

# METAHEURÍSTICAS

2022 - 2023



- Tema 1. Introducción a las Metaheurísticas
- Tema 2. Modelos de Búsqueda: Entornos y Trayectorias vs Poblaciones
- Tema 3. Metaheurísticas Basadas en Poblaciones
- Tema 4: Algoritmos Meméticos
- Tema 5. Metaheurísticas Basadas en Trayectorias
- Tema 6. Metaheurísticas Basadas en Adaptación Social
- Tema 7. Aspectos Avanzados en Metaheurísticas
- Tema 8. Metaheurísticas Paralelas

# **METAHEURÍSTICAS**

## **TEMA 8: METAHEURÍSTICAS EN SISTEMAS DESCENTRALIZADOS (Metaheurísticas Paralelas)**

---

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. PROGRAMACIÓN PARALELA/DISTRIBUIDA**
- 3. METAHEURÍSTICAS PARALELAS**
- 4. MÚLTIPLES BÚSQUEDAS INDEPENDIENTES**
- 5. MÚLTIPLES BÚSQUEDAS COOPERATIVAS**
- 6. MAP-REDUCE Y HADOOP: NUEVA PLATAFORMA  
PARA EL PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO**

# Bibliografía

---

- E. Alba (ed.), “Parallel Metaheuristics”, John Wiley & Sons, 2005
- T.G. Crainic, M. Toulouse, Chap. 17: “Parallel Strategies for Metaheuristics.” In F. Glover, G.A. Kochenberger (Eds.) Handbook of Metaheuristics, Kluwer Academic Publisher (2003)
- T.G. Crainic, M. Toulouse, “Parallel Meta-Heuristics” Technical Report (<http://www.cirrelt.ca/DocumentsTravail/CIRRELT-2009-22.pdf>)

# 1. Introducción

## Objetivos de la paralelización

---

Las metaheurísticas son, típicamente, algoritmos de cálculo intensivo, es interesante el uso de herramientas de supercomputación

### Objetivos de la paralelización

- **Reducir el tiempo de cálculo**
- **Resolver problemas de tamaño mayor en un tiempo dado**
- **Obtener soluciones de mejor calidad sin incrementar el tiempo de cálculo:**
  - Aumento del número de iteraciones
  - Incremento de la diversidad para evitar la convergencia prematura

## 2. Programación paralela/distribuida

### Conceptos

---

- Procesamiento paralelo/distribuido significa que varios procesos trabajan simultáneamente en procesadores independientes para resolver un caso concreto de un problema
- El paralelismo surge de una descomposición de la carga de trabajo y de su distribución

## 2. Programación paralela/distribuida

### Rendimiento de un algoritmo paralelo

---

- La medida básica de rendimiento es la **ganancia** (speed-up):

$$ganancia = \frac{t_{\text{secuencial}}}{t_{\text{paralelo}}}$$

- El límite máximo es el número de procesadores
- Pueden darse ganancias “super-lineales”
- Necesidad de adaptar estos conceptos al ámbito de las metaheurísticas por la dificultad de «realizar el mismo cálculo» (no se obtiene el óptimo).

# 3. Metaheurísticas paralelas

## Metaheurísticas basadas en entornos y en poblaciones

---

- El proceso de descentralización es diferente según el tipo de metaheurística
- Básicamente, podemos distinguir entre dos tipos:
  1. Algoritmos de [Búsqueda basados en Entornos](#): sólo mantienen una solución actual en cada momento
  2. Algoritmos de [Búsqueda basados en Poblaciones](#): mantienen un conjunto de soluciones en cada momento

## 4. Múltiples búsquedas independientes

---

- Esquema simple: varias ejecuciones paralelas e independientes de las metaheurísticas. Lo sorprendente es que es habitualmente da buenos resultados
- La principal desventaja es que no hay intento de intercambio de información entre las ejecuciones independientes, con lo que no se pueden aprovechar del «conocimiento» que van descubriendo sobre el problema
- Se ha aplicado a búsqueda tabú, GRASP, ES, y VNS.



