

EBI: Elección Basada en el Individuo

G. García, A Luján, W. Pereira y R. Paladino

Escuela de Ingeniería Informática
Universidad Católica Andrés Bello

Caracas, Venezuela

gugarcia@ucab.edu.ve, andanthor@gmail.com, wpereira@ucab.edu.ve, rpaladin@ucab.edu.ve

Abstract — Genetic Algorithms seek to solve optimization problems by implementing bioinspired techniques that simulate the evolution of living beings. This work explores a particular aspect of these techniques and proposes an individual mate election criteria for the mating phase, called IBE. The main idea is to delegate the election of the mate to the individuals, seeking to obtain a positive incidence in the evolution of the individuals throughout the generations. The election criteria is codified within the chromosome, so it participates of the evolutionary process, giving each individual its own criteria. Experimental comparison between IBE, Rank and Binary Tournament show a positive tendency for the proposed technique.

Keywords: Artificial Intelligence, Genetic Algorithms, Evolutionary Algorithms, IBE, Mating Strategies.

I. INTRODUCTION

Parte de la esencia misma de la Inteligencia Artificial es su constante observación de los comportamientos humanos y animales. En particular, el área de los algoritmos evolutivos, encuentra su inspiración en los fenómenos naturales que perpetúan las razas. Se supone que la evolución, aunque está sujeta a los cambios del entorno, siempre mantiene leyes naturales inmutables. Uno de estos mecanismos de base en la evolución (para algunos invariable) es la supervivencia del más apto. La supervivencia del individuo mejor capacitado, constituye una estrategia de selección de individuos de una generación a otra. Además, en los procesos naturales, se observa una estrategia de elección de parejas donde los individuos deciden con quien perpetuarán su código genético. Es decir, en la naturaleza existe un mecanismo de elección que permite que los propios individuos decidan con quien reproducirse y un mecanismo de selección que determina quienes, según las condiciones ambientales, tendrán más oportunidad de perpetuar sus características.

Es de notar que en el caso de los algoritmos genéticos [1], no existe un verdadero mecanismo de elección de parejas, pues en realidad sólo se aplica la selección [2], de naturaleza omnipresente, que deja poca participación al individuo en la dinámica evolutiva. En otras palabras, los criterios de escogencia de pareja son independientes del individuo y aplican por igual a toda la población en evolución. Es claro que esta escogencia con selección pura

permite controlar mejor el experimento y facilita la comparación de diversas características.

Los criterios de selección de pareja clásicos son: torneo binario y ruleta proporcionada (rango) [2] y [3]. Ambos seleccionan a los individuos de la población, sin permitir al individuo particularizar específicamente su elección. Por ejemplo, en la investigación de Kai Song Goh [4], se utiliza torneo binario para la elección de parejas en una implementación de algoritmo evolutivo con reproducción sexual. Normalmente los criterios de selección se mantienen fijos en el curso de generaciones y son técnicas de probada eficiencia [1]. En este artículo se comparan las dos técnicas de selección más conocidas: torneo binario y ruleta, con el criterio de elección propuesto que denominaremos EBI (Elección Basada en el Individuo).

La técnica propuesta, EBI, viene de la idea intuitiva de tener un criterio de elección más que de selección de parejas. Esta elección es particularizada para que cada individuo refleje sus preferencias al momento de elegir las parejas con las cuales se cruzará. Es decir, cada individuo portará en su cromosoma una secuencia que denominaremos característica de elección que determina sus preferencias al momento de escoger pareja. Además como esta característica de elección forma parte del cromosoma del individuo (que llamaremos característica de dominio), entonces la característica de elección está dentro del proceso evolutivo, razón por la cual puede cambiar en el curso de generaciones.

EBI extiende el cromosoma simple de cada individuo con esta característica de elección, es decir, con la secuencia que refleja las preferencias de un individuo para sus futuras parejas. Esa secuencia debe reflejar el deseo de un individuo a tener una pareja con tres opciones posibles:

- Que la pareja tenga determinados genes idénticos al individuo seleccionador.
- Que la pareja tenga determinados genes contrarios a los que posee el individuo seleccionador
- Que le resulte absolutamente indiferente al individuo seleccionador qué propiedades presenta la pareja en determinados genes.

