por lo tanto, le permite tomar decisiones más acertadas.

Además de trabajar en grupo con el mismo objetivo se hacen más fáciles, rápidas y probables las tareas cotidianas, como por ejemplo encontrar mejores fuentes de comida para alimentar a la colmena, encontrando rutas óptimas y minimizando los esfuerzos realizados como por ejemplo encontrar el camino más corto a una fuente de comida cercana.

*Páginas 23 a 29*

*Fecha de Recepción: 17/11/15*

*Fecha de Aprobación: 07/12/15*

1) Est. de Ingeniería Biomédica. Univalle Cochabamba. Pasante en Tecnologías de Información. gloria.torrez.ibi@outlook.com, ttg1006256@est.univalle.edu

2) Licenciado en Informática. Magister Scientiarum. Docente del Departamento de Sistemas y TI. Univalle Cochabamba. bbuitragoc@univalle.edu

### 1. La colonia de abejas Artificial (ABC)

Es uno de los algoritmos más recientes en el dominio de la inteligencia colectiva. Creado por Dervis Karaboga, el cual fue motivado por el comportamiento inteligente observado en las abejas domésticas para llevar el proceso de forrajeo (1).

ABC es un algoritmo de optimización combinatoria basado en poblaciones, en el cual las soluciones del problema de optimización, llamadas fuentes de alimento, son modificadas por las abejas artificiales, que fungen como operadores de variación. El objetivo de estas abejas es descubrir las fuentes de alimento con mayor néctar (2).

En el algoritmo ABC, las abejas artificiales se mueven en un espacio de búsqueda multidimensional eligiendo fuentes de néctar dependiendo de su experiencia pasada y la de sus compañeros de colmena o ajustando su posición. Algunas abejas (exploradoras) vuelan y eligen las fuentes de alimento aleatoriamente sin usar experiencia. Cuando encuentran una fuente de néctar mayor, memorizan su posición y olvidan la anterior. De este modo, ABC combina métodos de búsqueda local y búsqueda global, intentando equilibrar el proceso de la exploración y de la explotación del espacio de búsqueda (3).

El modelo define tres componentes principales que a continuación se enuncian (4):

- **Fuente de alimento:** El valor de una fuente de alimento depende de muchos factores, como su proximidad a la colmena, riqueza o la concentración de la energía y la facilidad de extracción de esta energía.

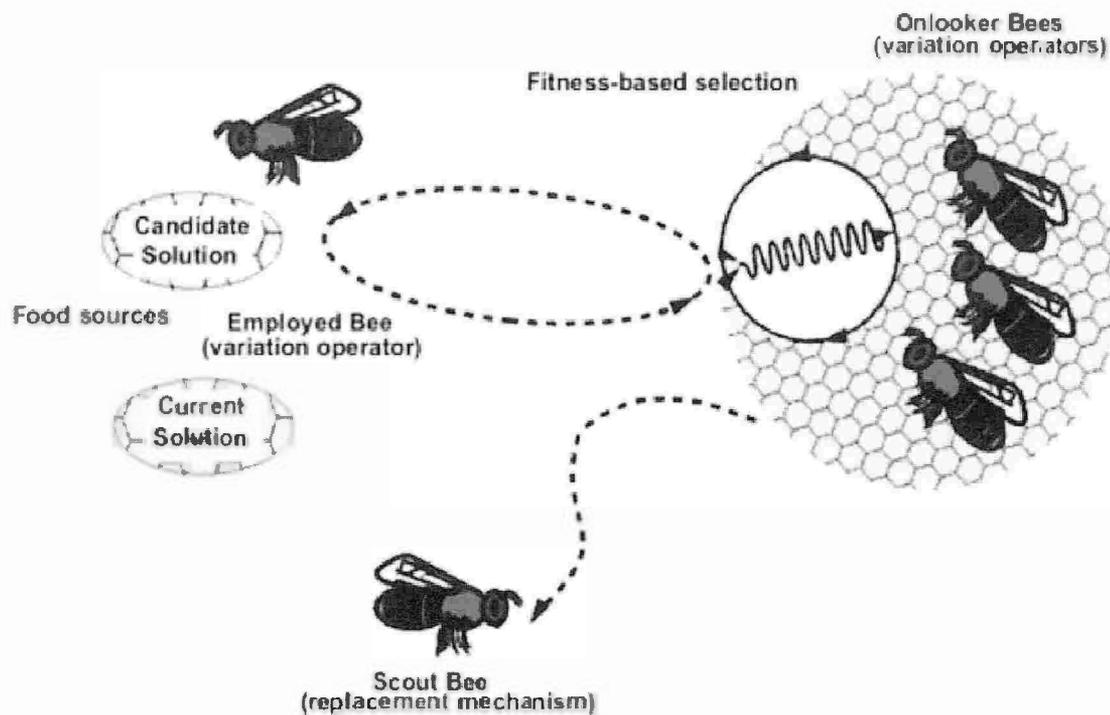
- **Abejas Empleadas:** Están asociadas a una fuente de alimento, actual o en explotación. Llevan con ellas información sobre esa fuente en particular, su distancia, ubicación y rentabilidad para compartirla, con una cierta probabilidad, a sus demás compañeras.