## 4. Múltiples búsquedas independientes

---

- No es muy popular para AG porque al distribuir la población inicial de  $n$  individuos entre  $p$  procesadores surgen poblaciones de tamaño  $n/p$ , que no son tan efectivas como un algoritmo secuencial con una población de tamaño  $n$
- Las pequeñas poblaciones aceleran el cálculo pero tienen efectos adversos en la diversidad

## 5. Múltiples búsquedas cooperativas

---

- Suponen un paso más en la política de intercambio de información, pues se realiza durante el proceso de búsqueda y no sólo al final. El resultado se traduce en soluciones de mejor calidad que las obtenidas con múltiples ejecuciones paralelas independientes
- El intercambio de información cooperativa especifica cómo interaccionan las metaheurísticas independientes para que el comportamiento emergente en la búsqueda global sea mejor

# 5. Múltiples búsquedas cooperativas

## Ejemplo

---

- Una estrategia de cooperación podría establecer que un conjunto de metaheurísticas independientes se reinicializasen periódicamente desde la mejor solución actual.

# 5. Múltiples búsquedas cooperativas

## Aspectos importantes

---

- ¿Qué información intercambiar?
- ¿Entre qué procesos se intercambia la información?
- ¿Cuándo?
- ¿Cómo se intercambia (directo o diferido)?
- ¿Cómo se usa la información importada?

## 5. Múltiples búsquedas cooperativas

### ¿Qué información intercambiar?

---

- La opción más simple es enviar la mejor solución encontrada hasta el momento, pero a lo largo del proceso de búsqueda se tiene mucha más información (p.ej. las memorias en la búsqueda tabú)
- Intercambiar sólo la mejor solución puede ser perjudicial por llevar a una pérdida de diversidad
- La información contextual es importante: información recogida durante la exploración

## 5. Múltiples búsquedas cooperativas

### ¿Entre qué procesos se intercambia?

---

- Intercambio directo entre procesos y definido por la topología de comunicación (estrella, anillo, grid, interconexión total). Comunicación síncrona o asíncrona con buffers.
- Uso de repositorios «centrales» o distribuidos de información (pizarras, *pools*, *data warehouse*). Los procesos envían y cogen información de estos repositorios en lugar de interactuar con otros procesos. Comunicación asíncrona

# 5. Múltiples búsquedas cooperativas

¿Cuándo y cómo?

---

- Comunicación síncrona (con esperas) y asíncrona. En cualquier caso, la práctica dice que no debe ser muy frecuente para que los retrasos por comunicaciones no penalicen la ganancia en tiempo y para que no se produzcan convergencias prematuras
- Cooperación síncrona: conseguir información completa del proceso de búsqueda global.
- Cooperación asíncrona: totalmente distribuida, más flexible y permite el desarrollo de un comportamiento emergente más efectivo

# 5. Múltiples búsquedas cooperativas

## Múltiples búsquedas cooperativas basadas en Poblaciones

---

- Una caso especialmente importante por la repercusión habida en artículos de investigación y aplicaciones son las metaheurísticas basadas en poblaciones. Se les puede aplicar cualquiera de los enfoques de paralelización. Pero realmente, resplandecen cuando se trata de búsquedas cooperativas



# Múltiples búsquedas cooperativas basadas en poblaciones

---

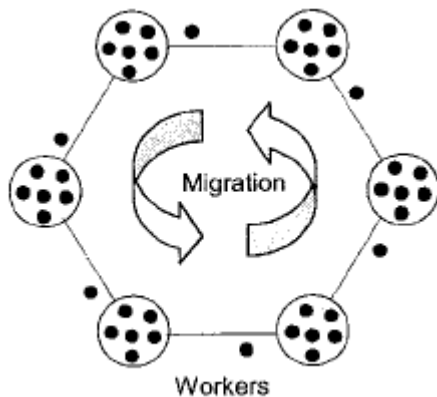
1. Tipo de descentralización
2. Modelos Distribuidos: Modelo de Isla
3. Modelos Celulares o Masivamente Paralelos
4. Relación entre Modelos Distribuidos y Celulares

# Múltiples búsquedas cooperativas basadas en poblaciones

## 1. Tipos de descentralización

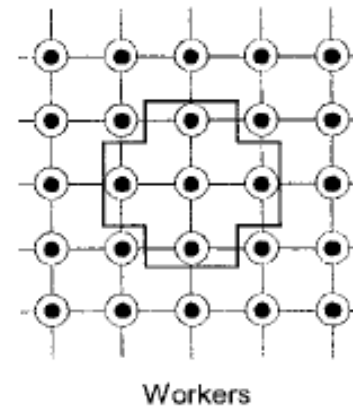
### ■ Distribuidos

- Se definen subpoblaciones
- Comunicación mediante intercambio de individuos



### ■ Celulares

- Sólo hay una población
- Comunicación mediante vecindad de individuos



# Múltiples búsquedas cooperativas basadas en poblaciones

## 2. Modelos Distribuidos: Modelo de Isla

---

### Fundamento

- En entornos aislados, tales como las islas, se encuentran especies animales que se adaptan más eficazmente a las peculiaridades de su entorno que las correspondientes a superficies de mayor amplitud, esto ha dado lugar a los llamados nichos