En cierta medida esta característica de elección refleja la compatibilidad que tendría un individuo con la pareja candidata que elija para el cruce. Justamente se define un valor cuantitativo para la compatibilidad que determina que pareja es la más conveniente para el individuo, según sus preferencias.

Por otro lado, en este estudio la función de aptitud sólo aplica a la característica de dominio ya que la elección debe

basarse en las características propias del individuo. Parece más natural que sus gustos y preferencias sean parte de su interacción con la comunidad de individuos, es decir un concepto social y cultural, que una característica genética. Además el cromosoma EBI, compuesto con la característica de elección y la característica de dominio, tendrá los puntos de cruce de tal manera que permitan que ambas características puedan variar de generación en generación.

Aquí se utilizan ideas de [5] aunque allí se desarrollaron para algoritmos genéticos multiobjetivos inspirados en SPEA el cual comparamos con Strength by Objective para el cálculo de un nuevo fitness.

II. LA PROPUESTA

Los mecanismos de selección, cruce y mutación usualmente se implementan como mecanismos omnipresentes, que toman acciones y decisiones sobre como los individuos se reproducen y sobreviven en cada generación.

Lo que se propone es una **Elección Basada en el Individuo (EBI)**, que coloca la responsabilidad de la elección de pareja para la reproducción, en manos de cada individuo. De esta manera se define a los individuos como seres independientes y con criterios propios. Al incluir el criterio de elección en el cromosoma, cada individuo ve cambiar sus preferencias con el proceso evolutivo, generando nuevas secuencias que representan el criterio producto del cruce y mutación de sus padres.

A. Mecanismo de elección

Definición 1. Un cromosoma EBI C_E es una secuencia compuesta de los genes que codifican el problema o característica de dominio $[g_1, g_2 \dots g_n]$ y una secuencia que toma valores entre $\{-1, 0, 1\}$ y que codifica las preferencias del individuo o su característica de elección $[e_1, e_2 \dots e_n]$

$$C_E = [e_1, e_2 \dots e_n, g_1, g_2 \dots g_n]$$

Por ejemplo, cromosomas simples como estos:

$$\begin{matrix} C_1 = [& 1 & , & 0 & , & 0 & , & 1 &] \\ C_2 = [& A & , & B & , & D & , & O &] \\ C_3 = [& \# & , & \$ & , & * & , & @ &] \end{matrix}$$

Característica de Dominio

Podrían representarse como cromosomas EBI de la siguiente manera:

$$\begin{matrix} C_{E1} = [& 1 & , & 1 & , & 1 & , & 1 &] & , & [& 1 & , & 0 & , & 0 & , & 1 &] \\ C_{E2} = [& 1 & , & 0 & , & -1 & , & 0 &] & , & [& A & , & B & , & D & , & O &] \\ C_{E3} = [& -1 & , & -1 & , & -1 & , & -1 &] & , & [& \# & , & \$ & , & * & , & @ &] \end{matrix}$$

Característica de Elección

Característica de Dominio

Definición 2. Sea

$$C_E = [e_1, e_2 \dots e_n, g_1, g_2 \dots g_n].$$

Si $e_i = 1$ entonces el individuo C_E prefiere cruzarse con individuos con igual valor para el gen g_i . Si $e_i = -1$, el individuo prefiere cruzarse con individuos con valor diferente para el gen g_i . Y si $e_i = 0$ entonces al individuo le es indiferente el valor del gen g_i para cruzarse.

Es de notar que a través de la característica de elección, el individuo expresa las particularidades que desea encontrar en su pareja, algunas iguales a las suyas, otras diferentes y otras le son indiferentes.

La característica de elección de un cromosoma EBI tiene la misma longitud que su característica de dominio para que el individuo pueda expresar preferencia por cada característica o gen que conforma su cromosoma.

