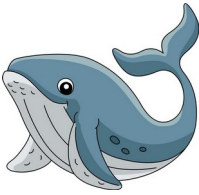


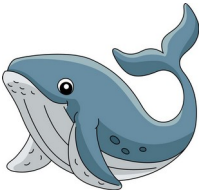
# SWARM-BASED ALGORITHMS





# ALGORITMO de ballenas

# Whale Optimization Algorithm (WOA)

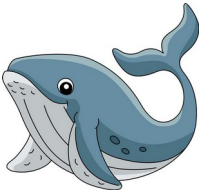


# INTRODUCCIÓN

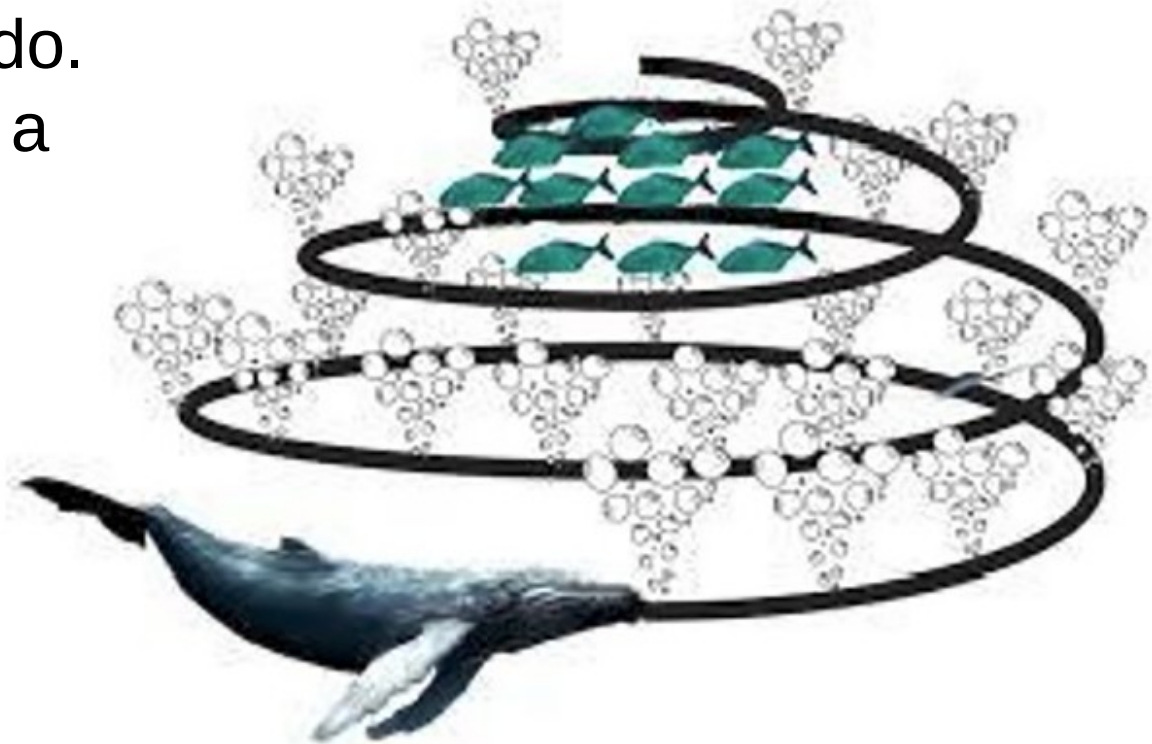
- Autores: *Mirjalili y Lewis (2016)*.
- Objetivo inicial: optimización de funciones.
- Inspiración: mecanismo de caza de las ballenas jorobadas.



# INSPIRACIÓN NATURAL



- Se imita el comportamiento social observado en las ballenas jorobadas cuando cazan.
- Aplican una *estrategia de red de burbujas*: van formando burbujas a lo largo de un camino en forma de espiral que se va reduciendo. Esto les ayuda a capturar a sus presas.



# INSPIRACIÓN NATURAL

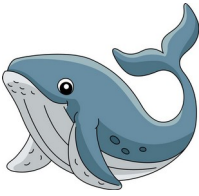
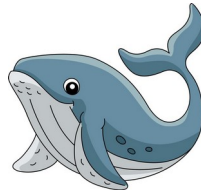


Imagen real de ballenas jorobadas formando una espiral de burbujas para cazar.



