



# SWARM-BASED ALGORITHMS





# ALGORITMO del lobo gris Grey Wolf optimization (GWO)



# INTRODUCCIÓN

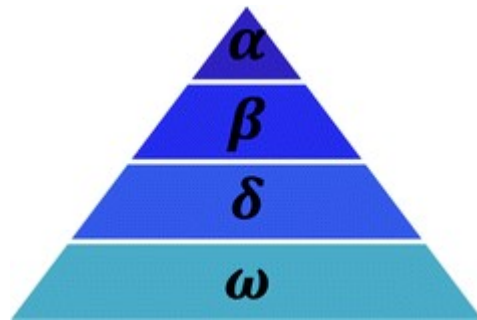
- Autores: *Mirjaliliet et al.* (2003).
- Objetivo inicial: optimización de funciones.
- Inspiración: organización jerárquica y técnica de caza de las manadas de lobos grises.



# INSPIRACIÓN NATURAL



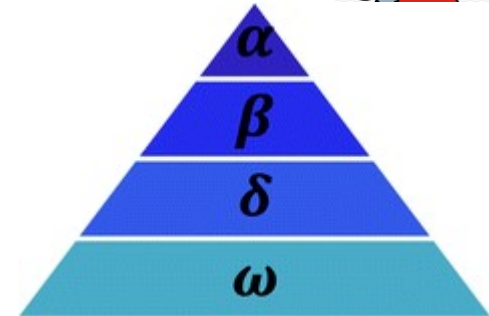
- Los lobos grises viven en manadas de 5 a 12 individuos.
- El sistema artificial imita la organización jerárquica de la manada y su sistema de caza en grupo.



# INSPIRACIÓN NATURAL



Organización jerárquica:



- *Lobo alfa*: el lider.
- *Lobos beta*: refuerzan al lider y son los candidatos a sustituirle cuando muere.
- *Lobos delta*: dan apoyo a los lobos de los 2 niveles previos.
- *Lobos omega*: los de menor nivel.

# INSPIRACIÓN NATURAL



La caza en grupo incluye varias fases:

- Rastreo, persecución y acercamiento a la presa.
- Perseguir, roder y acosar a la presa hasta que deje de moverse.
- Ataque a la presa.



# FUNDAMENTOS DEL ALGORITMO



Hay N lobos en la manada:

- Cada uno representa una solución al problema.
- La calidad o **fitness** de esa solución se calcula mediante la función objetivo del problema,  $f()$ .

$$\text{Lobo } i: \begin{cases} \text{Solución} \rightarrow X_i = (x_{i1}, \dots, x_{ir}) \\ \text{Fitness} \rightarrow f_i \approx f(X_i) \end{cases}$$



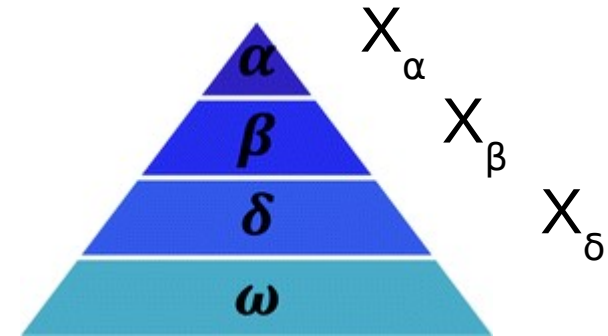


# FUNDAMENTOS DEL ALGORITMO



Representación de la organización jerárquica:

Los 3 mejores lobos de la manada estarán en los 3 niveles superiores de la jerarquía.



Hay un solo lobo en cada uno de los 3 niveles.

- El mejor lobo (mejor solución) se denota como  $\alpha$ .
- El 2º mejor se llama  $\beta$ .
- El 3º mejor se llama  $\delta$ .
- El resto de lobos se consideran lobos  $\omega$ .



# FUNDAMENTOS DEL ALGORITMO



Representación del proceso de caza en grupo:

La operación de caza representa el proceso de optimización (búsqueda de la mejor solución del problema), que está guiado por los lobos de los 3 primeros niveles, mientras que los del último nivel siguen a éstos.

# FUNDAMENTOS DEL ALGORITMO



Parámetro que guía el proceso de búsqueda:  
**factor de exploración:**

- a** varia linealmente desde 2 hacia 0 con las iteraciones.

Se utiliza para calcular dos vectores aleatorios que condicionan la exploración/explotación del algoritmo: A y C.