Definición 3. Sean dos cromosomas EBI,

$$\begin{matrix} C_{E1} = [e_{11}, e_{12} \dots e_{1n}, g_{11}, g_{12} \dots g_{1n}] \\ C_{E2} = [e_{21}, e_{22} \dots e_{2n}, g_{21}, g_{22} \dots g_{2n}] \end{matrix}$$

La **compatibilidad** del cromosomas EBI C_{E1} con respecto al cromosoma EBI C_{E2} $Comp(C_{E1}, C_{E2})$ se expresa como:

$$C_{12}(g_{1i}, g_{2i}, e_{1i}) = \begin{cases} 1 & \text{si } e_{1i} = 1 \text{ y } g_{1i} = g_{2i} \\ 1 & \text{si } e_{1i} = -1 \text{ y } g_{1i} \neq g_{2i} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$Comp(C_{E1}, C_{E2}) = [\sum(C_{12}(g_{1i}, g_{2i}, e_{1i}))] * 100/m$$

Donde m es la cantidad de valores en la característica de elección diferentes de cero.

Veamos como sería calcular la compatibilidad entre dos cromosomas particulares:

$$\begin{matrix} C_{E1} = [& 1 & , & 1 & , & 0 & , & -1 & , & A & , & B & , & C & , & B &] \\ C_{E2} = [& 1 & , & 0 & , & 0 & , & -1 & , & A & , & C & , & C & , & A &] \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} C_{12}(g_{11}, g_{21}, e_{11}) = 1 & \text{porque } e_{11} = 1 \text{ y } g_{11} = g_{21} & (A = A) \\ C_{12}(g_{12}, g_{22}, e_{12}) = 0 & \text{porque } e_{12} = 1 \text{ y } g_{11} \neq g_{21} & (B \neq C) \\ C_{12}(g_{13}, g_{23}, e_{13}) = 0 & \text{porque } e_{13} = 0 \\ C_{12}(g_{14}, g_{24}, e_{14}) = 1 & \text{porque } e_{14} = -1 \text{ y } g_{11} \neq g_{21} & (B \neq A) \end{matrix}$$

$$Comp(C_{E1}, C_{E2}) = (1+0+0+1) * 100/3 = 66,6\%$$

B. Mecanismo de elección aplicado a la Evolución

Ya definido un mecanismo que permite calcular la compatibilidad entre dos cromosomas EBI, veamos cómo participa este concepto en un algoritmo evolutivo. En la fase de elección, cada individuo decide la pareja que le conviene para cruzarse en lugar de los mecanismos de selección más

conocidos como ruleta o torneo binario. El algoritmo general es:

```

Iniciar aleatoriamente población EBI de tamaño n
Mientras no sea la condición de fin de evolución
  Para cada individuo CEi de la población
    Para cada individuo CEj / i != j
      Calcular Comp(CEi, CEj)
    CEi elige CEj con máxima compatibilidad
  Cruzar CEi y CEj (dos puntos de corte aleatorios)
  Mutar los hijos con una probabilidad baja
  Reducir la población a la mitad por fitness
  
```

Una vez elegida la pareja, gracias a la compatibilidad, se efectúa el cruce con dos puntos aleatorios y se generan 2 nuevos cromosomas EBI mezcla de sus padres. Esto duplica a la población de la siguiente generación por lo que hay que reducirla con la función de aptitud. Dado que la característica de elección es parte del cromosoma, los individuos hijos pueden tener un criterio de elección que será la mezcla del de sus padres. De esta forma, el criterio de elección también está evolucionando como parte del individuo

III. EL EXPERIMENTO

A. La Implementación de las Estrategias

La comparación experimental se centra en la resolución del bien conocido "Problema de la Mochila" usando las dos estrategias de selección más conocidas [3] en la implantación de algoritmos genéticos. Así se comparan estos dos métodos de selección con la elección basada en el individuo sobre un algoritmo genético simple, es decir:

- Torneo Binario con remplazamiento.
- Ruleta Proporcional o Rango.
- Elección Basada en el Individuo (EBI).

Es importante destacar que estos métodos utilizarán las mismas técnicas de cruce y mutación para concentrar los resultados de la evolución [4] y comparar solamente los métodos de selección contra EBI.