# INSPIRACIÓN NATURAL



- Para imitar este comportamiento, el algoritmo imita 3 estrategias:

- Rodear a la presa
- Atacar por red de burbujas
- Búsqueda caótica de presas

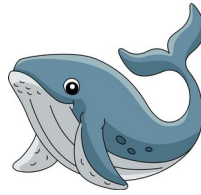
EXPLORACIÓN

EXPLORACIÓN

**Presa:** mejor solución al problema

**Ballenas:** soluciones factibles

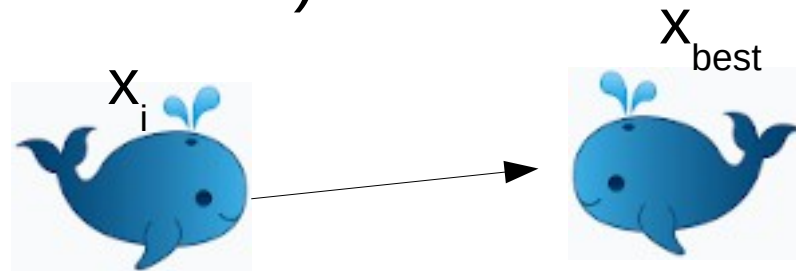
# INSPIRACIÓN NATURAL



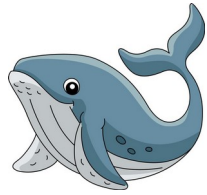
## -A- Rodear a la presa

El algoritmo supone que la mejor solución candidata (ballena) es la más cercana al objetivo (la presa). Por ello, la búsqueda de las ballenas modifica la posición de éstas llevándolas hacia la mejor posición encontrada.

(Se aplica en la Ec. 2- parte superior, que veremos posteriormente)



# INSPIRACIÓN NATURAL



## -B- Atacar por red de burbujas

Esta estrategia se logra de dos formas:

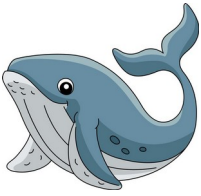
ACTUALIZACIÓN DE POSICIÓN EN ESPIRAL: se actualiza la posición de la ballena imitando el *desplazamiento en espiral* de las ballenas jorobadas.

REDUCCIÓN DE LA ESPIRAL: En este caso el algoritmo usa una variable **a**, cuyo valor se reduce desde 2 hasta 0 con las iteraciones.

Estos valores aseguran una proximidad aún más cercana de la ballena que se mueve y la posición hacia la que se mueve.



# INSPIRACIÓN NATURAL

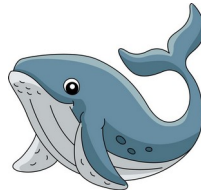


## -B- Atacar por red de burbujas

ACTUALIZACIÓN DE POSICIÓN EN ESPIRAL:



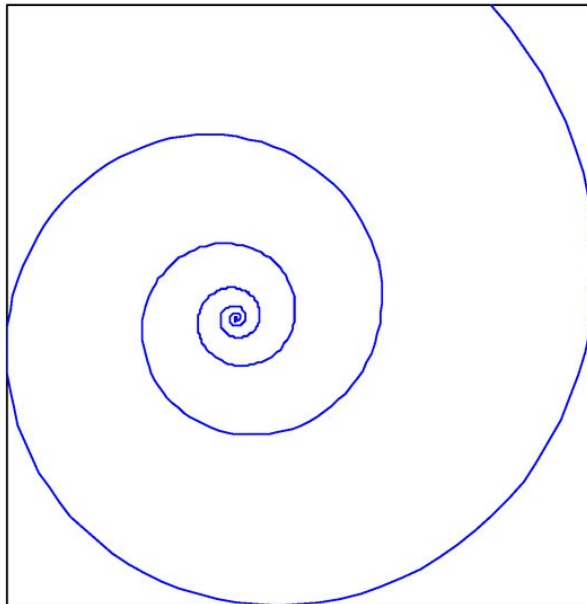
# INSPIRACIÓN NATURAL



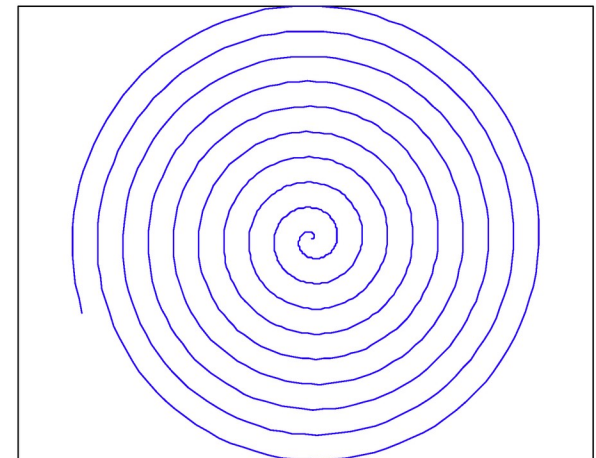
## -B- Atacar por red de burbujas

### REDUCCIÓN DE LA ESPIRAL

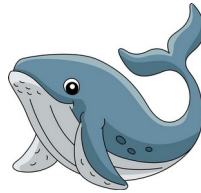
*Forma de la espiral  
que usa el algoritmo:*



*Ejemplo de espiral en la  
que no se va reduciendo  
la amplitud:*



# INSPIRACIÓN NATURAL

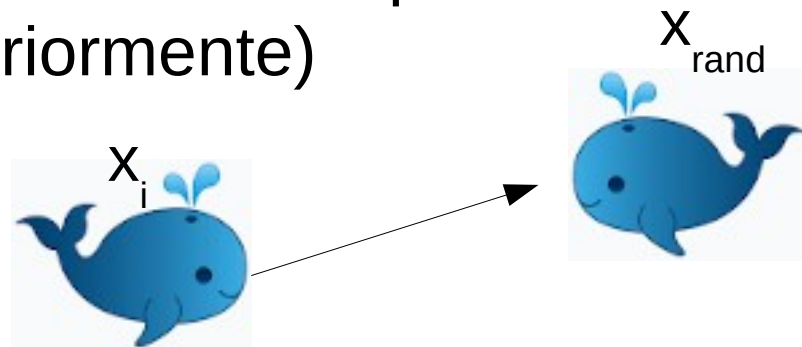


## -C- Búsqueda caótica de presas

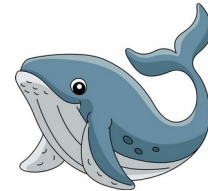
Las ballenas realizan búsquedas de presas al azar en el entorno de su posición actual.

Para ello, al mover una ballena se desplaza hacia otra seleccionada al azar (en lugar de hacerlo hacia la mejor solución).

Sirve para mejorar la exploración del algoritmo  
(Se aplica en la Ec. 2- parte inferior, que veremos posteriormente)



# ALGORITMO WOA



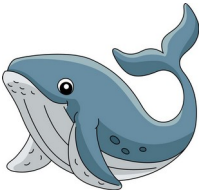
Hay N ballenas en el grupo:

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

Ballena  $w$ :  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Solución} \rightarrow X_w = (x_{w1}, \dots, x_{wr}) \\ \text{Fitness} \rightarrow f_w \approx f(X_w) \end{array} \right.$



# ALGORITMO WOA



Inicializar la población de ballenas  
Calcular el fitness de las ballenas  
Determinar la mejor solución global inicial

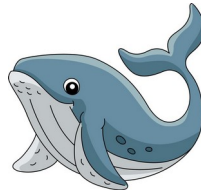
## REPETIR

Ajustar el parámetro  $a$   
Actualizar la posición de cada ballena  
Calcular el fitness de las ballenas  
Actualizar la mejor solución global

