

# BIOINFORMÁTICA

## 2013 - 2014

---

### PARTE I. INTRODUCCIÓN

- **Tema 1. Computación Basada en Modelos Naturales**

### PARTE II. MODELOS BASADOS EN ADAPTACIÓN SOCIAL (Swarm Intelligence)

- Tema 2. Introducción a los Modelos Basados en Adaptación Social
- Tema 3. Optimización Basada en Colonias de Hormigas
- Tema 4. Optimización Basada en Nubes de Partículas (Particle Swarm)

### PARTE III. COMPUTACIÓN EVOLUTIVA

- Tema 5. Introducción a la Computación Evolutiva
- Tema 6. Algoritmos Genéticos I. Conceptos Básicos
- Tema 7. Algoritmos Genéticos II. Diversidad y Convergencia
- Tema 8. Algoritmos Genéticos III. Múltiples Soluciones en Problemas Multimodales
- Tema 9. Estrategias de Evolución y Programación Evolutiva
- Tema 10. Algoritmos Basados en Evolución Diferencial (Differential Evolution – DE)
- Tema 11. Modelos de Evolución Basados en Estimación de Distribuciones (EDA)
- Tema 12. Algoritmos Evolutivos para Problemas Multiobjetivo
- Tema 13. Programación Genética
- Tema 14. Modelos Evolutivos de Aprendizaje

### PARTE IV. OTROS MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

- Tema 15. Sistemas Inmunológicos Artificiales
- Tema 16. Otros Modelos de Computación Natural/Bioinspirados

# BIOINFORMÁTICA

## TEMA 1: COMPUTACIÓN BASADA EN MODELOS NATURALES

---

- 1. MODELOS DE COMPUTACIÓN  
BIOINSPIRADOS**
- 2. EJEMPLO DE APLICACION**

# MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

---

**Computación Bioinspirada**  
**(bioinspired Algorithms/Natural Computing/biologically inspired computing)**

**se basa en emplear analogías con sistemas naturales o sociales para la resolución de problemas.**



**Los algoritmos bioinspirados simulan el comportamiento de sistemas naturales para el diseño de métodos heurísticos no determinísticos de "búsqueda" / "aprendizaje" / "comportamiento", ...**

# MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

---

## CARACTERÍSTICAS DE LOS ALGORITMOS BIOINSPIRADOS

**Modelan (de forma aproximada) un fenómeno existente en la naturaleza.**

**Metáfora biológica.**



- **Son no determinísticos.**
- **A menudo presentan, implícitamente, una estructura paralela (múltiples agentes).**
- **Son adaptativos (utilizan realimentación con el entorno para modificar el modelo y los parámetros).**

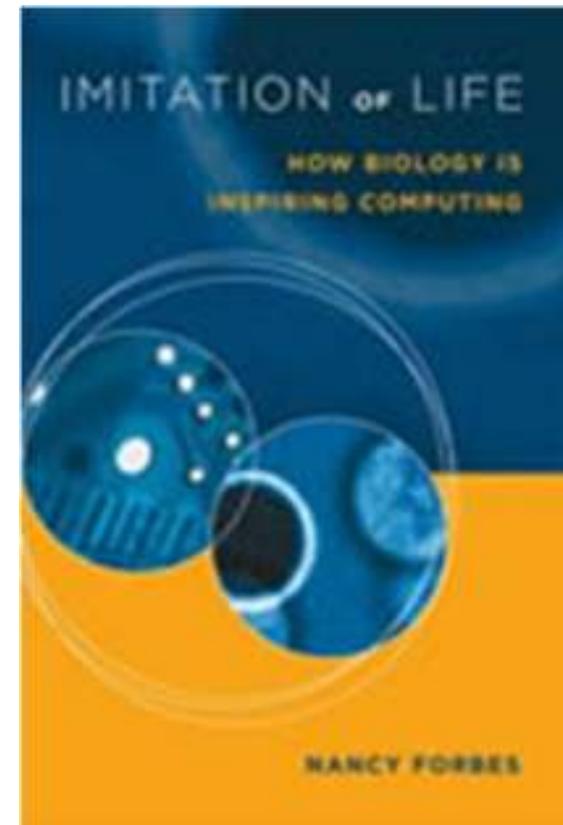
# MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

## BIBLIOGRAFÍA

**Nancy Forbes**

**IMITATION OF LIFE. How Biology Is Inspiring Computing.  
The MIT, 2004**

	<b>Preface</b>	<b>ix</b>
<b>1</b>	<b>Artificial Neural Networks</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Evolutionary Algorithms</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Cellular Automata</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>Artificial Life</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>DNA Computation</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>Biomolecular Self-Assembly</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Amorphous Computing</b>	<b>83</b>
<b>8</b>	<b>Computer Immune Systems</b>	<b>97</b>
<b>9</b>	<b>Biologically Inspired Hardware</b>	<b>113</b>
<b>10</b>	<b>Biology through the Lens of Computer Science</b>	<b>139</b>
	<b>Epilogue</b>	<b>155</b>
	<b>Notes</b>	<b>159</b>
	<b>Index</b>	<b>163</b>



# MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

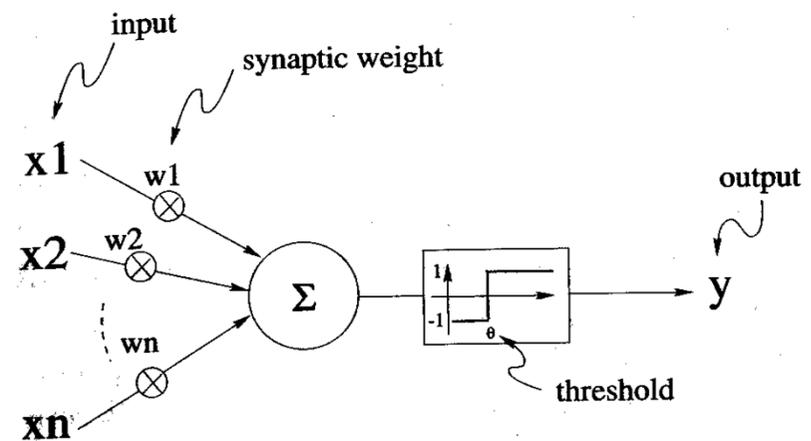
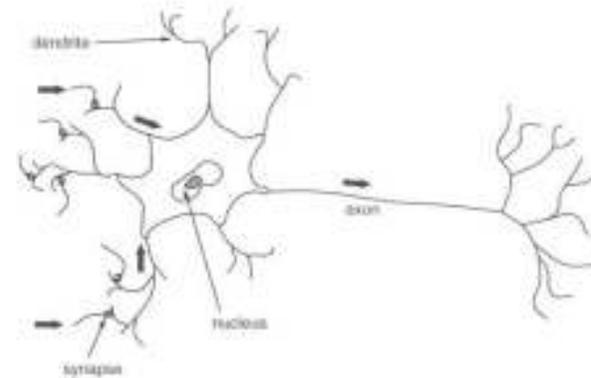
## ALGUNOS MODELOS