1) Cruce:

Este experimento se implementó con puntos de cruce aleatorios. La investigación de W. Spears y K. De Jong [6] logra concluir que la cantidad de puntos a utilizar y su distribución (uniforme o aleatoria) depende mucho del problema a resolver y es por esta razón que se realizó una consideración importante en este aspecto.

Con el cromosoma EBI, en particular, existe un pequeño detalle al usar un solo punto aleatorio en el cruce. La figura 1 ilustra el problema a considerar:

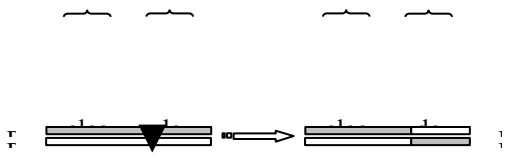


Figure 1. Cruce de un punto en Cromosomas EBI

En la figura 1 se puede observar que el hijo 1 hereda toda la característica de elección del padre 1, mientras el hijo 2 tendrá toda la característica de elección del padre 2. Pero si existió un intercambio en la característica de dominio. Con un solo punto siempre ocurrirá: o se entremezcla información en la característica de elección, o se mezcla información en la característica de dominio pero no se intercambia de ambas características.

Buscando incentivar el intercambio de material genético, se decidió utilizar dos puntos aleatorios en el cruce.

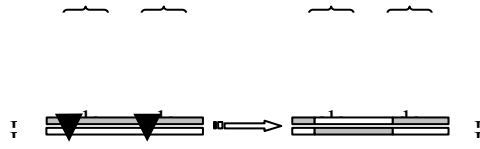


Figure 2. Cruce de dos puntos en Cromosomas EBI

Ahora, en la figura 2 se puede observar como al utilizar dos puntos, aumentamos la probabilidad de que se realice intercambio de material genético en ambas características del individuo.

2) Mutación

Tomando en cuenta la posibilidad de que las estrategias implementadas son afectadas de manera distinta por la probabilidad de mutación, se decidió determinar experimentalmente el mejor valor de este factor para cada una de los métodos.

El experimento consistió en resolver 10 veces un problema de la mochila sencillo con cada estrategia (torneo, ruleta y EBI). En cada una de esas corridas, se probó un porcentaje de mutación diferente entre el rango [0.03,0.3].

Con las consideraciones anteriores se busca comparar a cada una de los métodos en sus condiciones favorables, evitando así atribuir cualquier diferencia en los resultados a la sensibilidad de los elementos de evolución.

B. El Problema

El problema de la mochila es un problema NP-hard bastante conocido, y además es uno de los más usado para probar y comparar algoritmos evolutivos simples y multiobjetivo [5] y [7]. Para efectos de esta investigación se decidió definir tres problemas de la mochila, que sólo varían entre sí en la cantidad de elementos disponibles.

Problema1=250, pesos entre [0,20] y peso máximo de 1666
 Problema2=500, pesos entre [0,20] y peso máximo de 3333
 Problema3=750, pesos entre [0,20] y peso máximo de 5000

Es importante destacar que el peso máximo de la mochila corresponde a la fórmula (Número de Items*valor máximo del Item)/3. Con esto se busca evitar mochilas con pesos máximos mayores a la sumatoria de los pesos de los items disponibles.

Para solucionar estos problemas usando los AG implementados, se codificaron cromosomas binarios donde cada una de las posiciones del cromosoma o gen, indican si el item está presente o no en la mochila. Esta codificación es una de las más usadas para representar soluciones a este problemas como cromosomas de un algoritmo evolutivo.