- **Abejas Exploradoras:** Están en constante búsqueda de una fuente de alimento. Hay dos tipos:

- **Scout:** se encargan de buscar en el entorno que rodea a la colmena nuevas fuentes de alimento.

- **En espera:** buscan una fuente de alimentos a través de la información compartida por las empleadas o por otras exploradoras en el nido (Figura N° 1).

Figura N° 1. Representación Gráfica del Algoritmo ABC



Fuente: (5).

El intercambio de información entre las abejas es la más importante incidencia en la formación de un conocimiento colectivo, ya que mediante esta interacción las abejas decidirán el comportamiento que debe llevar la colmena.

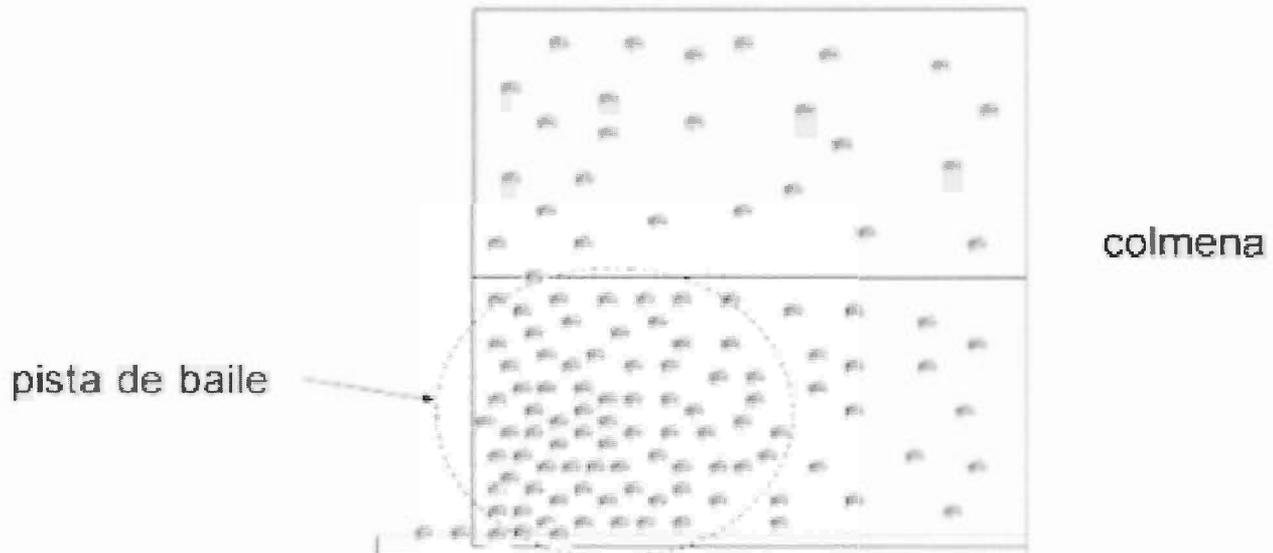
Sus principales modos de comportamiento biológico son (6):