**HASTA** (*condición de parada*)

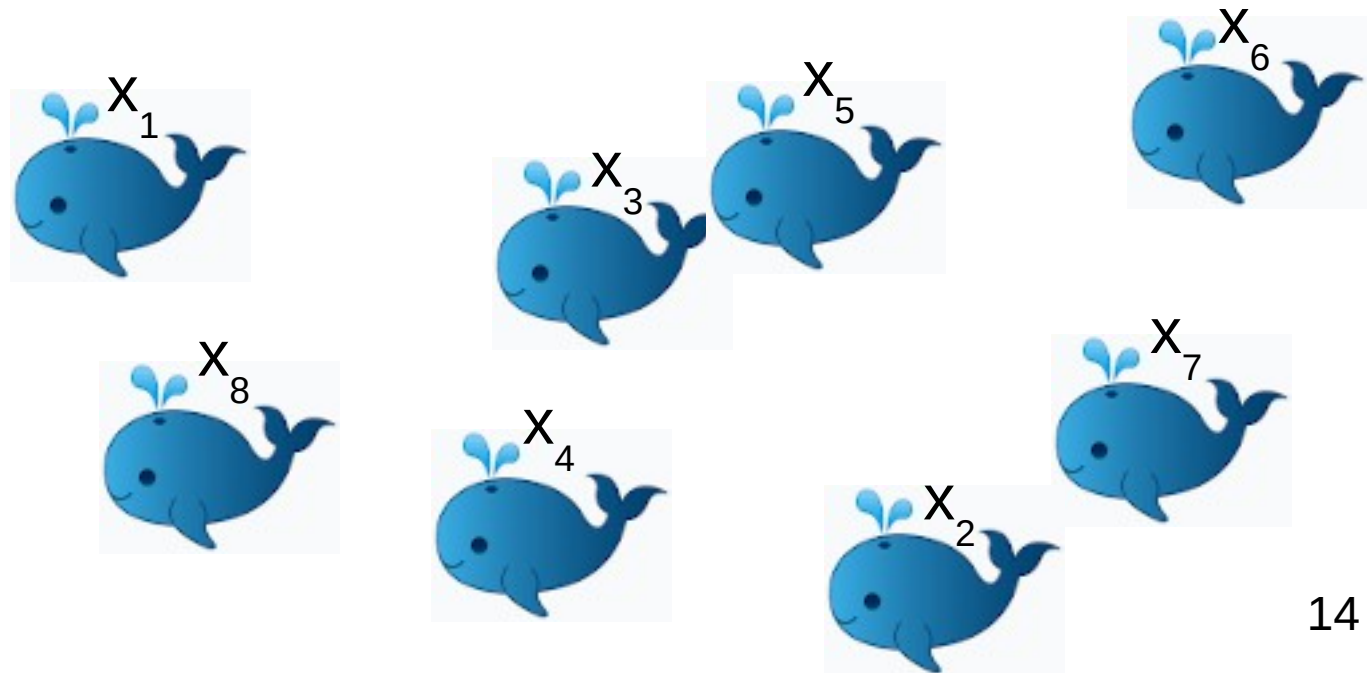


# ALGORITMO WOA

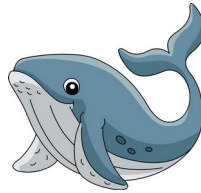


## A- Iniciar la población de ballenas

Coloca las ballenas en posiciones aleatorias del espacio de solución.