C. La Prueba Experimental

La prueba experimental consiste en resolver cada uno de los problemas planteados anteriormente con cada una de los métodos de selección y el método de elección propuesto. A continuación se muestran las configuraciones usadas por los distintas implantaciones en cada prueba:

Torneo binario con reemplazo	Problema 1 (250)	Problema 2 (500)	Problema 3 (750)
Número de individuos	500	700	900
Probabilidad de mutación	0.03	0.03	0.03
Generaciones	100	100	100

TABLE I. TORNEO BINARIO CON REEMPLAZO

Rango	Problema 1 (250)	Problema 2 (500)	Problema 3 (750)
Número de individuos	500	700	900
Probabilidad de mutación	0.06	0.06	0.06
Generaciones	100	100	100

TABLE II. RULETA PROPORCIONADA

EBI	Problema 1 (250)	Problema 2 (500)	Problema 3 (750)
Número de individuos	500	700	900
Probabilidad de mutación	0.09	0.09	0.09
Generaciones	100	100	100

TABLE III. EBI

Se realizaron 10 corridas independientes de cada problema planteado. Es decir se realizaron 90 corridas que corresponden a 3 métodos * 3 Problemas * 10 corridas independientes.

IV. RESULTADOS

La estrategia definida se implementó en Java corriendo sobre un computador ?????????? Se aplicaron varios

promedios a las poblaciones ya que los datos presentan concentración con respecto a la media y en la mayoría de los casos coincide con la media aritmética. En primer lugar, para cada generación de cada corrida se calcularon los fitness del 10% de los mejores individuos. Estos se promediaron para obtener la población en cada generación. Adicionalmente, se promediaron los resultados de los 10 problemas efectuados, para obtener un desempeño más representativo de cada una de las estrategias utilizadas a lo largo de las generaciones. Los resultados sólo se mostrarán para la población de las mochilas de 250 (las tablas adicionales están en <http://200.2.14.175/ingenieria/informatica/giia/index.html>).

A. Gráficas

Para el análisis se calcularon los rangos intercuartiles para situar la dispersión de la población. En el eje de las X están las generaciones vs promedio de los mejores 50 individuos:

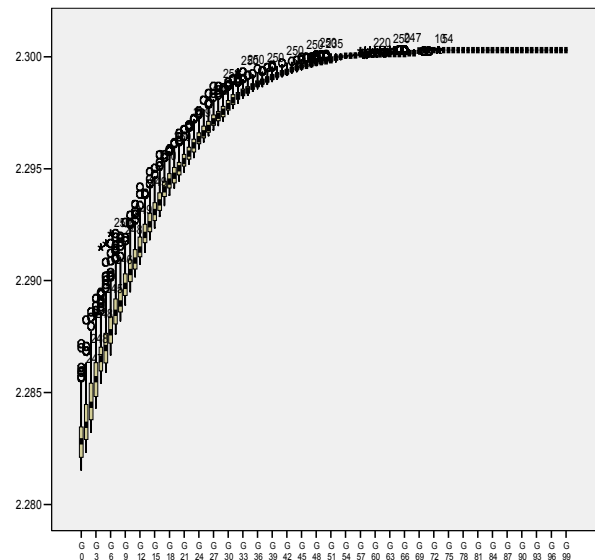


Figure 3. 50 corridas independiente para mochila 250 con torneo

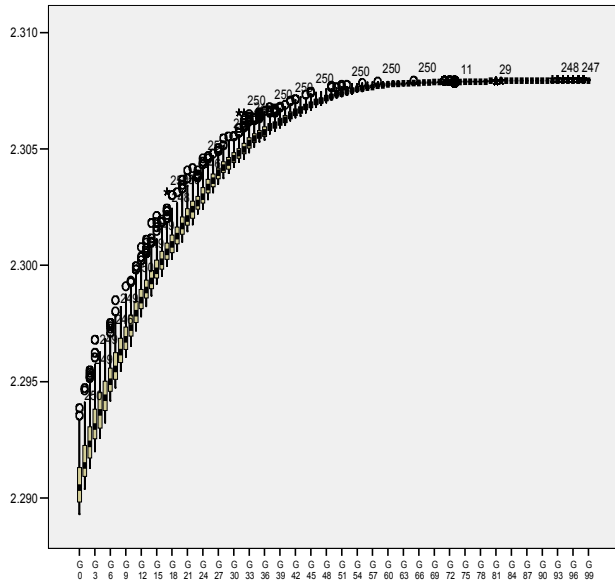


Figure 4. 50 corridas independiente para mochila 250 con ruleta

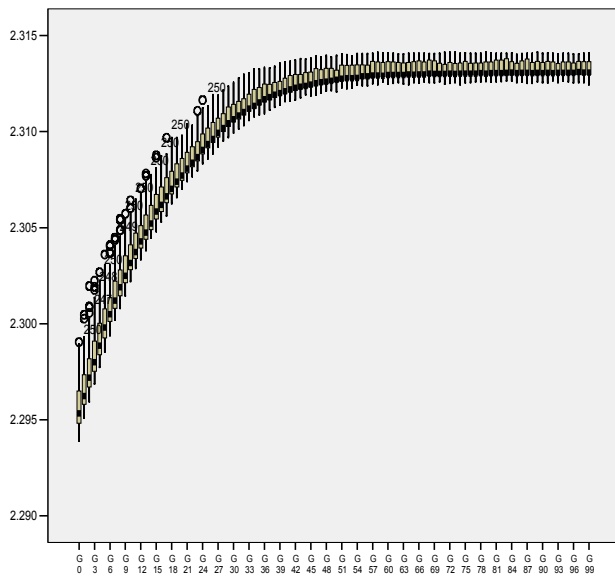


Figure 5. 50 corridas independiente para mochila 250 con EBI

Al comparar los gráficos de cajas y bigotes de EBI versus los otros dos métodos se puede observar que las soluciones ofrecidas por EBI son en todos los casos superior, mostrando una distribución simétrica y concentrada con respecto a la mediana y logrando estabilizarse al alcanzar soluciones mayores pero aun manteniendo diversidad de individuos.

Por otra parte también se puede observar que las soluciones ofrecidas por EBI son mas dispersas que la de los otros métodos aunque de igual forma tiende a ir disminuyendo progresivamente.

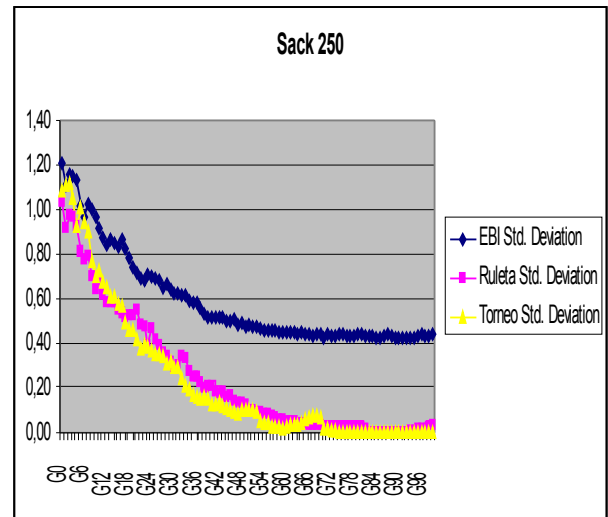


Figure 6. Desviación standard en los tres métodos de selección

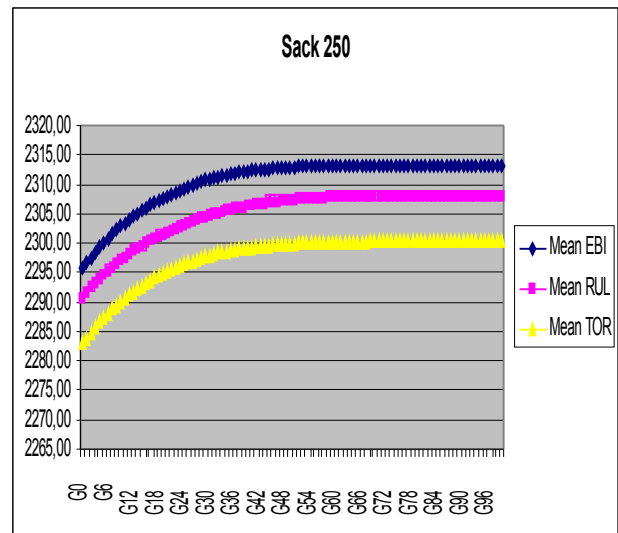


Figure 7. media para los tres métodos de selección

De igual modo se demuestra al compara las medias aritméticas de los tres métodos que las soluciones ofrecidas por EBI superan desde su peor solución a las soluciones obtenidas con los otros dos métodos.