### REDES NEURONALES

Basados en la simulación del comportamiento del Sistema Nervioso



Paradigma de Aprendizaje Automático



# MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

---

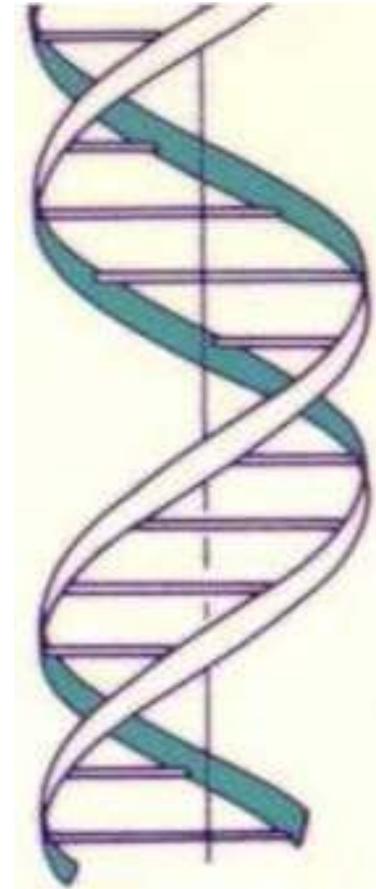
## ALGUNOS MODELOS

### ALGORITMOS EVOLUTIVOS

Basados en los principios  
Darwinianos de  
Evolución Natural

<http://www.aic.nrl.navy.mil/galist/>

Parte III. COMPUTACIÓN EVOLUTIVA  
Temas 5 al 14

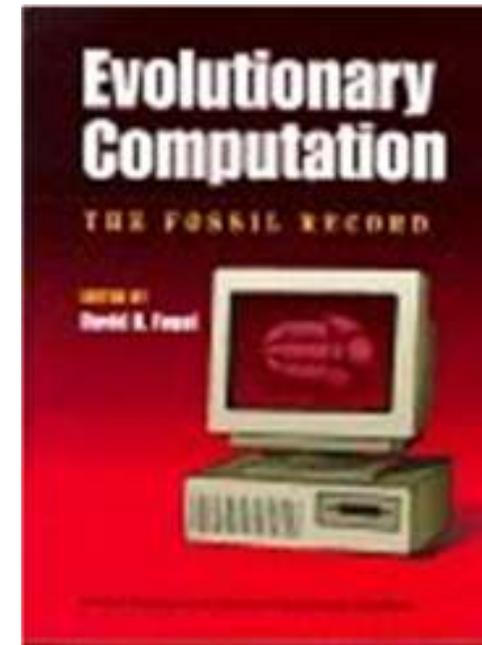
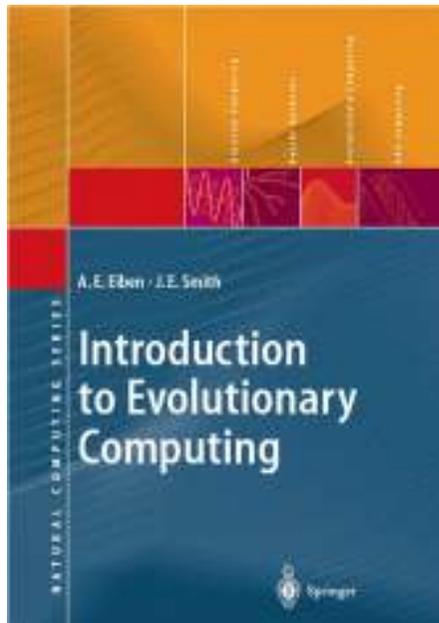




# BIBLIOGRAFÍA

## Algoritmos Evolutivos

**A.E. Eiben, J.E. Smith**  
**Introduction to Evolutionary**  
**Computation.**  
**Springer Verlag 2003.**  
**(Natural Computing Series)**



**D.B. Fogel (Ed.)**  
**Evolutionary Computation. The Fossil Record.**  
**(Selected Readings on the**  
**History of Evolutionary Computation).**  
**IEEE Press, 1998.**

# MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

---

## ALGUNOS MODELOS

### OPTIMIZACIÓN BASADA EN COLONIAS DE HORMIGAS

Basados en la simulación  
del comportamiento de  
las colonias de  
hormigas cuando  
recogen comida

**Tema 3. Algoritmos Basados en  
Colonias de Hormigas**

<http://iridia.ulb.ac.be/~mdorigo/ACO/ACO.html>





## Las Colonias de Hormigas Naturales



La **OPTIMIZACIÓN BASADA EN COLONIAS DE HORMIGAS** está basada en la simulación del comportamiento de las hormigas cuando recogen comida

Social insects, following simple, individual rules, accomplish complex colony activities through: flexibility, robustness and self-organization