- **La incorporación a una fuente de néctar:** la comunicación entre las abejas relacionadas con la calidad de fuentes de alimento se produce en la zona

de baile (danza de las abejas). En donde con la información obtenida sobre todas las fuentes de alimento que están disponibles se determina cuál de todas las fuentes es la más rentable para así incorporarse a ella.

- **El abandono de una fuente:** se determina conforme al valor de la fuente y al número de visitas que se le hace, es decir mediante la danza se determina si una fuente ya no es rentable y por consiguiente debe ser abandonada (Figura N° 2).

Figura N° 2. Representación de Pista de Baile



Fuente: (1).

Modos de comportamiento artificial son (6):

- **Generación de las fuentes de alimento:** se lleva de manera aleatoria y con base en los límites inferior y superior de cada variable del problema. Una fuente de alimento es una solución al problema de optimización.

- **Abejas empleadas:** su número es proporcional al número de fuentes de alimento, es decir por cada fuente hay una abeja empleada, y su función es evaluar y modificar las soluciones actuales para mejorarlas (busca nuevas fuentes cercanas a la actual). Si la nueva posición no es mejor entonces se mantiene la posición actual.

- **Abejas en espera:** de igual forma, su número debe ser proporcional al número de fuentes de alimento. Estas abejas escogerán una fuente de alimento, con base en la información que comparten las abejas empleadas mediante la danza. Esta danza se simula

mediante un torneo de tamaño "t", donde la fuente de alimento con mejor valor de la función objeto es seleccionada.

- **Abejas scout:** estas abejas generan una nueva fuente de alimento de manera aleatoria, para suplantar fuentes existentes que no han sido mejoradas.

- **Límite:** define el número máximo de ciclos que una fuente de alimento puede permanecer sin mejorar antes de ser reemplazada. El límite se incrementa a partir de que una fuente que no es modificada por las abejas, ya sean empleadas o en espera, hasta obtener su valor máximo permitido, de ahí las abejas scout se encargan de inicializar el límite a 0 por cada nueva posición generada. El límite se inicializa a 0 cada vez que una fuente es modificada (mejorada) por una abeja empleada o en espera (Figura N° 3).

Figura N° 3. Algoritmo de ABC

```

Inicialice la población
PARA i=1 HASTA I HACER
  Calcule las probabilidades
  SI es experimentada y su información es
  válida
    Incremente la tendencia de abandono y
    deje el nido
  FIN
  SI no hay danzas disponibles
    SI puede iniciar una búsqueda aleatoria
      Ubique las abejas en posiciones
      aleatorias y deje el nido
    FIN
  SI abandonó la fuente
    Olvide la fuente y permanezca en el
    nido
  FIN
SINO
  Calcule la duración de la danza
  SI sigue una danza
    Seleccione una danza por ruleta
    Añada ruido a la información y deje
    el nido
  SINO
    Incremente la tendencia de abandono
  FIN
  SI puede iniciar una búsqueda aleatoria
    Ubique las abejas en posiciones
    aleatorias y deje el nido
  FIN
FIN
Calcule el costo actual
SI puede seguir buscando
  SI la dirección es válida
    Incremente la posición
  SINO
    Cambie de dirección e incremente la
    posición
  FIN
SINO
  Determine si la fuente es válida
FIN
Actualice el umbral y la memoria
FIN

```

Fuente: (7).