### Hipótesis

- La competición entre varias subpoblaciones podría proporcionar una búsqueda más efectiva que la evolución de una gran población en la que todos los miembros coexistieran

### Propuesta

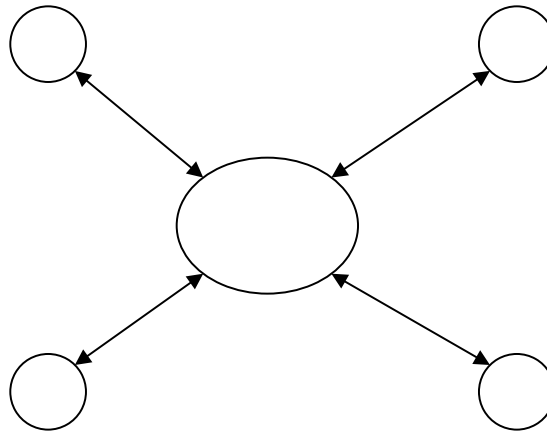
- **Modelo Isla:** Tener varias poblaciones aisladas que evolucionan en paralelo y periódicamente intercambian por migración sus mejores individuos con las subpoblaciones vecinas

# Múltiples búsquedas cooperativas basadas en poblaciones

## 2. Modelos Distribuidos: Modelo de Isla

### Estructuras de Intercomunicación

- **Estrella:** la subpoblación con mayor promedio objetivo se selecciona como maestra y las demás como subordinadas. Todas las subpoblaciones subordinadas envían sus mejores individuos a la maestra, y a su vez, ésta envía también sus mejores individuos a cada una de las subordinadas

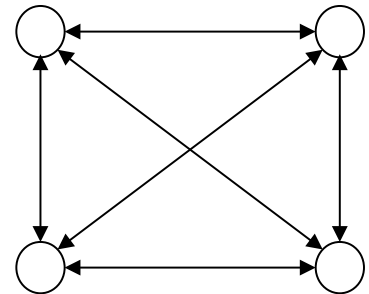
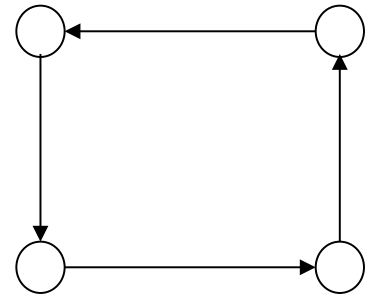


# Múltiples búsquedas cooperativas basadas en poblaciones

## 2. Modelos Distribuidos: Modelo de Isla

### Estructuras de Intercomunicación

- **Anillo:** Cada subpoblación envía sus mejores individuos a la subpoblación vecina más próxima en un único sentido de flujo
- **Red:** Todas las subpoblaciones envían sus mejores individuos a todas las demás



# Múltiples búsquedas cooperativas basadas en poblaciones

## 3. Modelos Celulares o Masivamente Paralelos

---

### Fundamento

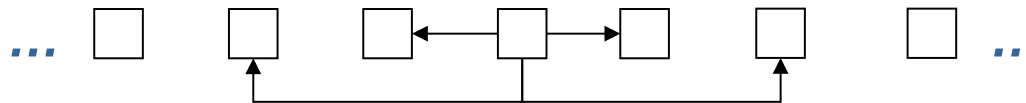
- Se trabaja con una única población y se pretende paralelizar las operaciones que realiza una BP clásica
- Cada individuo es colocado en una celda de un plano cuadriculado. La selección y el cruce se aplican entre individuos vecinos sobre la cuadrícula de acuerdo a una estructura de vecinos preestablecida
- **Función de evaluación:** Cada procesador elemental debe tener acceso sólo a aquellos individuos para los que calculará su función de evaluación
- **Cruce:** Cada procesador elemental que cree un nuevo individuo debe tener acceso a todos los otros individuos puesto que cada uno de ellos se puede seleccionar como padre
- **Mutación:** Cada procesador elemental necesita sólo los individuos con los que trate