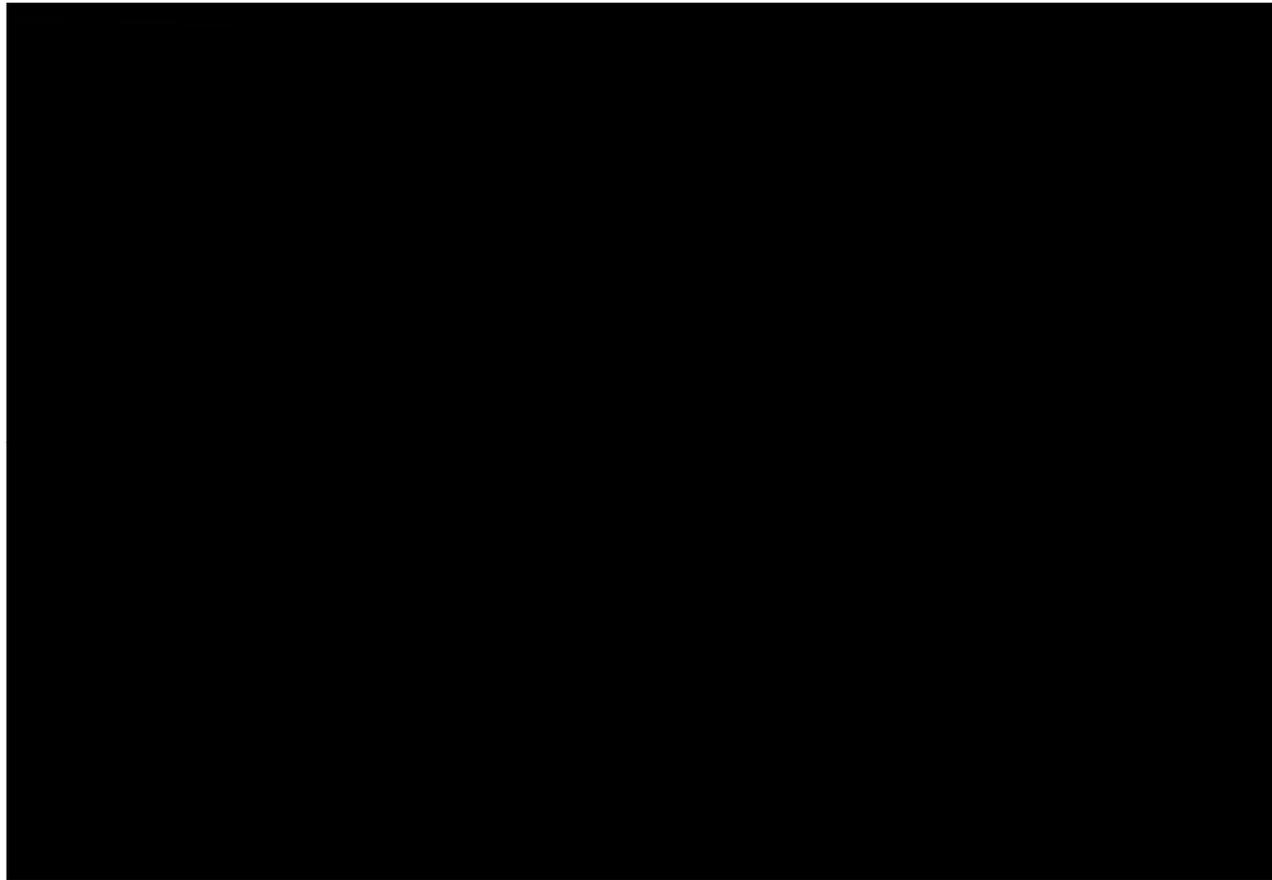


# Ant Colony Optimization



---

**Experimento con Hormigas reales. Como encuentran el camino mínimo (159 segundos)**

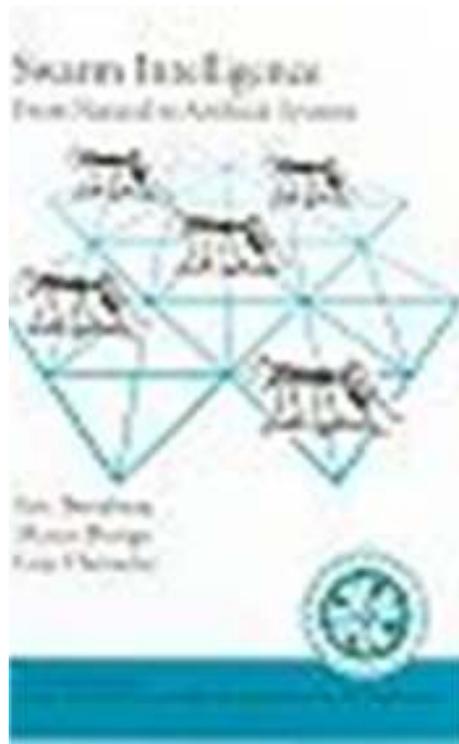




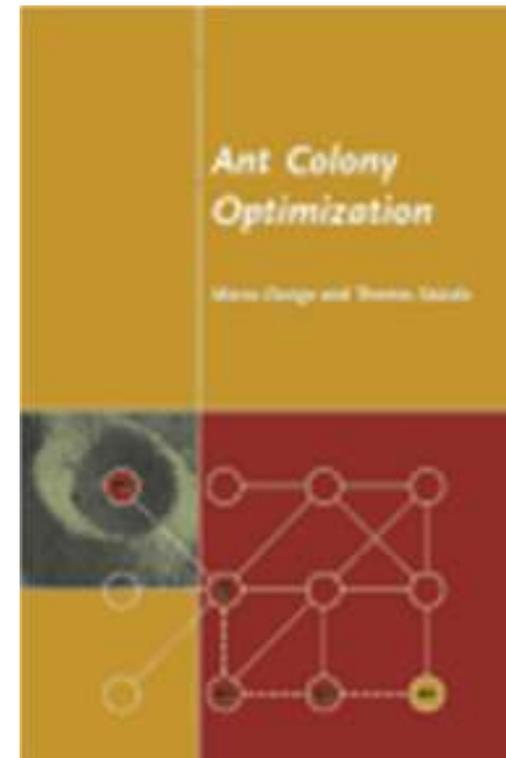
# BIBLIOGRAFÍA

## Las Colonias de Hormigas Naturales

**E. Bonabeau, M. Dorigo, G. Theraulaz**  
**Swarm Intelligence. From Nature to Artificial Systems.**  
**Oxford University Press, 1999.**