# FUNDAMENTOS DEL ALGORITMO



Vectores de coeficientes que disminuyen con las iteraciones del algoritmo (ya que  $a$  disminuye con las iteraciones).

$$A = 2ar_1 - a \quad (1)$$

$$C = 2r_2 \quad (2)$$

$r_1, r_2$  : vectores aleatorios en  $[0, 1]$

$a$ : parámetro del algoritmo (factor de exploración).

Los lobos:

divergen respecto de la presa cuando el valor absoluto de estos vectores es  $> 1$  (*exploración*)

convergen hacia la presa cuando dicho valor es  $< 1$  (*explotación*).

# FUNDAMENTOS DEL ALGORITMO



La búsqueda de la presa (solución del problema) se inicia con la creación de una población de lobos al azar (soluciones candidatas).

A continuación, se realiza un proceso iterativo en el cual:

- Los lobos: alfa, beta y delta, estiman la posición probable de la presa.
- Cada lobo del grupo actualiza su distancia respecto de la presa.
- Se decrementa el parámetro **a**.



# Algoritmo GWO



Inicializar la población de lobos  
Calcular el fitness de los lobos  
Determinar los lobos alfa, beta y delta

## REPETIR

Actualizar la posición de cada lobo  
Ajustar el parámetro a  
Calcular el fitness de los lobos  
Determinar los lobos alfa, beta y delta

**HASTA** (*condición de parada*)

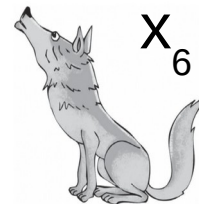
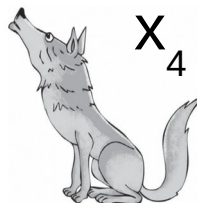
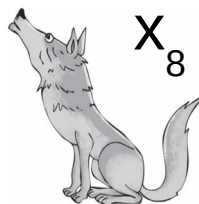
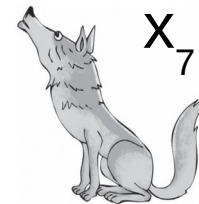
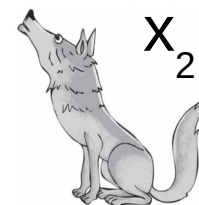
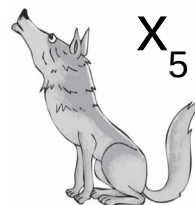
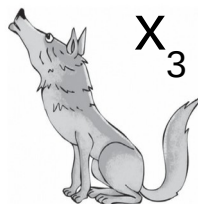
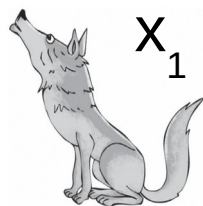
Devolver la mejor solución



# Algoritmo GWO

## A- Iniciar la población de lobos

Valores aleatorios del espacio de solución para cada  $X_i$



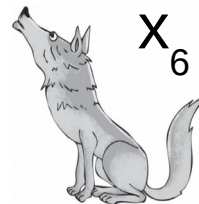
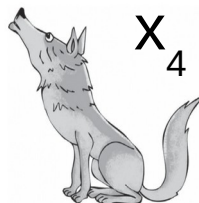
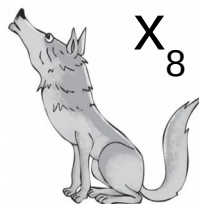
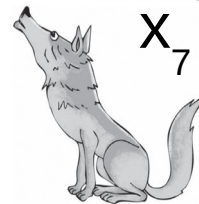
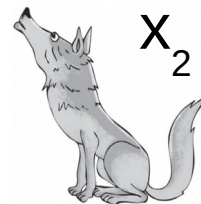
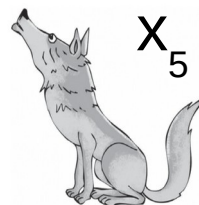
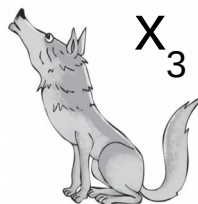
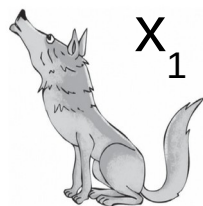


# Algoritmo GWO

## A- Iniciar la población de lobos

También se inicializa el parámetro **a**

Factor de exploración: comienza con el valor de 2.