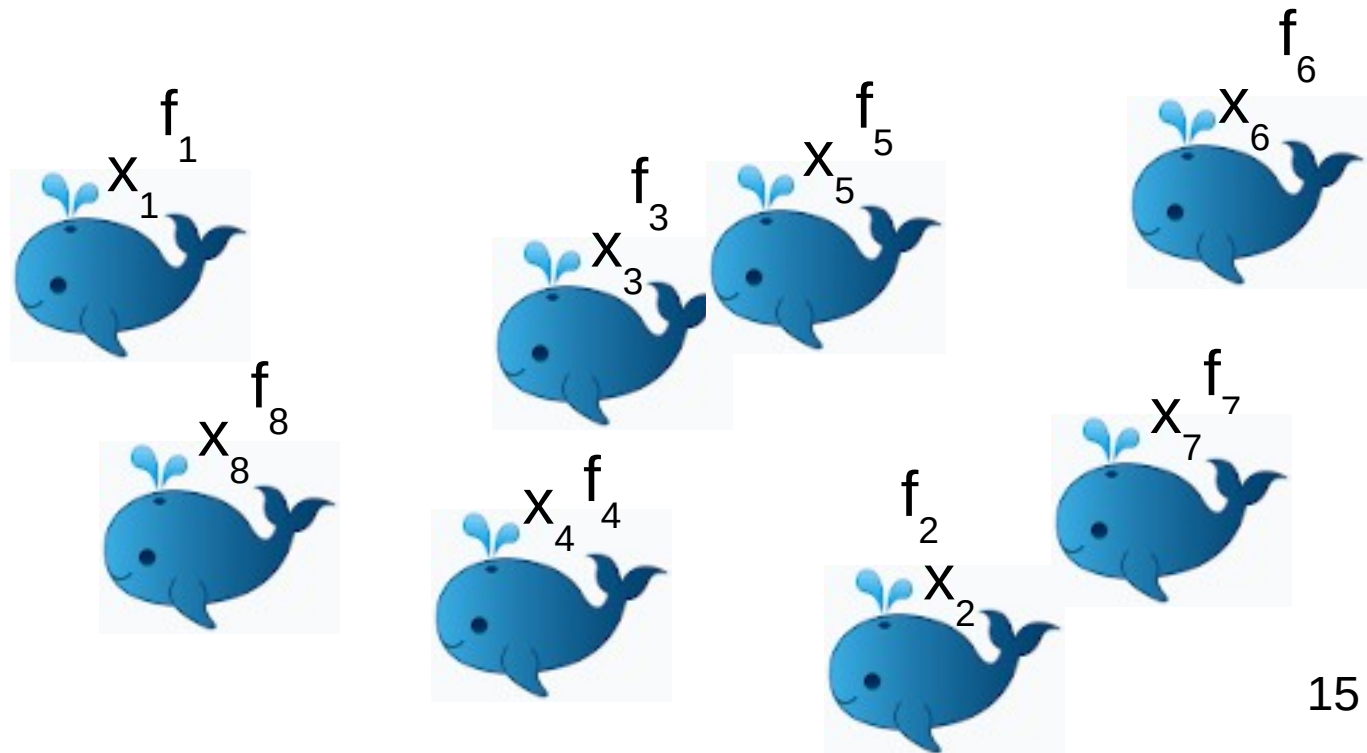
# ALGORITMO WOA



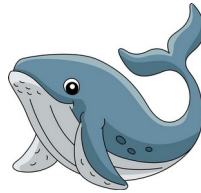
## B- Calcular el fitness de cada ballena

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

$$f_w \approx f(X_w)$$



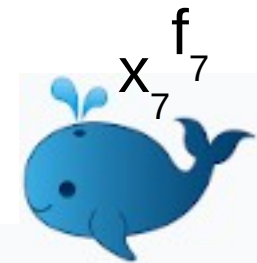
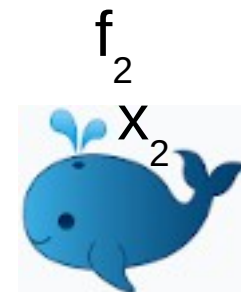
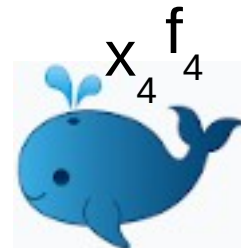
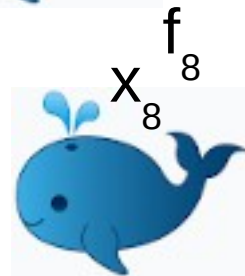
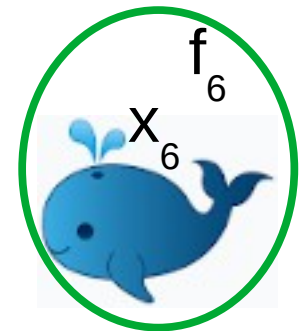
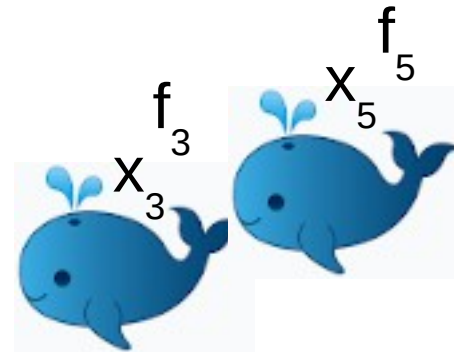
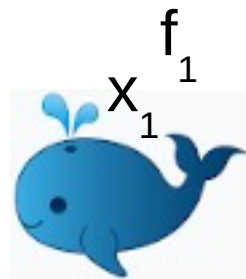
# ALGORITMO WOA



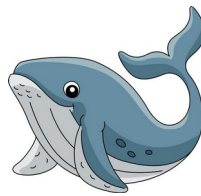
## C- Determinar la mejor solución inicial

$gbest(0) \rightarrow$  posición de la ballena con mejor fitness

$$gbest(0) = x_6$$



# ALGORITMO WOA



## D- Actualizar el parámetro del algoritmo

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

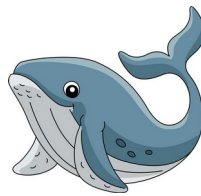
Expresión habitual:

$$a = 2 - 2 \frac{t}{\max} \quad (1)$$

**t** : iteración actual del algoritmo

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

# ALGORITMO WOA



## E- Actualizar la posición de cada ballena

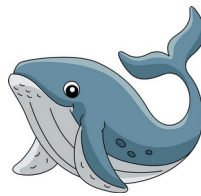
Se supone que las ballenas jorobadas eligen con la misma probabilidad entre 2 opciones a la hora de desplazarse:

- rodear a la presa,
- realizar un movimiento en espiral.