**M. Dorigo, T. Stuetzle**  
**Ant Colony Optimization.**  
**MIT Press, 2004.**



# MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

---

## ALGUNOS MODELOS

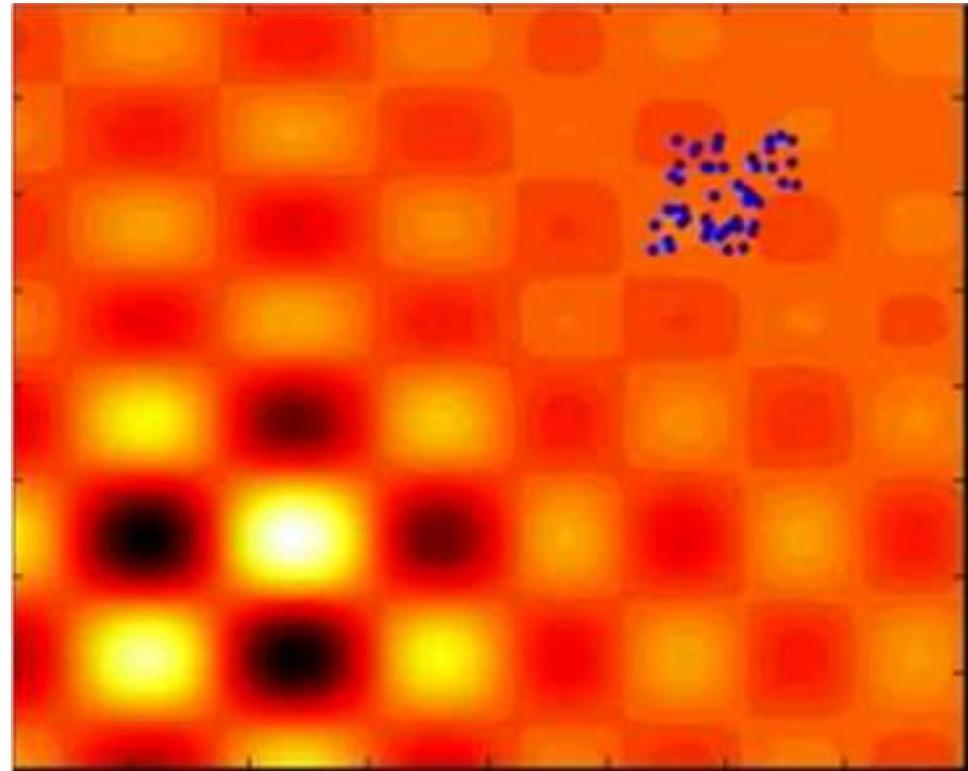
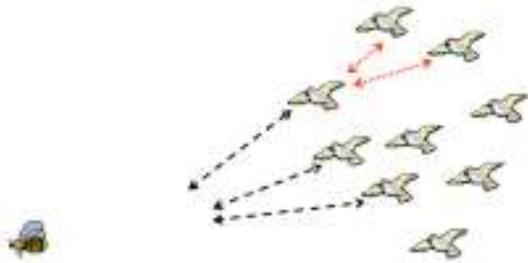
### PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)

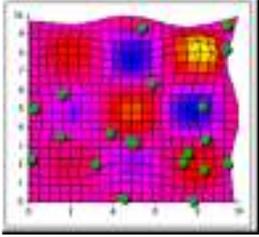
Es una técnica de optimización inspirada en el comportamiento social de bandadas de aves o peces.



**Tema 4. Optimización Basada en Nubes de Partículas (Particle Swarm Optimization)**

# Particle Swarm Optimization

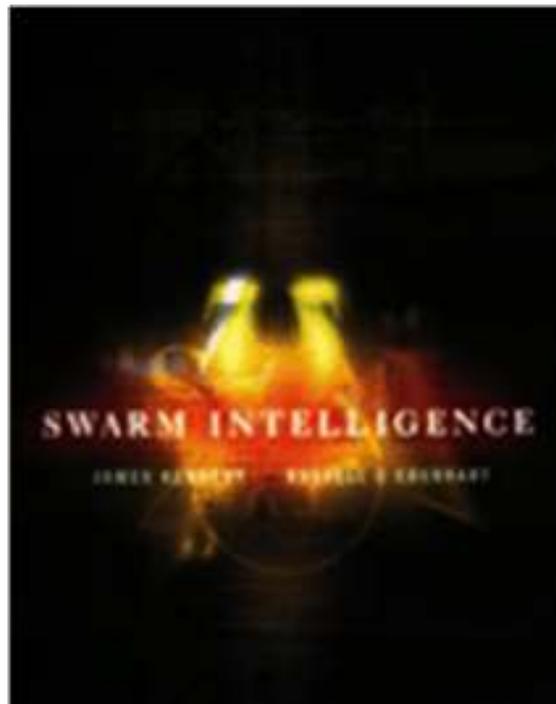




# BIBLIOGRAFÍA

## Particle Swarm Optimization (PSO)

Kennedy, J., Eberhart, R. C., and Shi, Y.,  
*Swarm intelligence*  
San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2001.