## 2. Optimización por Apareamiento de Abejas (HBMO)

El algoritmo HBMO fue propuesto por Haddad. En las colonias de abejas, las reinas son los principales individuos reproductivos ya que son capaces de poner huevos. Las abejas zángano (machos) son los padres en la colonia. Estason haploides (que sólo contienen un grupo cromosómico) y actúan para amplificar el genoma de sus madres sin alterar su composición genética, excepto a través de mutación.

El proceso de apareamiento ocurre durante el «vuelo nupcial» lejos del nido. Un vuelo nupcial inicia con una danza donde los zánganos siguen a la reina y

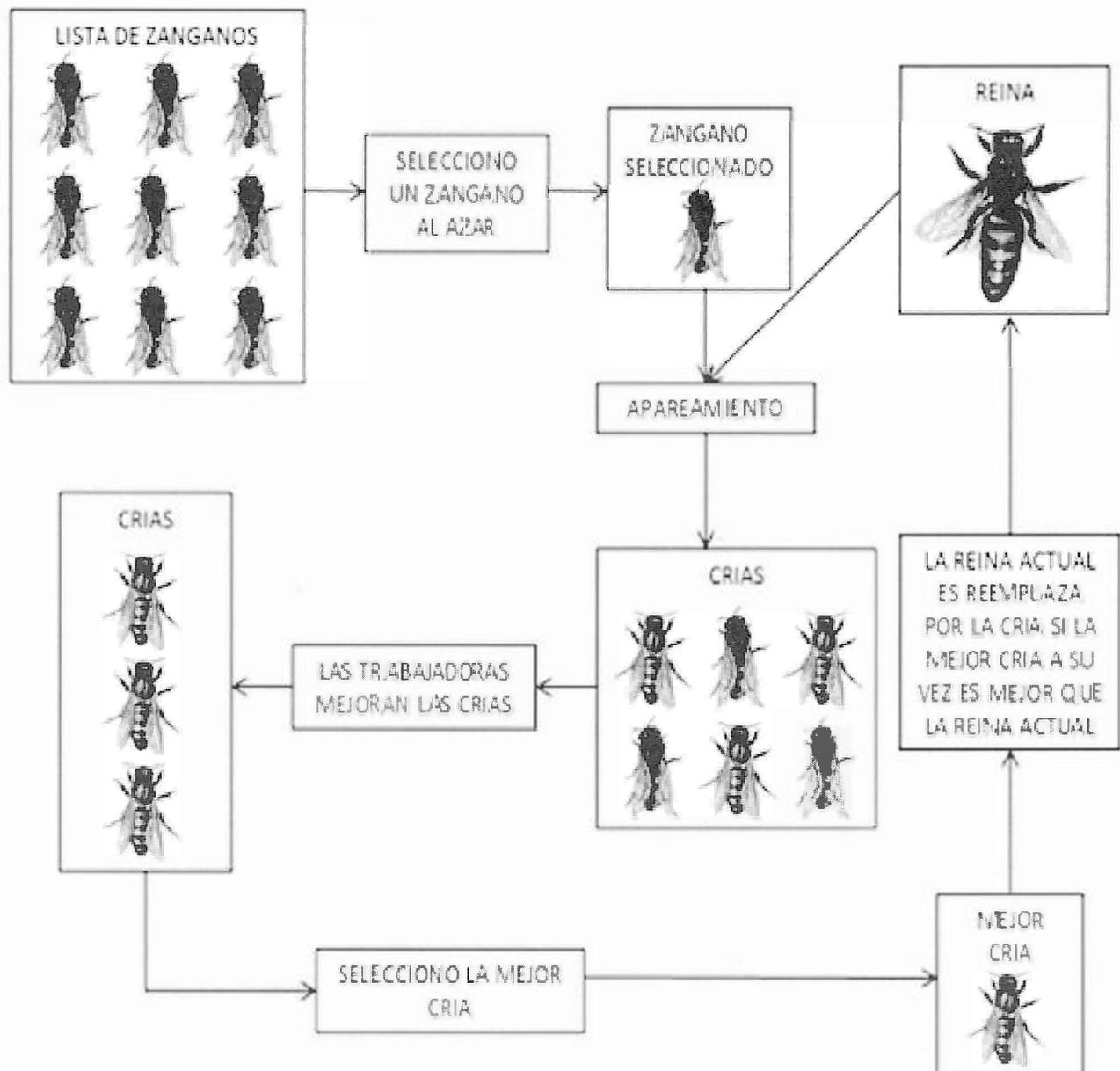
copulan con ella en el aire. En un vuelo nupcial típico, cada reina copula con entre siete y veinte zánganos. En cada fecundación, la abeja guarda el esperma de todos los zánganos con los que se cruzó. El zángano muere al final de la fecundación, ya que su aparato reproductor es desprendido (5).