B. Análisis de resultados

En los tres tamaños de mochila, se nota una clara dominación de EBI con respecto a los otros dos métodos de selección. Es de notar que EBI tiene una mayor desviación con respecto a la media aritmética lo cual en cierta medida es un buen resultado pues da más diversidad a la población. Esta es quizás una de las razones por la que el promedio de EBI está por encima de los otros métodos

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Inicialmente al proponer el nuevo criterio de selección, que según la especificación propuesta, es más bien un criterio de elección, se pretendía reflejar las preferencias particulares de cada individuo de la población para poder elegir pareja. Dado que la función de aptitud no aplica a la característica de elección, sino a la característica de dominio, no podemos asegurar que exista evolución para la elección. Sin embargo, si es posible asegurar que se comparte esta característica entre los distintos individuos y que cambia en el curso de varias generaciones. Se podría enunciar, al menos empíricamente, que bajo esta estrategia de elección de parejas, las preferencias de los individuos están condicionadas por la de los individuos más aptos pues son ellos quienes se cruzan y mutan. Es posible que en el curso de generaciones, se reflejen patrones de moda o preferencias grupales que aparecen y desaparecen sin tender a ningún óptimo, ni siquiera local y mucho menos global. En futuros trabajos se abordará este problema para intentar caracterizar este comportamiento social que probablemente esté presente en la población por la presencia de la característica de elección.

Por otro lado, en todas las pruebas realizadas, desde la primera generación, sobre el promedio de la aptitud, EBI supera a torneo binario y ruleta en 10 corridas para 3 experimentos. Tenemos una fuerte presunción empírica de que para el problema de la mochila EBI da mejores soluciones.

VI. TRABAJOS FUTUROS

Un primer aspecto a considerar es realizar experimentos con problemas diferentes. ¿Cuál sería el comportamiento de EBI en problemas competitivos? ¿Los resultados serían igual de satisfactorios en problemas más grandes?

Por otro lado sería conveniente evaluar la eficacia del método de elección cuando la compatibilidad sea mutua, es decir, cuando un individuo elige debe asegurarse que el elegido también muestre afinidad por él. Esto está relacionado con otro aspecto a evaluar que sería una elección restringiendo la población donde puede escoger, para simular el género o sexo ¿Cómo coevolucionarían las dos poblaciones?

Además se puede mencionar que habría que evaluar la incidencia de la mutación en la evolución de los individuos cuando se aplica EBI. Tenemos la intuición que tiene poca incidencia en el proceso evolutivo.

Por último, el operador de cruce si implantó con dos puntos aleatorios sin forzar que ocurriesen en la característica de elección y de dominio. ¿Qué implicaciones tendría siempre cruzar material genético sobre el dominio y la elección?

COMENTAR LO DE DESASTRE

REFERENCES

[1] M. Obitko. Introduction to Genetic Algorithms. Retrieved March 2009 from <http://cs.felk.cvut.cz/~xobitko/ga/>. 1998

- [2] P. J. Hancock. An empirical comparison of selection methods in evolutionary algorithms. AISB workshop on Evolutionary Computation. May 1994..
- [3] T. Blickle. Tournament selection. Handbook of Evolutionary Computation. IOP Publishing Ltd and Oxford University Press. 1997.
- [4] K. S. Goh, A. Lim and B. Rodrigues. Sexual Selection for Genetic Algorithms. Artificial Intelligence Review 19 (2), pp. 123-152, 2003.
- [5] G. Garcia, G. Ron and W. Pereira, Strength by Objective: Una nueva estrategia de asignación de fitness para algoritmos evolutivos multiobjetivos, Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI2005), Cali, Colombia, 2005.
- [6] W. M. Spears and K. De Jong. An Analysis of Multi-Point Crossover. Proceedings of the First Workshop on Foundations of Genetic Algorithms. Indiana, USA, 1990.
- [7] E. Zitzler and L. Thiele. An Evolutionary Algorithm for Multiobjective Optimization: The Strength Pareto Approach. Swiss Federal Institute of Technology, TIK-Report N. 43, 1998.