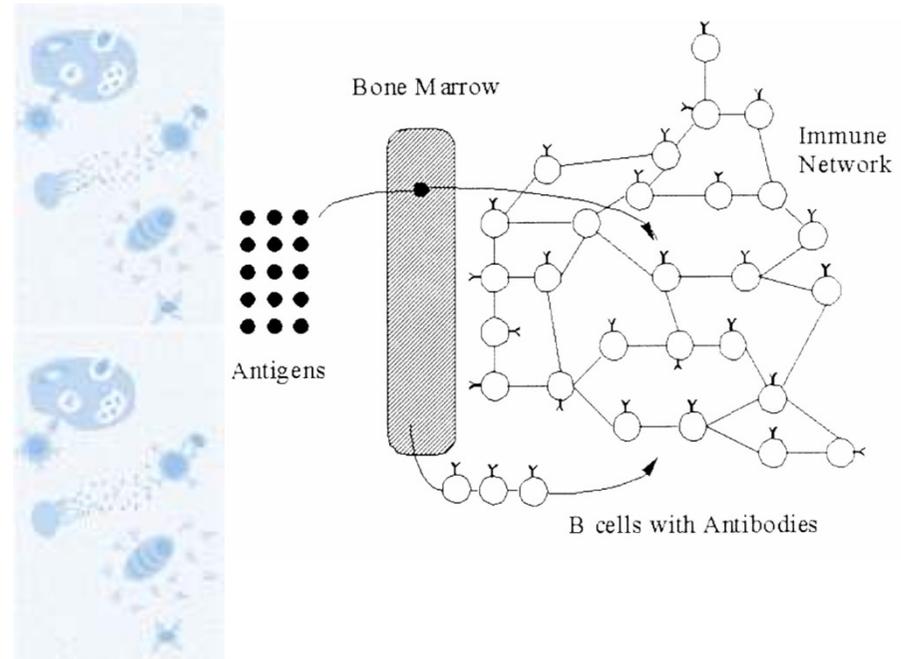


# MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

## ALGUNOS MODELOS

## ALGORITMOS INMUNOLÓGICOS

Basados en la simulación  
del comportamiento del  
sistema inmunológico



**Tema 15. Sistemas Inmunológicos Artificiales**

<http://ais.cs.memphis.edu/>

<http://www.artificial-immune-systems.org/>

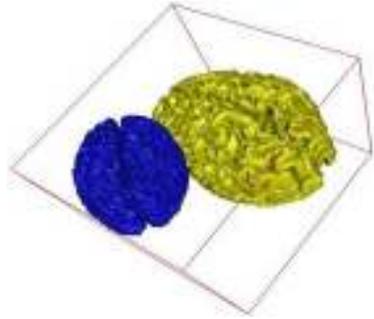
# BIBLIOGRAFÍA

## Sistemas Inmune Artificiales

Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach  
Castro, Leandro Nunes de, Timmis, Jonathan  
2002, Springer.

Immunity-Based Systems  
A Design Perspective  
Ishida, Yoshiteru  
2004, Springer.





# EJEMPLO DE APLICACIÓN

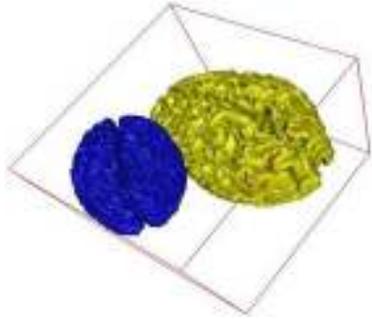
## Problema de Registrado de Imágenes

- **Problema:** Se define el **registrado** entre dos imágenes ( $I_1, I_2$ ) como una aplicación que pone en correspondencia dichas imágenes.

Se considera que existe una transformación espacial  $f$  implícita entre ambas:

$$I_2(x,y,z) = I_1(f(x,y,z))$$

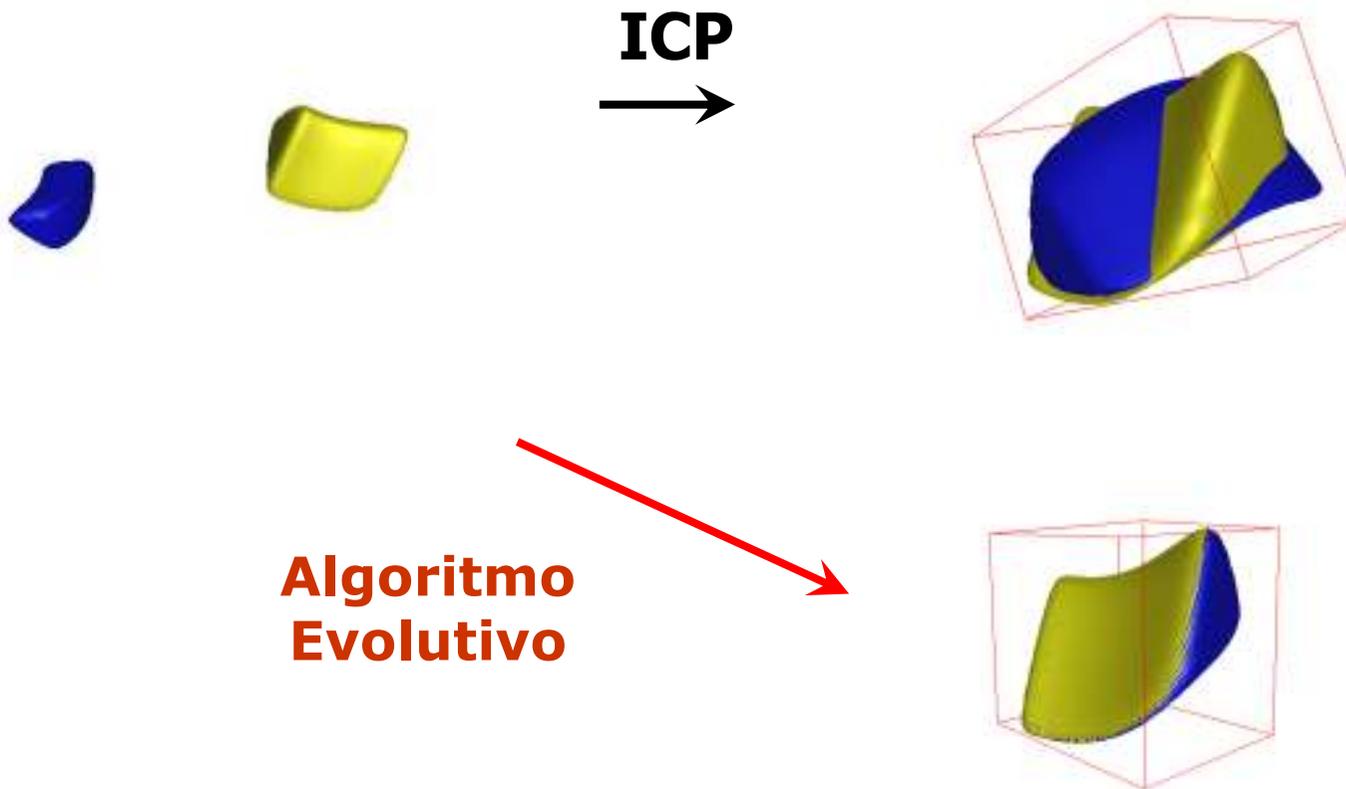
- **Desarrollos:** Obtención los parámetros que definen la transformación geométrica que ha sufrido una imagen 2D o 3D empleando algoritmos evolutivos y metaheurísticas.
- **Aplicaciones:** Reconocimiento de objetos, medicina, teledetección, etc.