Para actualizar la posición de una ballena, se usa una variable aleatoria para decidir cuál de ambos movimientos se le aplica (50% de veces cada una de las opciones).



# ALGORITMO WOA



## E- Actualizar la posición de cada ballena

Para mover cada ballena,  $w$ :

**SI**  $p < 0.5$

Se aplica la Ec. 2

**SINO**

Se aplica la Ec. 7

**FIN-SI**

Simula el comportamiento  
RODEAR A LA PRESA

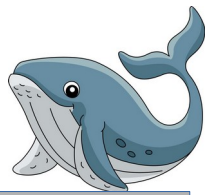
o

BUSCAR PRESA

Simula el comportamiento  
de ATAQUE en espiral

$p$ : variable aleatoria en  $[0, 1]$

# ALGORITMO WOA



$$X_w(t) = \begin{cases} gbest(t-1) - A D & \text{si } \|A\|_2 < 1 \\ X_{rand} - A D_{rand} & \text{si } \|A\|_2 \geq 1 \end{cases} \quad (2)$$

Comportamiento rodear a la presa

Comportamiento buscar presa

$$A = 2ar_1 - a \quad (3)$$

$$C = 2r_2 \quad (4)$$

$$D = |C gbest(t-1) - X_w(t-1)| \quad (5)$$

$$D_{rand} = |C X_{rand} - X_w(t-1)| \quad (6)$$

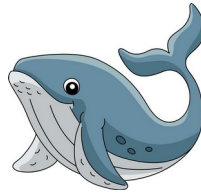
**t**: iteración actual **a**: parámetro del algoritmo  
**r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>**: vectores aleatorios en [0, 1]  
**X<sub>rand</sub>**: posición de una ballena elegida al azar

**||** → se toma el valor absoluto de cada componente del vector correspondiente  
**|| ||<sub>2</sub>** → módulo de un vector

$$z = (z_1, z_2, z_3)$$

$$\|z\|_2 = \sqrt{((z_1)^2 + (z_2)^2 + (z_3)^2)}$$

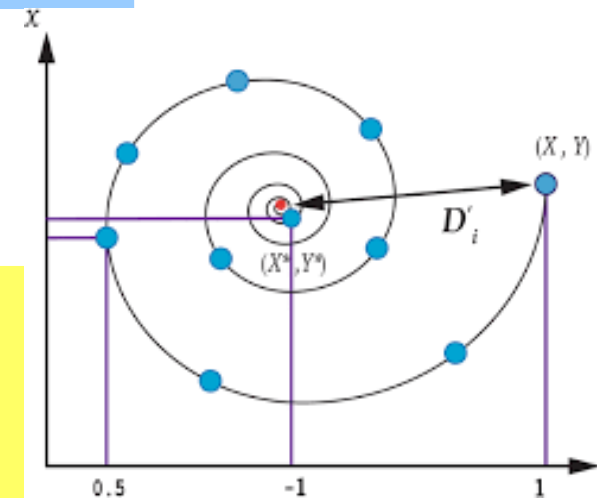
# ALGORITMO WOA



$$X_w(t) = D' e^{b|l|} \cos(2 \pi l) + gbest(t-1) \quad (7)$$

Comportamiento atacar a la presa  
mediante red de burbujas

$$D' = |gbest(t-1) - X_w(t-1)| \quad (8)$$

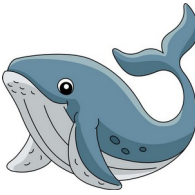


**b**: constante que define la forma  
de la espiral (suele valer 1)

**l**: número aleatorio en  $[-1, 1]$

$| | \rightarrow$  se toma el valor absoluto de cada componente del vector  
correspondiente

# ALGORITMO WOA

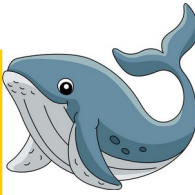


## G- Actualizar la mejor solución global

$gbest(t)$  → mejor solución encontrada hasta el momento por las ballenas.

Se actualiza si la posición actual de alguna ballena es mejor que el valor almacenado en  $gbest(t-1)$

# Referencias



- Mirjalili S. y Lewis A. (2016) *The whale optimization algorithm*. Advances in Engineering Software. 95: 51-67