

# Resolviendo problemas de optimización con técnicas inteligentes

Hugo Alfonso<sup>1</sup>, Carolina Salto<sup>1</sup>, Gabriela Minetti<sup>1</sup>, Natalia Stark<sup>1</sup>  
Carlos Bermúdez<sup>2</sup>, Fernando Sanz Troiani<sup>4</sup>

Laboratorio de Investigación en Sistemas Inteligentes (LISI)  
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de La Pampa  
Calle 110 Esq. 9 (6360) General Pico – La Pampa – Rep. Argentina  
Te. / Fax: (02302) 422780/422372, Int. 6302  
e-mail: <sup>1</sup>{alfonsoh, saltoc, minettig, nstark@ing.unlpam.edu.ar },  
<sup>2</sup>bermudezc@yahoo.com, <sup>4</sup>fstnando@hotmail.com

## RESUMEN

La finalidad de este proyecto es el diseño y desarrollo de algoritmos competitivos (heurísticos y meta-heurísticos, en entornos secuenciales y/o distribuidos) que provean resultados precisos en la resolución de problemas complejos. Estos algoritmos contribuirán con el desarrollo científico en las áreas de optimización y de algoritmos computacionales. Además favorecerán la transferencia de estas experiencias a problemas reales del entorno regional.

**Palabras clave:** *metaheurísticas, computación paralela, optimización combinatoria, métodos de búsqueda híbrida.*

## CONTEXTO

Las líneas de investigación descritas en esta presentación se enmarcan en el Proyecto de Investigación “*Sistemas Metaheurísticos para Resolver Problemas de Optimización*”, llevado a cabo en el Laboratorio de Investigación de Sistemas Inteligentes (LISI), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa. Este proyecto mantiene desde hace varios años una importante vinculación con investigadores de la Universidad de Málaga, España, con quienes se han realizado varias publicaciones conjuntas.

## 1. INTRODUCCION

Los problemas de optimización complejos, aquellos que no se pueden resolver en tiempo polinomial, están cobrando una mayor notoriedad en la actualidad: telecomunicaciones, bioinformática, planificación, ambientes industriales, etc. En estos y otros campos de investigación, a menudo, es esencial modelar y resolver tareas de optimización, de aprendizaje o de estudio para aplicaciones que no admiten una formulación fácil. En esta clase de problemas, la

búsqueda de una solución requiere una exploración organizada a través del espacio de búsqueda.

El objetivo de las líneas de investigación, que se vienen desarrollando desde hace más de una década, consiste en aplicar técnicas metaheurísticas a problemas de optimización tanto presentes en el mundo real como aquellos que revisten un carácter teórico pero con aplicaciones en varios campos, analizando distintas posibilidades para sacar el máximo partido a dichas técnicas y ofrecer así soluciones de gran calidad con recursos computacionales al alcance de cualquier institución.

Algunos de los problemas seleccionados para estudiar en este proyecto presentan características que los hacen interesantes para analizar el comportamiento de distintas propuestas algorítmicas (conexiones epistáticas entre las variables de decisión, multimodalidad, discontinuidad, dinamismo, etc.), ya sea cuando se ejecutan en secuencia o en forma distribuida y/o paralela. Otras clases de problemas resultan de interés por la complejidad inherente a su formulación y requieren la propuesta de algoritmos que ofrezcan soluciones de calidad en tiempo de cómputos razonables, tal es el caso de los problemas bioinformáticos y de los problemas dinámicos.

## 2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

En esta sección se describen las grandes líneas de investigación y desarrollo que se llevan a cabo en el proyecto:

- Análisis y comparación del comportamiento de ensambladores de fragmentos de ADN metaheurísticos, (Simulated Annealing -SA- [5], Problem Aware Local Search -PALS- [1] y Genetic Algorithms -GA- [4]) desde el punto de vista de la robustez. Para ello, se analizan las diferencias entre las soluciones que se encuentran a

partir de instancias del problema ruidosas<sup>1</sup> y no ruidosas. Si no se detectan diferencias, el ensamblador muestra falta de sensibilidad a esas pequeñas variaciones en los datos de entrada. En consecuencia, se podría considerar un enfoque sólido para la resolución de casos ruidosos.

- Diseño, implementación y análisis de algoritmos genéticos celulares para problemas de ruteo donde la cantidad de clientes varía dinámicamente con el tiempo. Para analizar el comportamiento del algoritmo propuesto es necesario desarrollar diferentes métricas que permitan estudiar el comportamiento del algoritmo celular.
- Análisis del rendimiento de algoritmos evolutivos paralelos heterogéneos. La principal característica de estos algoritmos es que cada subpoblación puede usar diferentes configuraciones, ya sean de parámetros y/o operadores genéticos, para guiar el proceso de búsqueda.
- Análisis del efecto de variar los operadores genéticos en un algoritmo genético durante el proceso de búsqueda utilizando información de la búsqueda a fin de disminuir los tiempos de selección de parámetros adecuados para resolver un determinado problema.
- Profundización en el estudio de las distintas variantes de algoritmos de optimización basados en colonia de hormigas considerando diferentes configuraciones paramétricas.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en las distintas líneas de investigación durante el año 2010.