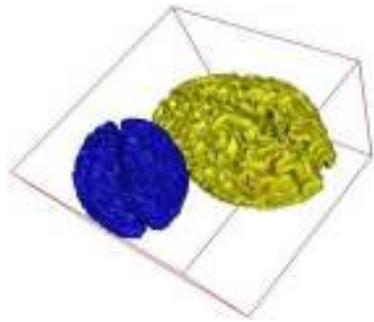


# EJEMPLO DE APLICACIÓN

## Problema de Registrado de Imágenes

Método clásico: Iterative closest point (ICP)





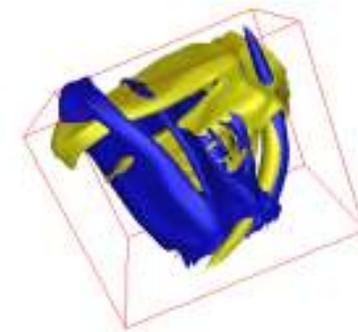
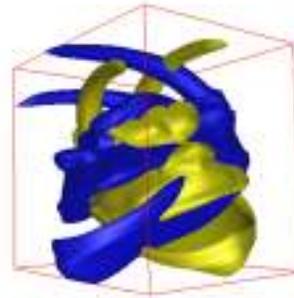
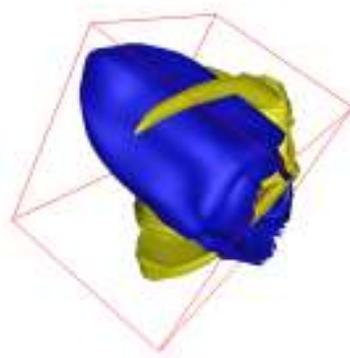
# EJEMPLO DE APLICACIÓN

## Problema de Registrado de Imágenes

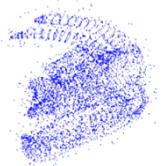
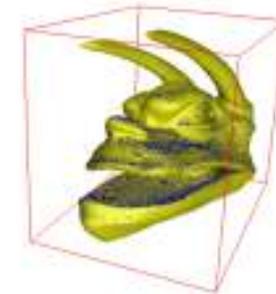
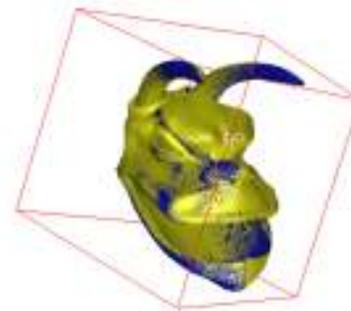
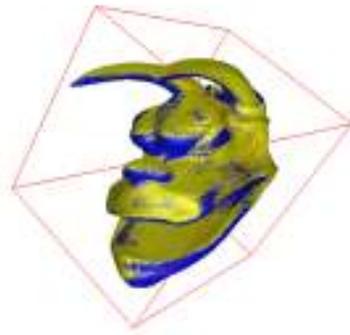
**Introducción  
de ruido  
aleatorio**