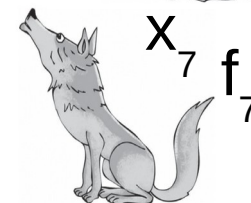
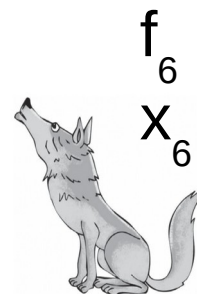
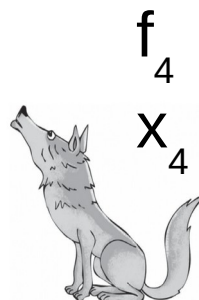
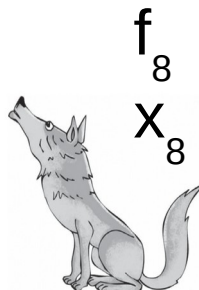
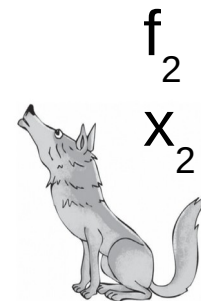
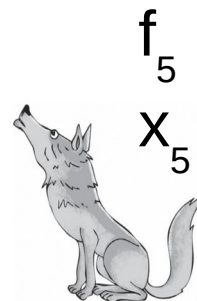
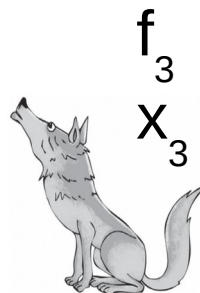
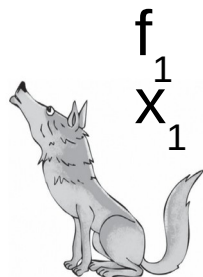