# Múltiples búsquedas cooperativas basadas en Poblaciones

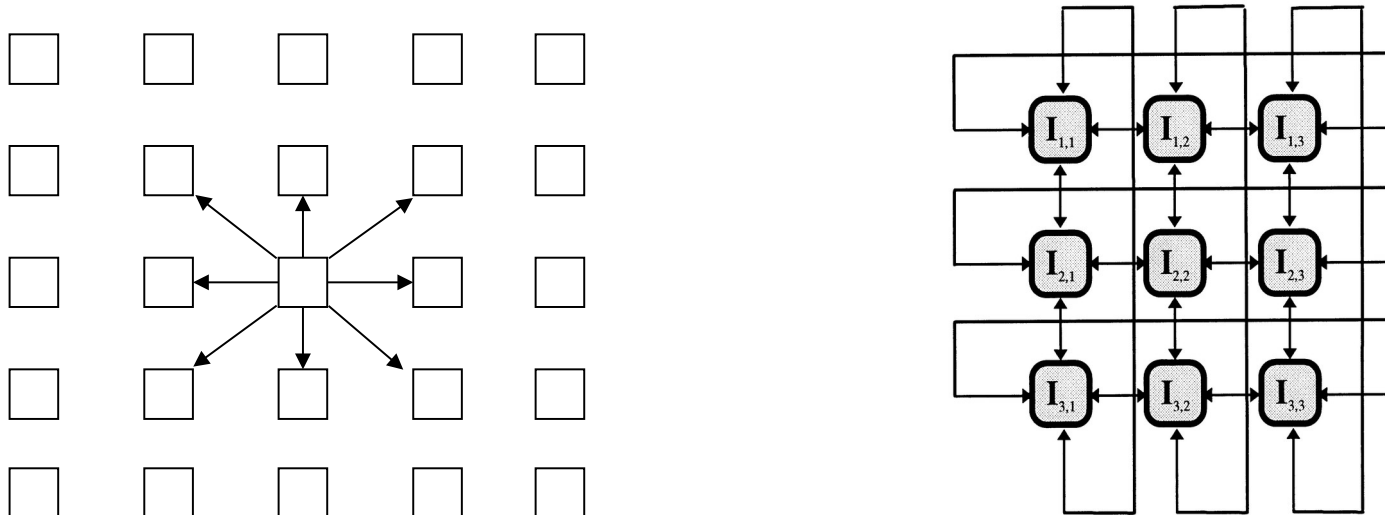
## 3. Modelos Celulares o Masivamente Paralelos

### Estructuras de Intercomunicación

- Lista Circular



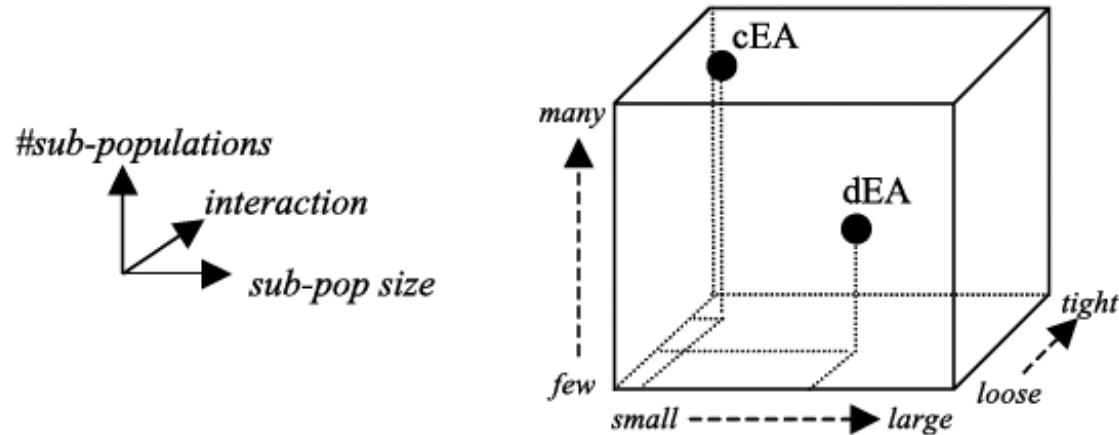
- Matriz bidimensional



# Múltiples búsquedas cooperativas basadas en Poblaciones

## 3. Relación entre Modelos Distribuidos y Celulares

- dEA = Modelos Distribuidos
- cEA = Modelos Celulares





# Conclusiones

---

- **El procesamiento distribuido/paralelo aporta diferentes ventajas al uso de las metaheurísticas**
  - **Reducir el tiempo de cálculo**
  - **Resolver problemas de tamaño mayor en un tiempo dado**
  - **Obtener soluciones de mejor calidad sin incrementar el tiempo de cálculo:**
    - Aumento del número de iteraciones
    - Incremento de la diversidad para evitar la convergencia prematura