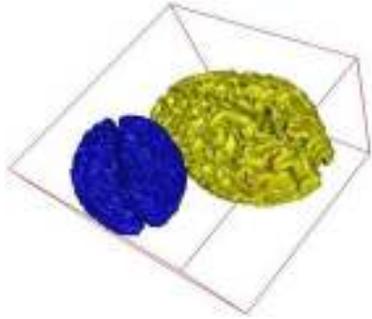


**ICP**



**Alg. Evol.**

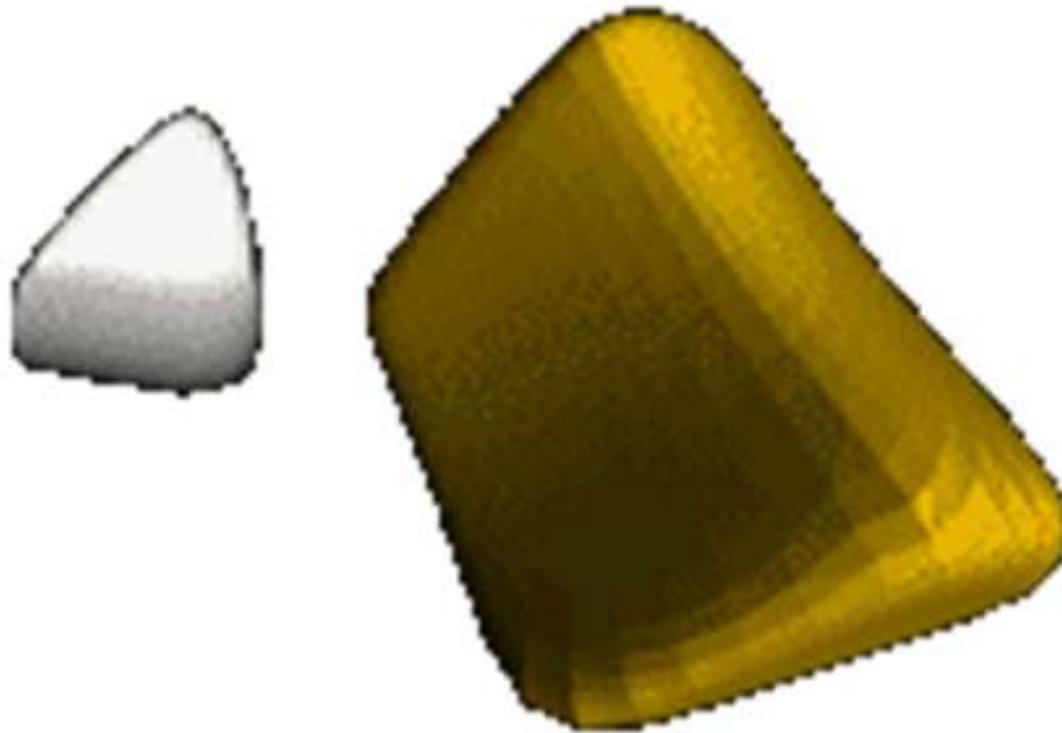


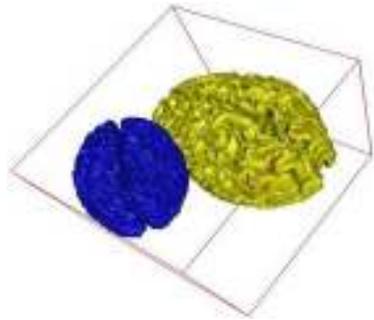


# EJEMPLO DE APLICACIÓN

## Problema de Registrado de Imágenes

---





# EJEMPLO DE APLICACIÓN

## Problema de Registrado de Imágenes

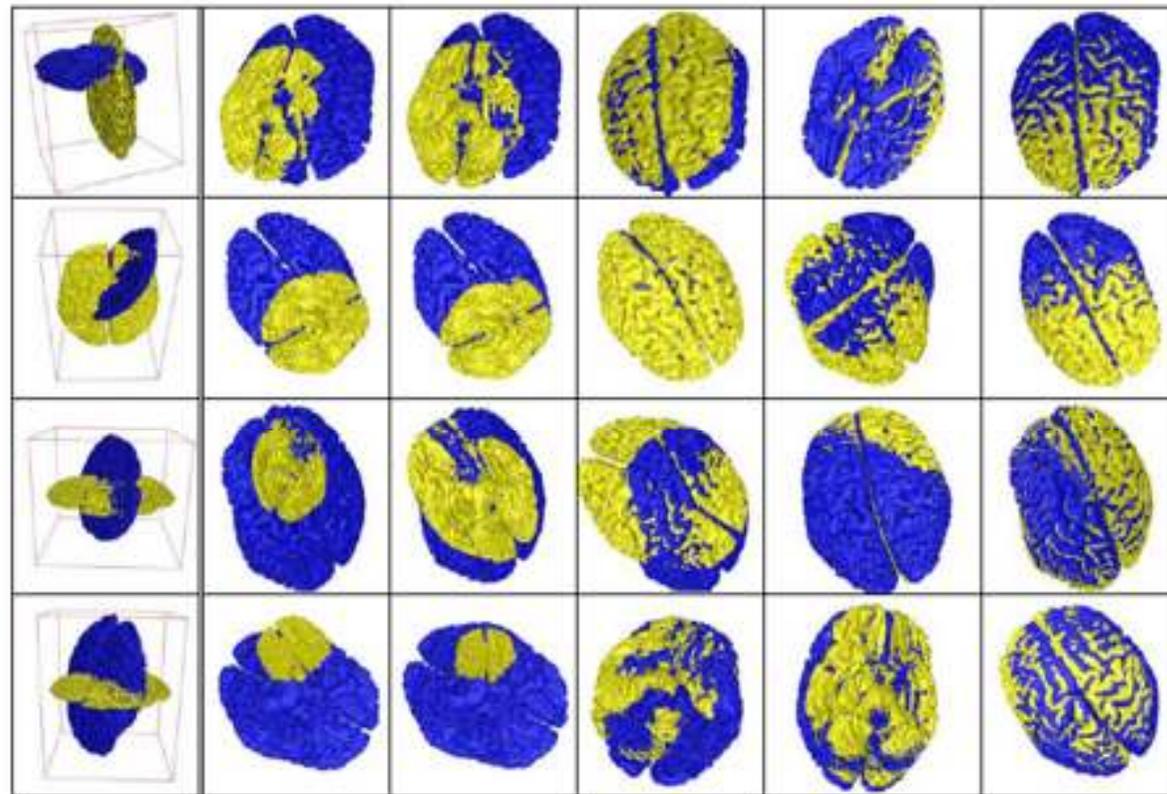
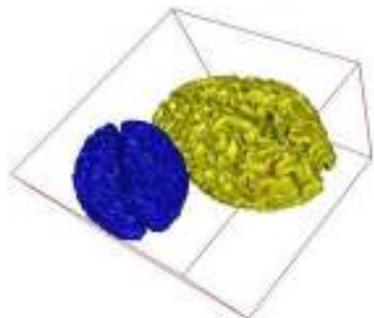


Figure 3: Registration of Brain Images.

O. Córdón, S. Damas, J. Santamaría, R. Martí, Scatter Search for the 3D Point Matching Problem in Image Registration. *INFORMS Journal on Computing* 20:1 (2008) 55-68, [doi:10.1287/ijoc.1060.0216](https://doi.org/10.1287/ijoc.1060.0216).



# EJEMPLO DE APLICACIÓN

## Problema de Registrado de Imágenes

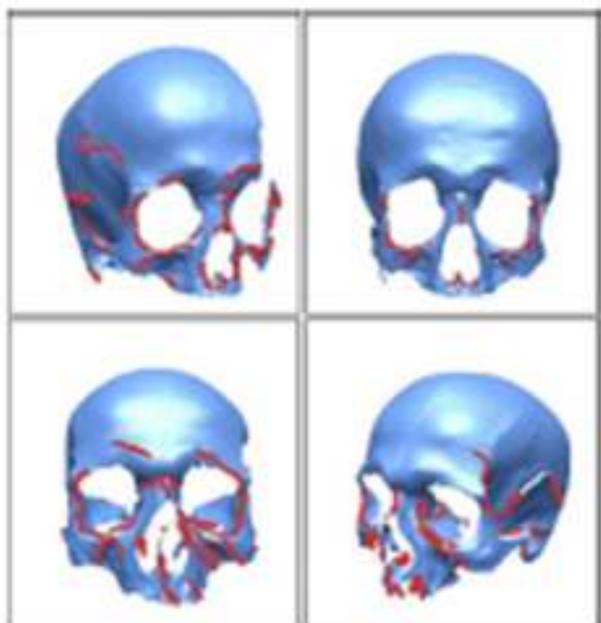


Fig. 5 From left to right. First row corresponds to images  $I_{11}^1$  and  $I_{12}^1$  of  $Skull_1$ . Second row reflects images  $I_{21}^1$  and  $I_{22}^1$  of  $Skull_1$ . Each of the four images comprises both the original skull (in light gray/blue) and the test line dataset (in dark gray/red)