Analizamos cómo las instancias ruidosas y no ruidosas del problema de ensamblado de fragmentos de ADN se resuelven con tres algoritmos metaheurísticos, que son eficientes para resolver problemas de optimización combinatorial: SA, PALS y GA. Para ello se generaron instancias con diferentes complejidades para tres diferentes fuentes de ruido: el proceso de secuenciamiento o identificación de las bases del genoma, la fase de detección de superposiciones entre fragmentos y, por último, la evaluación de la secuencia reconstruida. Al observar los resultados obtenidos ante cada uno de estas fuentes de ruido se observa

que, en general, PALS y GA son más robustos en presencia de ruido que SA [6].

Por otra parte, estamos desarrollando un algoritmo celular para el tratamiento de problemas de ruteo dinámico, en los cuales los clientes pueden presentar sus órdenes en cualquier momento de la búsqueda. Hemos elegido este tipo de algoritmo en función de los buenos resultados obtenidos en la versión estática de VRP [2,3].

Las características de los algoritmos paralelos heterogéneos propuestos basados en operadores desarrollado para resolver el modelo NK han mostrado ser técnicas rápidas que obtienen buenos resultados, lo cual representa un avance prometedor en esta área. Este algoritmo ha obtenido un rendimiento numérico más alto con mejores niveles de exactitud con respecto a un algoritmo paralelo homogéneo [8]. Estos resultados indican que la interacción de diferentes hilos de búsqueda con distintos parámetros da lugar a nuevas técnicas de búsqueda prometedoras. Nos proponemos analizar otro nivel de heterogeneidad (para ello utilizaremos el problema de corte máximo), incluida la adaptación dinámica de las probabilidades de los operadores de acuerdo con el progreso de la búsqueda evolutiva. Por otra parte, estamos interesados en analizar mejor el complejo comportamiento de los algoritmos paralelos heterogéneos para entender la relación interna de la combinación de diferentes operadores genéticos durante el proceso de búsqueda.

Con respecto al estudio de algoritmos de colonia de hormigas (ACO) se espera conocer dentro de qué rangos los parámetros de estos algoritmos deben estar configurados para resolver en forma óptima distintas clases de problemas. En particular, se avanzó con un problema de empaquetado en dos dimensiones con restricciones en el tipo de corte. En este sentido, se definieron la información heurística y el significado del rastro de feromonas que utilizarán las hormigas para construir las soluciones [7]. También se avanzó en el planteo de diferentes algoritmos ACO paralelos, poniéndose el énfasis en la forma en que la colonia receptora incorpora la información recibida. Este modelo distribuido ha permitido obtener buenos patrones de empaquetado [9].

### 4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

Actualmente se está desarrollando una tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación dentro del ámbito de la Universidad Nacional de San

---

<sup>1</sup> Pequeñas desviaciones en los datos de entrada

Luis, estando prevista su conclusión durante el presente año.

Por otra parte, becarios del proyecto están desarrollando su trabajo de tesis para el grado de Ingeniero en Sistemas, a partir de las actividades realizadas en el Proyecto.

## 5. BIBLIOGRAFIA

[1] E. Alba y G. Luque. 2007. A New Local Search Algorithm for the DNA Fragment Assembly Problem. *In* Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization, EvoCOP'07, Volume 4446 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Valencia, Spain, pp. 1–12.

[2] C. Bermudez, C. Salto, A. Alfonso, Algoritmos Celulares con Operadores Específicos para Resolver un Problema de Ruteo de Vehículos. En los anales del XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2009), 2009.

[3] C. Bermudez, P. Graglia, N. Stark, C. Salto, H. Alfonso, Comparison of Recombination Operators in Panmictic and Cellular GAs to Solve a Vehicle Routing Problem, en *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, vol. 46, pág. 34-44, marzo 2010.

[4] J. H. Holland, 1975. *Adaptation in Natural and Artificial Systems* (First ed.). The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

[5] S. Kirkpatrick, C.D. Gelatt JR, y M.P. Vecchi. 1983. Optimization by simulated annealing. *In* *Science*, (220), pp. 671–680.

[6] G. Minetti, E. Alba, Metaheuristic assembler of the DNA strands: noiseless and noisy cases. *In* Proceedings of Congress on Evolutionary Computation (CEC2010), pág 3253-3260, 2010.

[7] C. Salto, G. Leguizamón, E. Alba, y J.M. Molina. Evolutionary and ACO Based Approaches for Two-dimensional Strip Packing Problem. *In* "Natural Intelligence for Scheduling, Planning, and Packing Problems", Springer-Verlag in the series "Studies in Computational Intelligence", pág. 245-266, 2009.

[8] C. Salto, E. Alba, Heterogeneous Parallel Algorithms to solve Epistatic Problems, en Proceedings of 13th International Workshop on Nature Inspired Distributed Computing (NIDISC'10), IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing (IPDPSW), pág. 1-7, 2010.

[9] C. Salto, G. Leguizamón, E. Alba, External Parallel ACO algorithms for 2D Strip Parking, en XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2010), pág. 31-40, 2010.