El algoritmo se modeló de la siguiente manera (7):

- El algoritmo inicia con el vuelo nupcial, donde la reina (mejor solución) selecciona a los zánganos de manera probabilística para formar la espermateca (lista de zánganos). Entonces se selecciona un zángano aleatoriamente para la creación de camadas.

- Creación de nuevas camadas (soluciones de prueba) mediante la cruce del genotipo de los zánganos con el de la reina.
- Adaptación de la aptitud de las obreras basado en la cantidad de mejora obtenida en las camadas.
- Uso de las obreras o trabajadoras (heurísticas) para realizar una búsqueda local en las camadas.
- Reemplazo de las reinas más débiles por las camadas más aptas (Figura N° 4).

Figura N° 4. Estructura de una colonia



Fuente: (7).

Antes de comenzar el proceso de apareamiento, el usuario debe definir el número que corresponde al tamaño de la espermateca de la reina. Este número corresponde al número máximo de apareamiento de la reina en único vuelo de apareamiento. Cada vez que la reina se aparee exitosamente con un zángano, el genotipo del zángano es almacenado y esta variable se incrementa en 1, hasta que la espermateca está

llena. Otros parámetros a ser definidos son el número de reinas y el número de crías que nacerán de las reinas.

En la implementación del algoritmo HBMO, el número de reinas es uno, porque en la vida real solo una reina sobrevivirá en una colmena (Figura N° 5).

**Figura 5. Representación del algoritmo HBMO**

```

Define W y B, número de trabajadoras y crías, respectivamente
Define M, será el tamaño de la espermateca
Define  $E(t)$  y  $S(t)$  energía y velocidad de la abeja reina, respectivamente
Inicializa cada trabajadora como una única heurística
Genera aleatoriamente el genotipo de la reina
Selecciona aleatoriamente una trabajadora para mejorar el genotipo de la reina
Mientras el criterio de parada no se satisfaga
     $t = 0$ 
    inicie  $E(t)$  y  $S(t)$ 
    inicie  $g = \frac{0.5 \times E(t)}{M}$ 
    genere un zángano D aleatoriamente
    mientras  $E(t) > 0$ 
        evalúe el genotipo del zángano
        si el zángano pasa la condición de probabilidad, entonces
            si el espermateca de la reina no está llena, entonces
                adicione su esperma al espermateca de la reina
            fin si
        fin si
         $E(t + 1) = E(t) - g$ 
         $S(t + 1) = S(t) \times 0.9$ 
        Desmarque la mitad del genotipo del zángano
    fin mientras
    para  $cria = 1$  hasta B
        Seleccione aleatoriamente un esperma del espermateca de la reina
        Genere una cría, cruzando el genotipo de la reina con el esperma seleccionado
        Seleccione una trabajadora para mejorar la cría
    fin para
    mientras la mejor cría sea mejor que la reina
        Reemplace la reina por la mejor cría
        Retire la mejor cría de la lista de crías
    fin mientras

```

Fuente: (8).