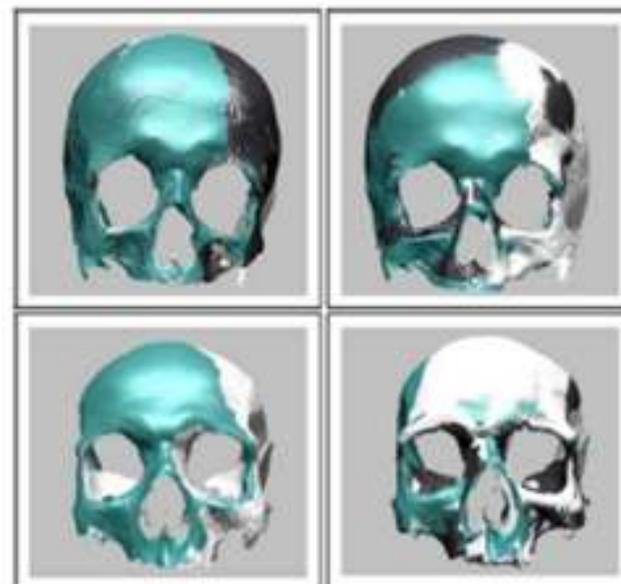


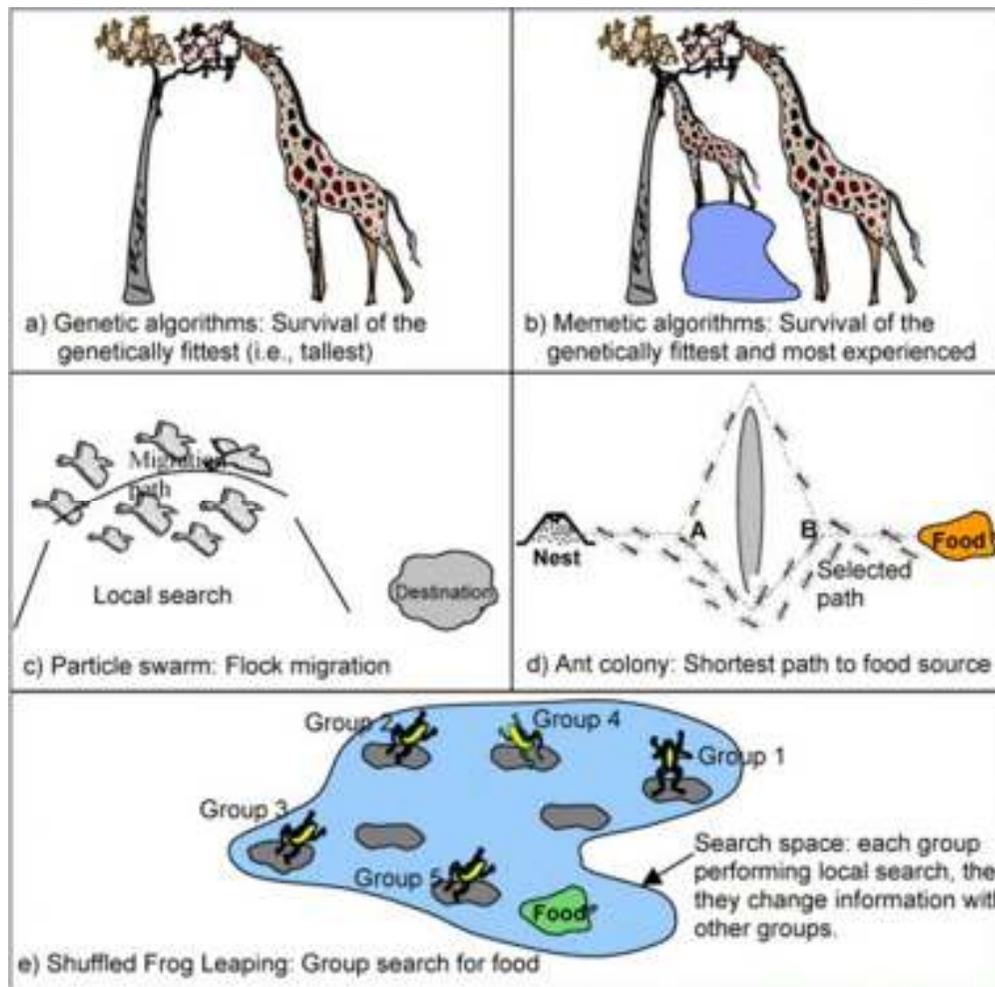
Fig. 8 From left to right. First row, best reconstructed and perfect models of  $Skull_1$ . Second row, best reconstructed and perfect models of  $Skull_2$

[S. Damas, O. Cordón, J. Santamaría](#), Medical Image Registration Using Evolutionary Computation: A Survey. *IEEE Computational Intelligence Magazine* 6:4 (2011) 26-42

[S. Damas, O. Cordón, O. Ibañez, J. Santamaría, I. Alemán, MC. Botella, F. Navarro](#), Forensic identification by computer-aided craniofacial superimposition: a survey. *ACM Computing Surveys* 43:4 (2011) 27:1-27:27

# COMENTARIOS FINALES

Existen muchas áreas de computación inspiradas en la biología abordando diferentes problemas e inspiradas en diferentes mecanismos biológicos: neuronales, evolutivos, ...



# BIOINFORMÁTICA

## 2013 - 2014

---

### PARTE I. INTRODUCCIÓN

- Tema 1. Computación Basada en Modelos Naturales

### PARTE II. MODELOS BASADOS EN ADAPTACIÓN SOCIAL (Swarm Intelligence)

- Tema 2. Introducción a los Modelos Basados en Adaptación Social
- Tema 3. Optimización Basada en Colonias de Hormigas
- Tema 4. Optimización Basada en Nubes de Partículas (Particle Swarm)

### PARTE III. COMPUTACIÓN EVOLUTIVA

- Tema 5. Introducción a la Computación Evolutiva
- Tema 6. Algoritmos Genéticos I. Conceptos Básicos
- Tema 7. Algoritmos Genéticos II. Diversidad y Convergencia
- Tema 8. Algoritmos Genéticos III. Múltiples Soluciones en Problemas Multimodales
- Tema 9. Estrategias de Evolución y Programación Evolutiva
- Tema 10. Algoritmos Basados en Evolución Diferencial (Differential Evolution – DE)
- Tema 11. Modelos de Evolución Basados en Estimación de Distribuciones (EDA)
- Tema 12. Algoritmos Evolutivos para Problemas Multiobjetivo
- Tema 13. Programación Genética
- Tema 14. Modelos Evolutivos de Aprendizaje

### PARTE IV. OTROS MODELOS DE COMPUTACIÓN BIOINSPIRADOS

- Tema 15. Sistemas Inmunológicos Artificiales
- Tema 16. Otros Modelos de Computación Natural/Bioinspirados