# Algoritmo GWO

## B- Calcular el fitness de cada lobo

Se calcula en base al valor de la función objetivo en  $X_i$

$$f_i \approx f(X_i)$$



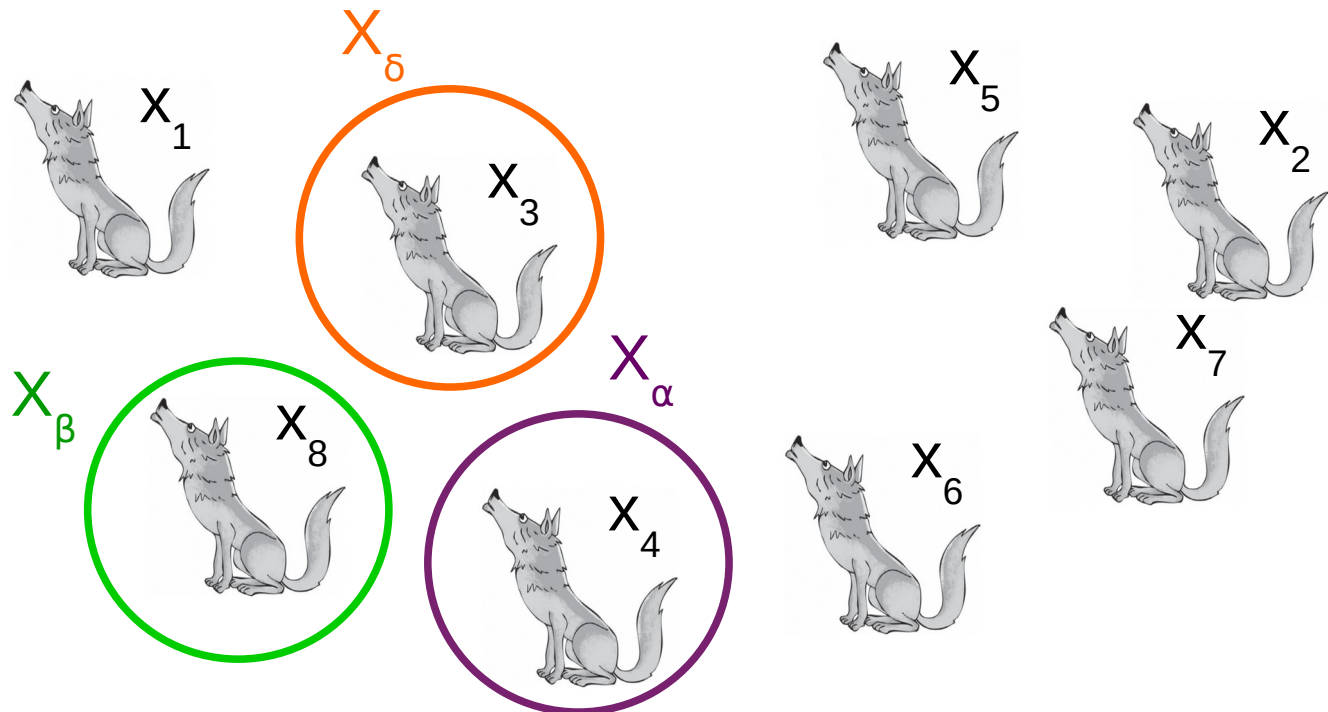




# Algoritmo GWO

## C- Determinar los lobos alfa, beta y delta

Tomamos  $X_\alpha$ ,  $X_\beta$  y  $X_\delta$  (los 3 elementos con mejor fitness).





# Algoritmo GWO

## D- Actualizar la posición de cada lobo

Nueva posición del lobo p:

$$X_p(t+1) = (X_1 + X_2 + X_3) / 3 \quad (3)$$

$$X_1 = X_\alpha - A_1 D_\alpha \quad (4)$$

$$D_\alpha = |C_1 X_\alpha - X_p(t)| \quad (7)$$

$$X_2 = X_\beta - A_2 D_\beta \quad (5)$$

$$D_\beta = |C_2 X_\beta - X_p(t)| \quad (8)$$

$$X_3 = X_\delta - A_3 D_\delta \quad (6)$$

$$D_\delta = |C_3 X_\delta - X_p(t)| \quad (9)$$

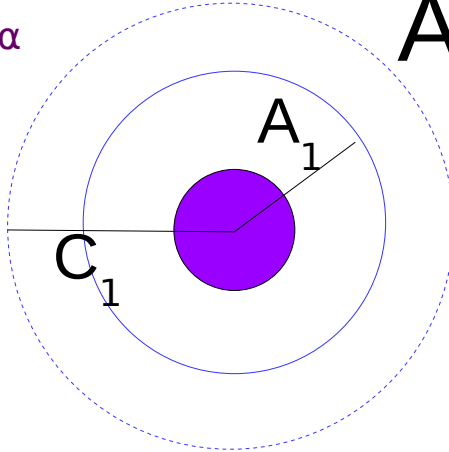
**t**: iteración actual

**A<sub>i</sub>, C<sub>i</sub>** (i=1, 2, 3): vectores de coeficientes; se calculan según

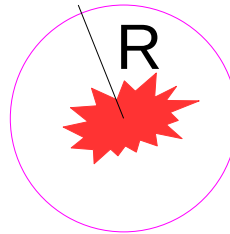
Ec. 1 y 2

**| |** → se toma el valor absoluto de cada componente del vector correspondiente

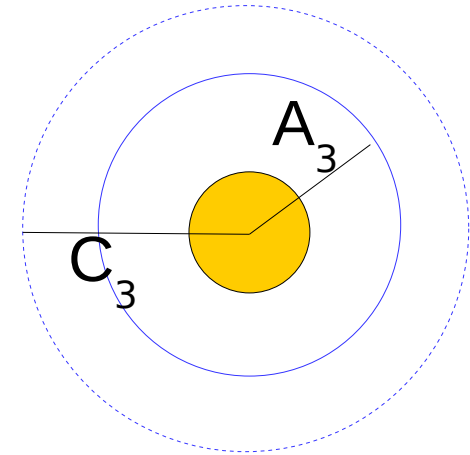
$X_\alpha$



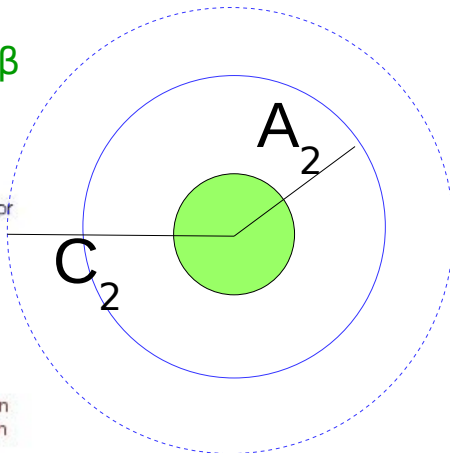
Posición de  
la presa



$X_\delta$



$X_\beta$



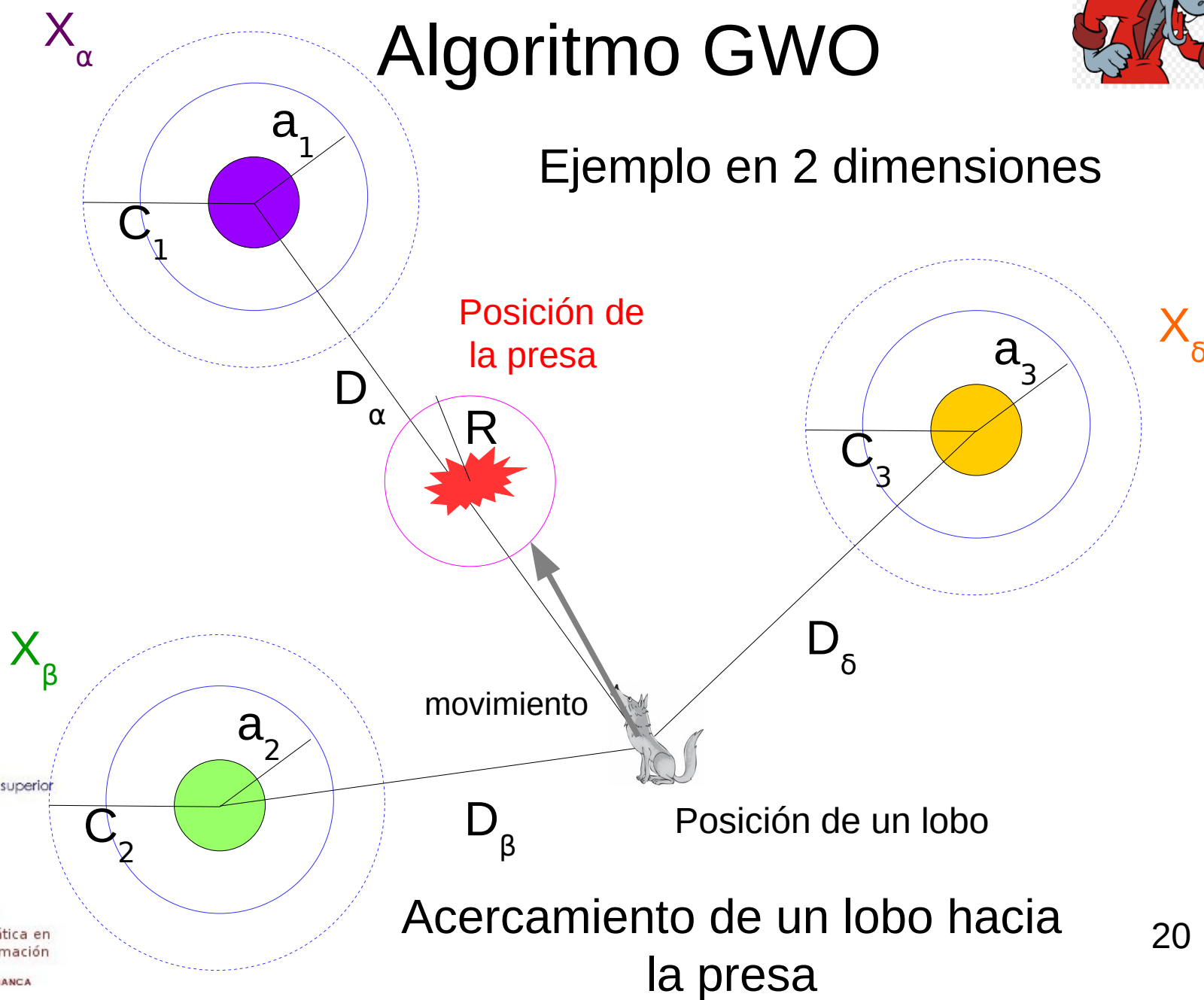
Los 3 mejores lobos son  
capaces de detectar a la presa





# Algoritmo GWO

Ejemplo en 2 dimensiones



Acercamiento de un lobo hacia la presa





# Algoritmo GWO

## E- Actualizar el parámetro del algoritmo

**a**: se reduce linealmente en el intervalo  $[2, 0]$  al avanzar las iteraciones.

Expresión habitual:

$$a = 2 - 2 \frac{t}{\max} \quad (10)$$

**t** : iteración actual del algoritmo.

**max**: número máximo de iteraciones del algoritmo.

# Referencias



- Mirjalili S., Mirjalili S.M. y Lewis A. (2014) *Grey wolf optimizer*. Engineering Software. 69: 46-61