HBMO fue encontrado para proporcionar el mejor de los resultados en términos de tasas de precisión utilizando menos de la mitad de las características disponibles. La investigación futura se centrará en el uso de diferentes clasificadores de aprendizaje automático (redes neuronales, entre otros) (5).

### CONCLUSIONES

Las aplicaciones de sistemas inteligentes en la actualidad son muy diversas, desde las redes de comunicación, los sistemas de control automático, la solución de problemas combinatorios, el enrutamiento de vehículos, entre otros. Se hace necesario el estudio profundo de las cualidades de estabilidad y convergencia de estos métodos. Además, el estudio detallado de algunos biólogos permite encontrar nuevos modelos que pueden llevar a proponer nuevos algoritmos de sistemas inteligentes. En este último caso, el desarrollo de las técnicas de sistemas inteligentes implica el trabajo conjunto de disciplinas tan diversas como las ciencias biológicas, sociales, computacionales, la ingeniería, la filosofía, entre otras, siendo un paradigma bastante rico para su exploración por su mezcla de naturaleza y computación.

Existen aún muchas sociedades naturales que pueden ser simuladas o emuladas en computadores, y los frutos de estas exploraciones se convierten en nuevas soluciones tecnológicas a problemas clásicos o recientes, y su completo potencial todavía está por alcanzarse.

Con el desarrollo de sistemas de cómputo de mayor poder, la aparición de nuevos problemas complejos y la colaboración entre científicos de diversas áreas, el futuro de las técnicas de inteligencia artificial, en particular de sistemas inteligentes, es bastante prometedor.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Aguilar, J. (2009). Sistemas artificiales de abejas. Recuperado el Junio de 2015, de Sistemas artificiales de abejas: <http://www.ing.ula.ve/~aguilar/actividad-docente/IAA/transparencias/Clase7.pdf>

(2) Araujo, A. (Diciembre de 2013). slideshare. Recuperado el <http://es.slideshare.net/arnoely/algoritmo-enjambre-de-abejas> de Junio de 2015, de slideshare: <http://es.slideshare.net/arnoely/algoritmo-enjambre-de-abejas>

(3) Baeza. (2013). Metaheurísticas. Recuperado el 2015, de Metaheurísticas: <http://sci2s.ugr.es/seminars/5/Int-Metaheurísticas-UIA-Baeza-2006.pdf>

(4) Cárdenas, M. (29 de Octubre de 2011). ciemat. Recuperado el Junio de 2015, de ciemat: [http://www.ae.ciemat.es/~cardenas/docs/curso\\_AE/Hormigas\\_Abejas.pdf](http://www.ae.ciemat.es/~cardenas/docs/curso_AE/Hormigas_Abejas.pdf)

(5) Isla, D. (2014). Implementación de búsqueda local en algoritmo de abejas.

(6) Elsevier. (2010). Elsevier. Obtenido de Elsevier: <http://web.info.uvt.ro/~dzaharie/cne2012/proiecte/tehnic/ABC/ABC%2BfinancialClassification.pdf>

(7) Muñoz, M. A. (2008). Inteligencia de enjambres: sociedades para la solución de problemas . Scielo.

(8) Ramírez, G. C. (2012). Repositorio. Recuperado el 20 de Junio de 2015, de Repositorio: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5474/2/143057.pdf>

### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Scielo. (2006). Scielo. Recuperado el Mayo de 2015, de Scielo:

<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v28n2/v28n2a15.pdf>

Scielo. (2012). Scielo. Recuperado el 2015, de Scielo: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092008000200015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092008000200015&script=sci_arttext)

**Fuentes de financiamiento:** Esta investigación fue financiada con fondos de los autores.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2016 Gloria Estefanía Torrez Terrazas; Benjamín H. Buitrago Conde.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0.](#)

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

**Atribución:** Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)